



Perspectivas teóricas y metodológicas sobre creatividad en Educación STEAM: una revisión sistemática

Theoretical and Methodological Perspectives on Creativity in STEAM Education: A Systematic Review

Perspectivas teóricas e metodológicas sobre a criatividade na educação STEAM: uma revisão sistemática

Jhon-Daniel Pabón-Rúa¹
Sonia-Yaneth López-Ríos²
Mónica-Eliana Cardona-Zapata³

Recibido: 5 de marzo de 2024

Aceptado: 25 de septiembre de 2024

Para citar este artículo: Pabón-Rúa, J. D., López-Ríos, S. Y. y Cardona-Zapata, M. E. (2024). Perspectivas teóricas y metodológicas sobre creatividad en Educación STEAM: una revisión sistemática. *Revista Científica*, 51(3), 1-21. <https://doi.org/10.14483/23448350.21959>

Resumen

La educación STEAM (*science, technology, engineering, arts, and mathematics*) propende por una formación integral de sujetos creativos e innovadores, pero pocos estudios dan cuenta de ello. Este trabajo presenta una revisión sistemática de la literatura en bases de datos como Scopus, Web of Science, Science Direct y ERIC, encontrando 45 unidades de análisis entre los años 2010 y 2024 (agosto) que evalúan la creatividad de los estudiantes en el marco de propuestas STEAM. En estas unidades de análisis se identifica que 1), a partir del año 2015, incrementan los estudios que evalúan la creatividad en el contexto de la educación STEAM, principalmente en Asia y América; 2) la mayor parte de las investigaciones (53.3 %) concibe la educación STEAM como un enfoque educativo interdisciplinario que, con la incorporación del arte, favorece el desarrollo de la creatividad, entendida como una actividad productiva de algo novedoso y original (46.6 %) y una manera inédita y eficaz de resolver problemas (37.7 %); 3) el 55.5 % de las investigaciones evalúan la creatividad desde una perspectiva psicológica, y prevalecen los estudios cuantitativos (55.5 %) por sobre los cualitativos (22.2 %); y 4) entre las estrategias didácticas más utilizadas están el aprendizaje basado en proyectos y el aprendizaje basado en indagación. Los resultados sugieren que STEAM es concebido como un enfoque educativo interdisciplinario con grandes posibilidades para desarrollar la creatividad, la cual fue valorada a partir de instrumentos predominantemente cuantitativos e individualizados. Es necesario explorar metodologías cualitativas y enfoques socioculturales y sistémicos en la educación STEAM que permitan analizar los actos creativos desde una perspectiva holística.

Palabras clave: creatividad; educación; enfoque interdisciplinario; innovación educacional; investigación pedagógica; revisión sistemática de literatura; STEAM.

1. Universidad de Antioquia (Medellín-Antioquia, Colombia). jhon.pabon@udea.edu.co
2. Universidad de Antioquia (Medellín-Antioquia, Colombia). sonia.lopez@udea.edu.co
3. Universidad de Antioquia (Medellín-Antioquia, Colombia). meliana.cardona@udea.edu.co

Abstract

STEAM (science, technology, engineering, arts, and mathematics) education strives towards the comprehensive training of creative and innovative individuals, but few studies address this issue. This paper presents a systematic review of the literature from databases such as Scopus, Web of Science, Science Direct, and ERIC, which found 45 units of analysis between 2010 and 2024 (August) that evaluate the creativity of students within the framework of STEAM proposals. These units of analysis allow identifying that 1), starting in 2015, there is an increase in the number of studies that evaluate creativity in the context of STEAM education, mainly in Asia and America; 2) most of the research (53.3%) conceives STEAM education as an interdisciplinary educational approach that, with the incorporation of art, favors the development of creativity, which is understood as an activity involving the production of something novel and original (46.6%) and as an unprecedented and effective way to solve problems (37.7%); 3) 55.5% of the research evaluates creativity from a psychological perspective, wherein quantitative studies prevail (55.5%) over qualitative ones (22.2%); and 4) the most used didactic strategies are project-based learning and inquiry-based learning. The results suggest that STEAM is conceived as an interdisciplinary educational approach with great potential for developing creativity, which was assessed based on predominantly quantitative and individualized instruments. It is necessary to explore qualitative methodologies and sociocultural and systemic approaches in STEAM education that allow analyzing creative acts from a holistic perspective.

Keywords: creativity; education; educational innovation; interdisciplinary approach; pedagogical research; STEAM; systematic literature review.

Resumo

A educação STEAM (science, technology, engineering, arts and mathematics) visa uma formação abrangente e integral para sujeitos criativos e inovadores, mas poucos estudos dão conta disso. Este trabalho apresenta uma Revisão Sistemática (RS) de bases de dados como Scopus, Web of Science, Science Direct e Eric, encontrando 45 unidades de análise entre os anos de 2010 e 2024 (agosto) que avaliam a criatividade dos alunos no âmbito das propostas STEAM. Nelas identifica-se que: (1) a partir de 2015, aumentaram os estudos que avaliam a criatividade no contexto da educação STEAM, principalmente nos continentes asiático e americano; (2) a maior parte das pesquisas (53.3%) concebe a educação STEAM como uma abordagem educacional interdisciplinar que, com a incorporação da arte, favorece o desenvolvimento da criatividade. Também é entendida como uma atividade produtiva de algo novo e original (46,6%) e uma experiência inédita: é forma eficaz de resolver problemas (37.7%); (3) 55,5% das pesquisas avaliam a criatividade sob uma perspectiva psicológica, os estudos quantitativos (55.5%) prevalecem sobre os estudos qualitativos (22.2%); e as estratégias de ensino mais utilizadas são a Aprendizagem Baseada em Projetos (ABP) e a Aprendizagem Baseada em Investigação. Os resultados sugerem que o STEAM é concebido como uma abordagem educacional interdisciplinar com grandes possibilidades de desenvolvimento da criatividade, que foi avaliada por meio de instrumentos predominantemente quantitativos e individualizados. É necessário explorar metodologias qualitativas e abordagens socioculturais e sistêmicas na educação STEAM que permitam analisar os atos criativos numa perspectiva holística do fenômeno.

Palavras-chaves: abordagem interdisciplinar; criatividade; educação; inovação educativa; investigação pedagógica; revisão sistemática da literatura; STEAM.

INTRODUCCIÓN

Nos encontramos ante un nuevo paradigma en torno a las tecnologías que ha modificado de manera sustancial nuestras maneras de vivir, comunicarnos, relacionarnos y aprender. En el futuro, no será tan importante cuánto sabemos, sino la capacidad que tengamos para pensar y actuar creativamente; la creatividad es esencial para enfrentar los retos de la sociedad del siglo XXI (Klimenko, 2008). Manrique *et al.* (2020) indican al respecto que el panorama es crítico por la “diferencia entre las competencias definidas en los currículos de las instituciones, la formación rígida, fragmentada y orientada a corto plazo y los desafíos que los estudiantes deben asumir para el mundo competitivo, interconectado y globalizado” (p. 7). Se requieren epistemologías que hagan frente a la fragmentación de los saberes y permitan entender la complejidad del mundo actual. Por ello, es necesario adoptar enfoques educativos que permitan comprender y adaptarse activamente a dicha complejidad. La educación STEAM constituye, entonces, un modelo pertinente para afrontar los retos del presente siglo, al considerar que la combinación de las disciplinas STEM (*science, technology, engineering, and mathematics*) y las artes es esencial para formar una ciudadanía ética, creativa y científicamente alfabetizada (Stoelinga *et al.*, 2015). Además, este enfoque prioriza el desarrollo de competencias y habilidades sobre la comprensión de conceptos (Marín-Ríos *et al.* 2023).

Como antecedente de este estudio, se puede considerar el trabajo de Aguilera y Revilla (2021), cuyos propósitos fueron caracterizar las intervenciones didácticas que pretenden seguir un enfoque educativo STEM/STEAM y evaluar su efecto en la creatividad del alumnado. Para ello, los autores hicieron explícita la perspectiva teórica de STEM/STEAM, a partir de la cual elaboraron las intervenciones didácticas con el fin de desarrollar la creatividad de los estudiantes. Este trabajo da cuenta del tipo de creatividad evaluada (persona, contexto, producto o proceso) y los instrumentos utilizados para dicha evaluación.

Por su parte, Perignat y Buonincontro (2019) encontraron que en diversas investigaciones relacionadas con el enfoque STEAM se hace alusión a la creatividad a través de expresiones como *pensamiento creativo*, *resolución creativa de problemas* y *desarrollo de habilidades creativas*. Los autores concluyen que la creatividad está relacionada con la incorporación de las artes. No obstante, advierten que hay una falta generalizada de resultados en torno a la creatividad, lo cual coincide con los hallazgos de García-Fuentes *et al.* (2023), quienes indican que solo el 4.1 % de los trabajos establece una articulación entre el enfoque STEAM y el desarrollo de la creatividad de los estudiantes.

Como aporte al campo, este artículo ofrece un panorama sobre la manera en la que se ha abordado teórica y metodológicamente la creatividad en la educación STEAM. Para ello, se identifican las perspectivas teóricas de creatividad y STEAM asumidas en cada uno de los estudios revisados, así como los enfoques metodológicos, los instrumentos utilizados para la evaluación de la creatividad y las estrategias didácticas que, según los autores, pueden favorecer su desarrollo.

Teniendo en cuenta lo anterior, este trabajo se plantea como objetivo analizar los elementos teóricos y metodológicos de los estudios que han buscado desarrollar la creatividad en el marco de la educación STEAM. Para ello, se plantean las siguientes preguntas de investigación:

- ¿Cuáles son los elementos teóricos contemplados en la producción científica asociada al desarrollo de la creatividad en el marco de la educación STEAM?
- ¿Qué aspectos metodológicos son tenidos en cuenta para el desarrollo de la creatividad desde la perspectiva de la educación STEAM?

APROXIMACIONES CONCEPTUALES

La educación STEAM

Los contextos educativos, como parte fundamental de la apropiación de las dinámicas culturales, están en permanente cambio y, en este sentido, la educación STEAM surge como una respuesta a los nuevos códigos y retos del siglo XXI. Se puede dar cuenta del origen de STEAM en las tensiones que Estados Unidos atravesaba en la década de 1990, producto de un marcado interés por responder a las demandas que traía consigo la globalización, por ejemplo, la necesidad de fortalecer la mano de obra, los productos, el desarrollo y la integración de la ciencia, la tecnología, la ingeniería y las matemáticas. El constructo STEM se establece en Norteamérica como un marco orientador que recoge estas intencionalidades ([Iammartino et al., 2016](#)). Pese a ello, al tener poca evidencia de su pertinencia como enfoque educativo, se plantea una renovación del término, y es así como, en el contexto asiático, específicamente en Corea, se propone la incorporación de las artes (A) al enfoque STEM ([Yakman & Lee, 2012](#)). De esta manera, en el año 2006, la educación STEAM comienza a surgir como una apuesta educativa que hace énfasis en el cultivo de una formación integral de sujetos creativos e innovadores ([Connor et al., 2015](#)). A partir de entonces, STEAM comienza a ser concebido como un enfoque en el que las artes desempeñan un papel crucial para afrontar la complejidad de las actuales dinámicas sociales. Esto, a través del desarrollo de destrezas de diferente índole como la capacidad de trabajar con otros, la comunicación, el pensamiento creativo y crítico, y una disposición hacia el aprendizaje permanente ([Taylor, 2016](#)).

Respecto la noción de *STEAM*, [Alexopoulos et al. \(2021\)](#) la entienden como un paraguas que recoge la idea de articular la creatividad con la ciencia y las artes, indicando que, si bien se puede identificar un consenso frente a algunas generalidades de lo que se entiende por STEAM, no hay una definición clara y precisa de este concepto. STEAM ha sido concebido como enfoque educativo ([Wannapiroon & Petsangsri, 2020](#); [Rahmawati et al., 2021](#); [McKlin et al., 2018](#)), como modelo ([Aguilera & Ortiz, 2021](#); [Fernández & Romero, 2020](#)), como método ([Engelman et al., 2017](#)), como estrategia educativa interdisciplinar ([Conradty & Bogner, 2019, 2020](#); [Tran et al., 2021a, 2021b](#)) y como un tipo de educación ([Cheng et al., 2022](#); [Leroy & Romero, 2021](#); [Wilson et al., 2021](#)).

Uno de los principales objetivos de la educación STEM es la construcción de una sociedad científica y tecnológicamente alfabetizada. No obstante, dados los fundamentos epistémicos de las disciplinas que hacen parte de este enfoque, solo se ofrece una visión parcial de la complejidad de los fenómenos en los que estamos inmersos como sociedad. Al respecto, [Napal y Zudaire \(2019\)](#) señalan que “el pensamiento abstracto y cuantitativo no siempre es apropiado para describir el mundo, impreciso y cualitativo” (p. 51). Por su parte, [Hawkins et al. \(2018\)](#) indican que, para algunos investigadores, el enfoque STEM oscurece la importancia de otras disciplinas como las humanidades y las ciencias sociales. En este sentido, invitan a aunar esfuerzos que favorezcan una integración interdisciplinar más amplia. En este contexto, y hacia finales de la primera década del siglo XXI, se integró la ‘A’ de artes al acrónimo STEM, emergiendo de esta manera el enfoque STEAM. Cabe aclarar que las artes no simplemente se unen como una disciplina más al enfoque STEM; la educación STEAM se está consolidando como un nuevo enfoque educativo con características particulares ([Stroud & Baines, 2019](#)).

Perspectivas teóricas de la creatividad

La capacidad de imaginar y crear es una característica propia de la especie humana y ha posibilitado el avance de las civilizaciones a lo largo de la historia. Además, se constituye en un mecanismo evolutivo que ha permitido al *Homo sapiens* resolver problemas, experimentando soluciones en medio de un balance entre la atención y el riesgo ([Conradty & Bogner, 2020](#)).

La creatividad hace parte de nuestro legado biológico y cultural, y su complejidad hace que múltiples factores intervengan en su desarrollo; tanto la personalidad como el ambiente ejercen una importante influencia sobre ella. Esto ha hecho que se constituya en objeto de múltiples discusiones y que sea abordada desde diferentes perspectivas disciplinares. Son varios los autores que han teorizado en torno a la creatividad ([Csikszentmihalyi, 1997, 2010](#); [Guilford, 1950](#); [Miller & Dumford, 2016](#); [Sternberg & Lubart, 1995](#); [Torrance, 1996](#)), y sus aportes han permitido consolidar un campo de investigación con fuertes bases en términos epistémicos y metodológicos. Además, se ha identificado que la creatividad puede ser estudiada a partir de tres perspectivas: psicológica, sociocultural y sistémica.

En cuanto a la perspectiva psicológica, [Guilford \(1950\)](#) es sin duda uno de los autores que está en la base del proceso de consolidación de este constructo teórico; sus planteamientos posibilitaron la realización de un sinnúmero de investigaciones en este campo, permitiendo un importante avance en la comprensión de este concepto. Este autor concebía la creatividad como uno de los muchos aspectos de la inteligencia y creía que incluía dos procesos de pensamiento: el pensamiento divergente y el convergente. El primero de ellos estimula la generación de nuevas ideas y productos, y el segundo le permite al sujeto reconocer el entorno, adaptarse e incrementar la posibilidad de aplicación de sus creaciones. Además, entendía la creatividad como una habilidad constituida por cuatro subhabilidades, a saber: la fluidez, la flexibilidad, la originalidad y la elaboración. Esta línea teórica sería desarrollada más tarde por [Torrance \(1966\)](#), quien planteó que la fluidez, la flexibilidad y la originalidad están asociadas, respectivamente, a la capacidad de generar un número importante de ideas originales en un intervalo específico de tiempo, a cambiar de rumbo si el enfoque considerado no funciona de manera eficaz y a producir respuestas fuera de lo establecido. La perspectiva psicológica puede considerarse la de más larga tradición en el estudio de la creatividad ([de la Torre et al., 2010](#); [Piríz et al., 2023](#)). Para valorar la creatividad desde lo psicológico, normalmente se contemplan elementos relacionados con las habilidades mentales que los sujetos ponen en juego al enfrentarse a una situación específica.

Por otra parte, la creatividad, desde una mirada sociocultural, hace hincapié en el proceso de internalización de los sujetos, el cual no se limita a la adquisición de significados que transitan de lo externo a lo interno, sino a la resignificación que se hace de dichos significados, alterando sus sentidos. Esto permite al sujeto alcanzar niveles cada vez más elevados de consciencia. En palabras de [Steiner y Moran \(2003\)](#), las personas creativas amplían los sentidos de una palabra o símbolo, aportan un nuevo sentido al significado social del fenómeno o crean nuevas relaciones entre el significado y el sentido del fenómeno. En los enfoques socioculturales como el planteado por [Steiner y Moran \(2003\)](#), los actos creativos son valorados a partir de procesos de internalización mediante los cuales las personas se apropian y transforman los significados de la cultura. Lo anterior se ve reflejado en elaboraciones materiales o inmateriales. Además, desde esta perspectiva se contemplan elementos relacionados con la interacción social y la manipulación de materiales.

Respecto a la perspectiva sistémica, desde modelos como el planteado por [Csikszentmihalyi y Wolfe \(2014\)](#), es posible entender la creatividad como un fenómeno complejo en el que interactúan tres

componentes: el dominio que contiene el conjunto de objetos, reglas, representaciones y notaciones de la cultura; la persona que genera una nueva idea utilizando los símbolos de un dominio específico; y un campo encargado de tomar decisiones en cuanto a la validez de los objetos, actos o ideas creativas. Así, desde esta perspectiva es posible identificar un campo (investigadores, profesores, etc.) que se basa en criterios específicos para avalar los actos creativos (ideas, productos, etc.) llevados a cabo por una o varias personas en un dominio determinado.

METODOLOGÍA

En este trabajo se llevó a cabo una revisión sistemática (RS) de la literatura, considerada un tipo de investigación científica que requiere objetividad y rigurosidad a nivel cualitativo y cuantitativo para ofrecer una perspectiva global y fiable del objeto de estudio. En una RS se estudian unidades de análisis, es decir, textos o estudios originales primarios sobre una temática determinada ([Sánchez-Serrano et al., 2022](#)). La RS busca identificar, seleccionar, evaluar y sintetizar información en investigaciones de alto impacto de manera transparente y accesible. Para ello, en este estudio se utilizó del protocolo PRISMA 2020 (*preferred reporting items for systematic reviews and meta-analyses*) ([Page et al., 2021](#)).

Procedimiento

Los artículos revisados fueron rastreados entre noviembre y diciembre de 2022 en las bases de datos Scopus, Web of Science, Science Direct y ERIC, con un rango temporal de 15 años, entre 2010 y 2024 (agosto). Este rango se seleccionó porque, según [Connor et al. \(2015\)](#), STEAM emerge como apuesta educativa a finales de la primera década del siglo XXI. La ecuación de búsqueda utilizada en todas las bases de datos fue: “STEAM Education” AND “Creativity” OR “Creative Thinking”. Se aplicaron filtros de ventana temporal, tipo de documento (artículos de investigación), idioma (español e inglés) y estado de publicación (terminado).

En la [Tabla 1](#) se definen los criterios de inclusión y exclusión de artículos y, posteriormente, se realiza una codificación de los estudios encontrados, a partir de la cual se llevan a cabo la revisión y el análisis. Esta codificación tiene en cuenta las variables de análisis descritas en la [Tabla 2](#).

Tabla 1. Criterios de inclusión y exclusión de publicaciones

Criterios	Inclusión	Exclusión
1	Contemplar en el título, resumen o palabras clave los conceptos de STEAM y creatividad	Textos de conferencias o memorias de congreso
2	Trabajos con versión en inglés o español	Artículo de reflexión teórica, revisión sistemática o propuesta investigativa sin implementar
3	Artículo de investigación que presente resultados de la implementación de una propuesta de intervención	Referencia al enfoque STEM
4	Dar cuenta del desarrollo de la creatividad en los resultados, discusión y/o conclusiones	Artículos por fuera del ámbito educativo

Tabla 2. Variables en las que se codifican los estudios

Indicadores	Variables
Indicadores bibliométricos de la producción científica relacionada con el papel de la educación STEAM en la creatividad	<ul style="list-style-type: none"> Países en los que se desarrollaron las investigaciones Número de publicaciones en función del tiempo
Elementos teóricos para el desarrollo de la creatividad en el marco de la educación STEAM	<ul style="list-style-type: none"> Perspectivas teóricas de la creatividad (definiciones) Teóricos más citados Perspectiva teórica STEAM
Elementos metodológicos para el desarrollo de la creatividad desde la perspectiva de la educación STEAM	<ul style="list-style-type: none"> Paradigma Enfoques/estrategias didácticas Contextos (educación primaria, secundaria, universitaria, no formal) Instrumentos para evaluar el desarrollo de la creatividad

La búsqueda inicial proporcionó un total de 539 documentos y, atendiendo a los criterios de inclusión/exclusión definidos, la revisión dio lugar al análisis de 45 artículos. La [Figura 1](#) da cuenta del proceso de selección de los artículos, realizado por los tres investigadores, inicialmente de modo independiente y posteriormente de manera conjunta, para validar el cumplimiento de criterios de inclusión y exclusión.

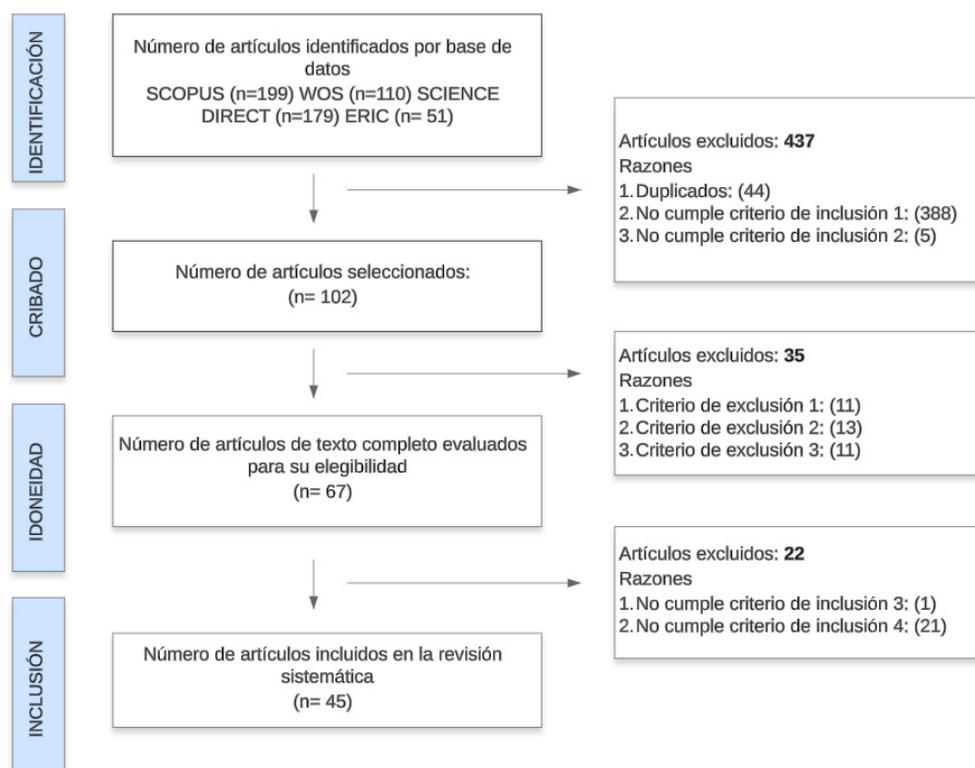


Figura 1. Flujograma del procedimiento de selección de los artículos

Instrumento de análisis utilizado

Para el registro, análisis y posterior presentación de la información, se diseñó un formato en Excel en el que se sistematizaron las variables de cada indicador (Figura 2).

Autor(es):			
Título:			
Resumen:			
Aspectos Bibliométricos			
Año de publicación:	País:		Población:
Aspectos Teóricos			
STEAM:		Creatividad:	
Aspectos Metodológicos			
Metodología:	Tipo de estudio:	Enfoque/estrategia didáctica:	Instrumento para evaluar la creatividad:

Figura 2. Instrumento de análisis

RESULTADOS

Aspectos bibliométricos

A continuación, se presenta el número correspondiente a las investigaciones desarrolladas por país (Figura 3) y la variación del número de publicaciones en función de intervalo de tiempo definido (Figura 4).

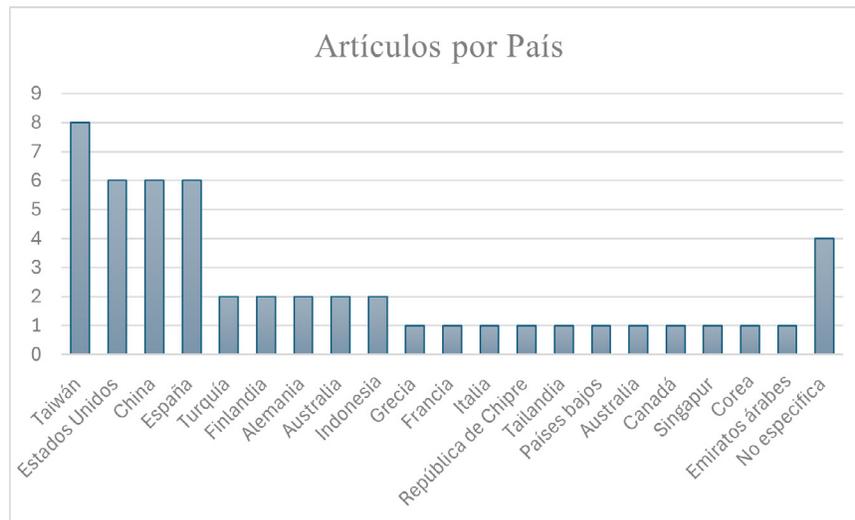


Figura 3. Número de investigaciones y países en los cuales se desarrollaron

Es importante mencionar que la implementación de algunas investigaciones se llevó a cabo de manera simultánea en varios países, como es el caso de Alemania y Países Bajos; Australia, Estados Unidos, Canadá y Singapur; y Estados Unidos y China.



Figura 4. Publicaciones en el área en la escala temporal establecida

Pese a que el rango de búsqueda establecido abarcaba una escala temporal de 15 años, entre 2010 y 2014 no se identificaron unidades de análisis; es solo a partir del 2015 en que se evidencia una proliferación significativa de estudios que articulan STEAM y creatividad.

Aspectos teóricos

Como variable de análisis, los aspectos teóricos se abordaron desde tres elementos que se consideran fundamentales para comprender la relación entre la educación STEAM y el desarrollo de la creatividad, los cuales fueron enunciados en la [Tabla 2](#). La concepción de creatividad es variada, pero puede agruparse en dos o más categorías, como puede observarse en la [Tabla 3](#).

Tabla 3. Perspectivas teóricas de la creatividad

Definición de creatividad	Autores
La creatividad como actividad que da lugar a algo novedoso y original	Casado y Checa (2020), Chang <i>et al.</i> (2022, 2023), Erol <i>et al.</i> (2022), Fernández <i>et al.</i> (2022), Hsiao <i>et al.</i> (2022), Lage y Ros (2023), Leroy y Romero (2021) Lu <i>et al.</i> (2022b), Oner <i>et al.</i> (2016), Ozkan y Umdu (2021), Park <i>et al.</i> (2021), Sanabria y Arámburo (2017), Saorín <i>et al.</i> (2017), Shen <i>et al.</i> (2021), Timotheou y Loannou (2021), Tran <i>et al.</i> (2021b), Wandari <i>et al.</i> (2018), Weng <i>et al.</i> (2022), Zaqiah <i>et al.</i> (2024), Zhan <i>et al.</i> (2022)
La creatividad como manera inédita y eficaz de resolver problemas	Alexopoulos <i>et al.</i> (2021), Casado y Checa (2020, 2023), Conrady y Bogner (2018, 2019, 2020), Conrady <i>et al.</i> (2020), Gallagher y Grimm (2018), Lu <i>et al.</i> (2022b), Oner <i>et al.</i> (2016), Ozkan y Umdu (2021), Pifarre (2019), Saorín <i>et al.</i> (2017), Tran <i>et al.</i> (2021a), Tran <i>et al.</i> (2021b), Timotheou y Loannou (2021), Weng <i>et al.</i> (2022)
La creatividad como construcción social y colectiva	Guyotte <i>et al.</i> (2015), Kim <i>et al.</i> (2023), Lage y Ros (2024), Lee <i>et al.</i> (2016), Harris y De Bruin (2017), Pifarre (2019)
La creatividad como proceso	Timotheou y Loannou (2021), York <i>et al.</i> (2022)
La capacidad de pensar con fluidez	Wannapiroon y Petsangsri (2020), Wilson <i>et al.</i> (2021)

El 46.6 % de los estudios considera la creatividad como una actividad que da lugar a la creación de algo de naturaleza material (como un objeto) o inmaterial (como una idea), pero que en cualquier caso es novedoso y original. Asimismo, un número significativo de estudios (37.7 %), concibe la creatividad como una manera inédita y eficaz de resolver problemas actuales y específicos del mundo real. Algunos trabajos ([Conradty & Bogner, 2019](#); [Oner et al., 2016](#); [Ozkan & Umdu, 2021](#); [Saorín et al., 2017](#); [Timotheou & Loannou, 2021](#); [Tran et al., 2021b](#); [Weng et al., 2022](#)) coinciden en ambas definiciones, como es el caso de [Weng et al. \(2022\)](#), quienes explícitamente toman de [Saorín et al. \(2017\)](#) una definición que sintetiza estas dos primeras categorías, refiriéndose a la creatividad como la producción de cosas nuevas y valiosas y la capacidad de proponer diferentes soluciones a un problema.

En menor proporción, la creatividad es concebida como una construcción social y colectiva, visión en la que coinciden seis de los estudios (13.3 %), donde se asume la colaboración como un factor necesario y de apoyo al desarrollo de la creatividad. Del mismo modo, se hace referencia a la creatividad como proceso (4.4 %), y aquí es importante mencionar que autores como [Timotheou y Loannou \(2021\)](#) sitúan la creatividad en tres de las categorías propuestas, refiriéndose a ella como un proceso y/o un producto que generalmente está vinculado a soluciones útiles a problemas. Finalmente, se hace referencia a la creatividad como la capacidad de pensar con fluidez (4.4 %), que se acompaña de otras habilidades como la flexibilidad, la originalidad y la elaboración.

En el intento de encontrar una definición de *creatividad*, los autores que han abordado ampliamente este tema han sido citados en los diferentes trabajos. Entre ellos sobresalen [Guilford \(1950\)](#), [Torrance \(1962\)](#), [Csikszentmihalyi \(1999\)](#) y [Sternberg \(2009\)](#), seguidos de [Sternberg y Lubart \(1993\)](#), [Baughman y Mumford \(1995\)](#), [Lubart \(1999\)](#) y [Kaufman y Beghetto \(2009\)](#).

Análogamente a la creatividad, STEAM cuenta con múltiples definiciones. No obstante, la revisión de literatura permite identificar cierto consenso, pues en el 53.3 % de las investigaciones se considera STEAM como un enfoque educativo interdisciplinario que favorece el desarrollo de habilidades como la creatividad ([Casado & Checa, 2020](#); [Chang et al., 2022, 2023](#); [ElSayary et al., 2022](#); [Erol et al., 2022](#); [Fernández et al., 2022](#); [Harris & De Bruin, 2017](#); [Hsiao et al., 2022](#); [Hunter-Doniger, 2021](#); [Kim et al., 2023](#); [Lage & Ros, 2024](#); [Leroy & Romero, 2021](#); [Lu et al., 2022a, 2022b](#); [Ozkan & Umdu, 2021](#); [Pifarre, 2019](#); [Shen et al., 2021](#); [Thuneberg et al., 2018](#); [Timotheou & Loannou, 2021](#); [Wannapiroon & Petsangsri, 2020](#); [Weng et al., 2022](#); [Wilson et al., 2021](#); [York, 2022](#); [Zhan et al., 2022](#)), donde la inclusión del arte contempla distintas competencias que mejoran la motivación de los alumnos, aumentan su interés por las ciencias, desarrollan su pensamiento crítico y favorecen los procesos de innovación ([Conradty et al., 2020](#)).

Aspectos metodológicos

En cuanto al paradigma de investigación adoptado por los diferentes trabajos, se encontró que la mayor parte de los estudios (55.5 %) son cuantitativos, por lo que, dada su naturaleza, tienden a generalizar y a utilizar un mismo instrumento para medir una variable (en este caso la creatividad) en diferentes sujetos. Por otro lado, 11 de las investigaciones (24.4 %) emplearon un enfoque mixto, y solo nueve estudios (22.2 %) fueron cualitativos, predominando métodos como el estudio de caso, la investigación basada en diseño, la teoría fundamentada y la investigación biográfico-narrativa.

El contexto de implementación está relacionado con propuestas mayoritariamente desarrolladas en educación secundaria (46.3 %) y básica primaria (32.3 %). Con menor frecuencia se identificaron estudios en contextos de educación superior (14.6 %) en programas de ingeniería, artes y diseño, y en otros contextos (6.5%) como campamentos Maker y ferias STEAM.

Perspectivas teóricas en la evaluación de la creatividad

Las perspectivas psicológica, sociocultural y sistémica fueron reconocidas en los diferentes estudios. Además, como se explica a continuación, se identificaron dos perspectivas emergentes.

Quizá por ser la de más larga tradición, en la perspectiva psicológica se enmarca la mayor parte de los trabajos (55.5 %). Estos estudios valoran la creatividad a partir de *tests* o pruebas cognitivas que dan cuenta de habilidades de pensamiento asociadas a la creatividad. Estas pruebas buscan medir el potencial de aprendizaje cognitivo de los estudiantes, identificando el efecto del razonamiento visual, el pensamiento abstracto, la autonomía experimentada ([Conradty et al., 2020](#); [Conradty & Bogner, 2018, 2019](#); [Mierdel & Bogner, 2020](#); [Thuneberg et al., 2018](#)), los procesos cognitivos, conscientes y entrenables como el acto (*act*) y el flujo (*flow*) ([Alexopoulos et al., 2021](#); [Conradty & Bogner, 2020](#)), y la fluidez, la flexibilidad y la originalidad ([Lu et al., 2022a](#); [Ozkan & Umdu, 2021](#)).

El 22.2 % de las investigaciones se enmarcan en la perspectiva sociocultural, pues varios de sus aspectos centrales han sido valorados en el proceso creativo, como es el caso de la importancia de la interacción social ([Fernández et al., 2022](#); [Harris & De Bruin, 2017](#); [Hunter-Doniger, 2021](#); [Wilson et al., 2021](#)). De igual manera, ha adquirido especial relevancia la manera en la que los sujetos se apropian de y transforman la cultura ([Oner et al., 2016](#); [Pifarre, 2019](#)). Otros trabajos ([Harris & De Bruin, 2017](#); [Lee et al., 2016](#); [Pifarre, 2019](#)) entienden la creatividad como un proceso situado ambiental y socioculturalmente.

La perspectiva sistémica fue identificada en el 11.1 % de los trabajos revisados. El principal rasgo que se reconoce tiene que ver con el ámbito que valida la relevancia cultural del acto creativo bajo criterios específicos. En ocasiones, dicho ámbito está conformado por los mismos pares ([York et al., 2022](#)), en otras por los profesores ([Chien & Chu, 2018](#); [Wandari et al., 2018](#)) y en otras por los investigadores ([Fernández et al., 2022](#); [Hsiao et al., 2022](#)).

También se identificaron dos perspectivas emergentes, denominadas *sociosistémica* y *psicosociosistémica*, que juntas corresponden al 6.6 % de las investigaciones analizadas. Desde la perspectiva sociosistémica se resaltan aspectos asociados a la interacción social y a la valoración de los actos creativos a partir de criterios específicos, por ejemplo, relevancia y efectividad, problematización, propulsión, elegancia y génesis ([Timotheou & Loannou, 2021](#)). Por su parte, [Park et al. \(2021\)](#) entienden y valoran la creatividad como un fenómeno incrustado en un entorno sociocultural, y advierten que la validez de los actos creativos está determinada por la relevancia que en términos culturales se les otorgue. Por lo anterior, es posible identificar, en ambos trabajos, una amalgama de elementos asociados a las perspectivas sociocultural y sistémica.

Desde la perspectiva psicosociosistémica, mediante un enfoque multimétodo llevado a cabo por [Cheng et al. \(2022\)](#), se reconocen componentes psicométricos, de interacción social y de consenso relacionados con los procesos creativos.

También se identificaron las principales estrategias o enfoques pedagógico-didácticos utilizados en el marco de la educación STEAM, los cuales se presentan en la [Tabla 4](#).

Tabla 4. Estrategias o enfoques pedagógico-didácticos

Estrategias didácticas	n	Autores
Aprendizaje basado en proyectos	12	Chang <i>et al.</i> (2023), Cheng <i>et al.</i> (2022), Fernández <i>et al.</i> (2022), Hsiao <i>et al.</i> (2022), Lu <i>et al.</i> (2022a, 2022b), Oner <i>et al.</i> (2016), Park <i>et al.</i> (2021), Salmi <i>et al.</i> (2021), Tran <i>et al.</i> (2021b), Zaqiah <i>et al.</i> (2024), Zhan <i>et al.</i> (2022)
Aprendizaje basado en indagación (<i>inquiry-based learning</i>)	7	Alexopoulos <i>et al.</i> (2021), Conradty <i>et al.</i> (2020), Conradty y Bogner (2019, 2020), Mierdel y Bogner (2020), Thuneberg <i>et al.</i> (2018), Wilson <i>et al.</i> (2021)
Aprendizaje basado en diseño (<i>design-based learning</i>)	3	Erol <i>et al.</i> (2022), Tran <i>et al.</i> (2021a), York <i>et al.</i> (2022)
Aprendizaje basado en el juego (<i>game-based learning</i>)	3	Gallagher y Grimm (2018), Hunter-Doniger (2021), Wannapiroon y Petsangsri (2020)
Aprendizaje basado en problemas	3	Conradty y Bogner (2018), Leroy y Romero (2021), Weng <i>et al.</i> (2022)
Modelos de instrucción basados en STEAM	4	Ozkan y Umdu (2021), Lage y Ros (2023), Timotheou y Loannou (2021), Wandari <i>et al.</i> (2018)
Impresión 3D	2	Chien y Chu (2018); Saorín <i>et al.</i> (2017)
Robótica educativa	2	Casado y Checa (2020, 2023)
Aprendizaje basado en retos	1	Guyotte <i>et al.</i> (2015)
Educación autodirigida	1	Hong <i>et al.</i> (2016)
<i>Gradual immersion method</i> (GIM)	1	Sanabria y Arámburo (2017)
Pedagogía dialógica	1	Pifarre (2019)
No específica	6	ElSayary <i>et al.</i> (2022), Harris y De Bruin (2017), Kim <i>et al.</i> (2023), Lage y Ros (2024), Lee <i>et al.</i> (2016), Shen <i>et al.</i> (2021)

El aprendizaje basado en proyectos (ABPy) y el aprendizaje por indagación cobran especial relevancia en el marco de la educación STEAM. Según Cheng *et al.* (2022), el ABPy permite que los profesores animen a los estudiantes a expresarse más y a usar su pensamiento divergente en el marco del desarrollo de proyectos. Conradty y Bogner (2019), por su parte, consideran que el aprendizaje por indagación plantea escenarios en los que los estudiantes tienen la oportunidad de imaginar, explorar, experimentar, manipular, arriesgarse, especular y cometer errores, elementos fundamentales en el desarrollo de la creatividad y característicos de la educación STEAM. En la Tabla 5 se describen las estrategias y los instrumentos utilizados en las investigaciones para evaluar la creatividad.

Tabla 5. Estrategias e instrumentos utilizados para evaluar la creatividad

Estrategia o instrumento	n	Autores
<i>The CPAC questionnaire (cognitive processes associated with creativity)</i>	8	Alexopoulos <i>et al.</i> (2021), Conradty <i>et al.</i> (2020), Conradty y Bogner (2018, 2019, 2020), Mierdel y Bogner (2020), Salmi <i>et al.</i> (2021), Thuneberg <i>et al.</i> (2018)
Entrevistas cualitativas	3	ElSayary <i>et al.</i> (2022), Oner <i>et al.</i> (2016), York <i>et al.</i> (2022)
TTCT (<i>Torrance tests of creative thinking</i>)	3	Chang <i>et al.</i> (2023), Ozkan y Umdu (2021), Lu <i>et al.</i> (2022a)
<i>Creative product semantic scale</i> (CPSS)	2	Chien y Chu (2018), Wandari <i>et al.</i> (2018)
Cuestionario <i>ad hoc</i>	2	Fernández <i>et al.</i> (2022), Lage y Ros (2023)
<i>Scientific creativity test</i>	2	Tran <i>et al.</i> (2021a; 2021b)
<i>Abreaction test of creativity</i>	1	Saorín <i>et al.</i> (2017)

<i>Creative thinking skill</i>	1	Wannapiroon y Petsangsri (2020)
<i>Creative thinking test (CTT); Williams creativity aptitude test (WCAT)</i>	1	Zhan <i>et al.</i> (2022)
<i>Creativity assessment packet</i>	1	Lu <i>et al.</i> (2022b)
<i>Alternative uses test (AUT)</i>	1	Leroy y Romero (2021)
<i>Early childhood creativity scale (ECCS)</i>	1	Erol <i>et al.</i> (2022)
Marco cuatridimensional de la creatividad	1	Weng <i>et al.</i> (2022)
Encuesta abierta	1	Wilson <i>et al.</i> (2021)
Encuesta para la medición de la creatividad	1	Harris y De Bruin (2017)
Escala de creatividad de Eugene que fue compilada por Princeton Innovation Talent Research Company	1	Shen <i>et al.</i> (2021)
Escala de diagnóstico de solución creativa (CSDS)	1	Timotheou y Loannou (2021)
Modelo CAP (creatividad, autonomía y juego)	1	Hunter-Doniger (2021)
GIM (<i>gradual immersion model</i>)	1	Sanabria y Arámburo (2017)
Escala de creatividad tipo Likert	1	Lee <i>et al.</i> (2016)
Prueba de usos alternativos de Guilford para medir el pensamiento divergente y prueba de asociados remotos para medir el pensamiento convergente	1	Gallagher y Grimm (2018)
Análisis visual-verbal, a través de narrativas de los estudiantes	1	Guyotte <i>et al.</i> (2015)
Modelo de creatividad de Sawyer	1	Pifarre (2019)
Medida de investigación y razonamiento científico	1	Park <i>et al.</i> (2021)
Enfoque multimétodo: prueba de pensamiento divergente, técnica de evaluación de consenso (CAT), medida de autoeficacia creativa (CSE)	1	Cheng <i>et al.</i> (2022)
TestCrea	1	Casado y Checa (2020)
<i>Creative product analysis matrix (CPAM)</i>	1	Hsiao <i>et al.</i> (2022)
El cuestionario revisado de creatividad en el aula de ciencias (R-SCCQ)	1	Kim <i>et al.</i> (2023)

Como se observa en la [Tabla 5](#), la mayoría de los estudios (71.1 %) hacen explícito el uso de *tests*/ cuestionarios, siendo el CPAC (desarrollado por Miller y Dumford en 2016) el más implementado (17.7 %). De acuerdo con [Alexopoulos et al. \(2021\)](#), quienes retoman los planteamientos de [Csikszentmihalyi \(2010\)](#), la evaluación de la capacidad creativa depende de factores que se ven influenciados tanto por el contexto de aprendizaje como por el intelecto y las emociones de los sujetos. Por lo tanto, el CPAC propone dos factores, denominados *ACT* y *FLOW*, que pueden considerarse adecuados para medir el potencial creativo de los estudiantes.

Asimismo, se encontró que, en la mayoría de los cuestionarios aplicados que se adaptaron a partir del CPAC y el TTCT en educación primaria y secundaria, se valoran factores similares como la flexibilidad, la originalidad y la fluidez; mientras que, en la educación superior, se contemplan otras características. Este el caso del CPAM, en el que se valora la novedad, haciendo hincapié en el uso de materiales, procesos, conceptos y métodos novedosos en la producción de productos; la resolución, que se refiere a la calidad, viabilidad y funcionalidad de los productos; y la elaboración y síntesis, que enfatiza el nivel de detalle y la actividad práctica de los productos ([Hsiao et al., 2022](#)).

Respecto a las estrategias para valorar la creatividad, se identificaron tres (6.6 %) modelos propuestos, en los que se valoró la creatividad de los estudiantes a partir de la resolución de problemas o el diseño de

artefactos mediados por el uso de tecnologías, como es el caso del modelo CAP (creatividad, autonomía y juego) ([Hunter-Doniger, 2021](#)), el GIM (*gradual immersion model*) ([Sanabria & Arámburo, 2017](#)) y el modelo de creatividad de Sawyer ([Pifarre, 2019](#)). En esta misma línea, teniendo en cuenta que la creatividad está condicionada por el campo de conocimiento, tres (6.6 %) de los trabajos revisados ([Tran et al., 2021a, 2021b](#); [Park et al., 2021](#)) miden específicamente la creatividad científica. Vale la pena resaltar que, igualmente, en solo tres (6.6 %) de los trabajos se utilizó un instrumento de naturaleza cualitativa.

DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

Después de revisar las diferentes perspectivas teóricas que permiten definir la creatividad, coincidimos con [Timotheou y Loannou \(2021\)](#), quienes afirman que este es un concepto de naturaleza compleja y multifacética. Sin embargo, desde una mirada holística a las diferentes perspectivas, la creatividad puede entenderse como una actividad productiva que da lugar a la creación de algo novedoso y original que podría ser la solución a un problema del mundo real ([Huang et al., 2017](#)).

Al hacer referencia a la perspectiva STEAM desde su concepción en los estudios revisados, es indiscutible el papel fundamental del arte, que da lugar al desarrollo de habilidades –principalmente la creatividad. En este sentido, es posible dar cuenta del creciente número de investigaciones que valoran la educación STEAM como un enfoque con gran potencial para generar ambientes de aprendizaje que favorezcan el desarrollo de la creatividad de los estudiantes ([Alexopoulos et al., 2021](#); [Casado & Checa, 2020, 2023](#); [Cheng et al., 2022](#); [Conradty et al., 2020](#); [Conradty & Bogner, 2018, 2019, 2020](#); [Engelman et al., 2017](#); [Leroy & Romero., 2021](#); [Lu et al., 2022a, 2022b](#); [McKlin et al., 2018](#); [Rahmawati et al., 2021](#); [Tran et al., 2021a, 2021b](#); [Wandari et al., 2018](#); [Wannapiroon & Petsangsri, 2020](#); [Wilson et al., 2021](#); [York et al., 2022](#)). Además, puede observarse que, si bien el rango de búsqueda establecido fue de 15 años, es solo a finales de la segunda década del siglo XXI que se evidencia una proliferación significativa de estudios empíricos que dan cuenta de la creatividad en el marco de propuestas STEAM.

Un elemento que vale la pena resaltar es el papel del construccionismo de [Papert \(1980\)](#) como fundamento teórico de la educación STEAM. Esta concepción es defendida por algunos de los estudios revisados ([Casado & Checa, 2020](#); [Timotheou & Loannou, 2021](#)). Desde esta perspectiva, el aprendizaje se concibe como un proceso continuo y variable que ocurre cuando una persona interactúa dinámicamente con su entorno físico, social y cultural y, mediante procesos de investigación y diseño, se involucra en la construcción de objetos que permiten resolver un problema ([Escalona et al., 2018](#)). Esto se considera un referente importante para generar consenso en torno a los objetivos de la educación STEAM y los principales elementos que la constituyen.

En relación con los asuntos metodológicos, se pone de manifiesto la necesidad de realizar más estudios de tipo cualitativo, de manera que se pueda estudiar a profundidad el desarrollo de la creatividad desde la particularidad. Asimismo, es preciso ampliar el contexto de implementación a diversos programas de formación en educación superior, en aras de identificar el papel de las diferentes disciplinas en el desarrollo de la creatividad, no solo en programas de arte, diseño e ingeniería, sino también en programas de formación de profesores de áreas afines a las disciplinas STEAM, dado su interés en el desarrollo de estrategias enmarcadas en este enfoque. Tanto el ABPy como el aprendizaje por indagación comparten características como la importancia de las disciplinas, el trabajo colaborativo y el énfasis en problemas específicos del conocimiento. Estos enfoques están ganando relevancia en la comunidad académica y forman parte de distintos contextos educativos. Además, el aprendizaje basado en problemas y en diseño también destaca en la educación STEAM por su potencial para establecer conexiones interdisciplinarias.

Respecto a los instrumentos diseñados para evaluar la creatividad, se proponen diversas teorías para explorar la naturaleza y los factores que contribuyen a la creatividad a través de enfoques de carácter psicométrico, cognitivo, de desarrollo y sociales. La mayoría de los autores adoptaron enfoques en los que la creatividad se ve como una capacidad que está influenciada por múltiples factores, como es el caso de la flexibilidad, la originalidad y la fluidez ([Alexopoulos et al., 2021](#); [Conradty & Bogner, 2018, 2019, 2020](#); [Conradty et al., 2020](#); [Gallagher & Grimm, 2018](#); [Leroy & Romero, 2021](#); [Lu et al., 2022b](#); [Mierdel & Bogner, 2020](#); [Salmi et al., 2021](#); [Thuneberg et al., 2018](#)). Los autores argumentan que dichos factores permiten dar cuenta de las capacidades de una persona para pensar de manera flexible y abierta y generar ideas numerosas, únicas y novedosas.

Respecto a la manera de evaluar la creatividad, en la mayoría de los trabajos se encontró que esta es valorada como una capacidad, competencia o habilidad intrapsíquica, es decir, se evalúa desde una perspectiva psicológica. Por lo anterior, es necesario transitar hacia enfoques socioculturales como el planteado por [Steiner y Moran \(2003\)](#), en el que la creatividad se entiende como un fenómeno localizado y los actos creativos son valorados a partir de procesos de internalización en los que los sujetos se apropian de y transforman los significados de la cultura. En ellos, la interacción social y la manipulación de materiales desempeñan un papel fundamental. Otra opción para el estudio de la creatividad es el modelo sistémico planteado por [Csikszentmihalyi y Wolfe \(2014\)](#), que permite entender la creatividad como un fenómeno complejo en el que interactúan tres componentes: el dominio, el ámbito/campo y la persona. Lo anterior requiere explorar metodologías cualitativas y mixtas que permitan una comprensión holística y a profundidad del desarrollo de la creatividad en el marco de la educación STEAM, donde la interacción dinámica con el mundo físico, social y cultural es fundamental en el proceso de aprendizaje de los sujetos ([Escalona et al., 2018](#)).

Es importante mencionar que algunos de los trabajos revisados no asumían un posicionamiento teórico claro frente al concepto de creatividad ([Chien & Chu, 2018](#); [ElSayary et al., 2022](#); [Hunter-Doniger, 2021](#); [Lu et al., 2022a](#); [Salmi et al., 2021](#); [Thuneberg et al., 2018](#)), y que en otros casos era complejo identificar el instrumento utilizado para evaluar este constructo ([Sanabria & Arámburo, 2017](#); [Zaqiah et al., 2024](#)). Lo anterior advierte la necesidad de identificar marcos explicativos e instrumentos asociados que permitan estudiar la creatividad en la educación STEAM, en aras de aumentar el grado de validez de los estudios en este campo.

Las consideraciones anteriores sugieren la necesidad de generar escenarios de aprendizaje donde los estudiantes tengan la posibilidad de desarrollar su creatividad, de modo que puedan concebir las disciplinas STEAM como campos del conocimiento en los cuales pueden participar. La creatividad es desarrollable y no es una cualidad única de mentes brillantes ([Rufaida & Nurfadilah, 2021](#)). Lo anterior constituye una importante implicación para la educación en ciencias, donde el conocimiento en ocasiones parece pertenecer a un grupo selecto y su aparente objetividad impide concebir la ciencia como un sistema cultural en evolución.

Una limitación de este trabajo fue que optamos por incluir solo artículos de investigación; se consideró que ello permitiría obtener información confiable para el estudio. No obstante, somos conscientes de que se puede encontrar información importante respecto al objeto de estudio en otro tipo de documentos como tesis de maestría y doctorado o textos derivados de eventos académicos.

Es necesario que en futuras investigaciones se haga alusión explícita a la manera en que se valora la creatividad, dado que, de 539 artículos identificados inicialmente, solo 45 (8.3 %) caracterizan o miden la creatividad. Asimismo, es preciso mostrar cómo se articulan las disciplinas en los resultados de las

investigaciones, pues, si bien esta es una de las características de STEAM, en los trabajos revisados no se logra identificar claramente la manera en que se presenta dicha articulación.

CONTRIBUCIÓN DE LOS AUTORES

Todos los autores estuvimos implicados en el proceso de recolección y análisis de la información, así como en el proceso de escritura del artículo. Se realizó una triangulación por pares académicos que analizó la información de manera independiente con el fin de brindarle mayor validez a los resultados obtenidos.

REFERENCIAS

- Aguilera, D., Ortiz-Revilla, J. (2021). STEM vs. STEAM education and student creativity: A systematic literature review. *Education Sciences*, 11(7), 331. <http://dx.doi.org/10.3390/educsci11070331>
- Alexopoulos, A. N., Paolucci, P., Sotiriou, S. A., Bogner, F. X., Dorigo, T., Fedi, M., Menasce, D., Michelotto, M., Paoletti, S., Scianitti, F. (2021). The colours of the Higgs boson: a study in creativity and science motivation among high-school students in Italy. *Smart Learning Environments*, 8(1), 1-23. <https://doi.org/10.1186/s40561-021-00169-4>
- Baughman, W. A., Mumford, M. D. (1995). Process-analytic models of creative capacities: Operations influencing the combination and reorganization processes. *Creativity Research Journal*, 8, 37-62. https://doi.org/10.1207/s15326934crj0801_4
- Beghetto, R. A., Kaufman, J. C. (2013). Fundamentals of creativity. *Educational leadership*, 70(5), 10-15.
- Casado Fernández, R., Checa Romero, M. (2020). *Robótica y proyectos STEAM: desarrollo de la creatividad en las aulas de educación primaria*. Pixel-Bit. <https://doi.org/10.12795/pixelbit.73672>
- Casado Fernández, R., Checa-Romero, M. (2023). Creatividad, pensamiento crítico y trabajo en equipo en educación primaria: un enfoque interdisciplinar a través de proyectos STEAM. *Revista Complutense de Educación*, 34(3), 629-640.
- Chang, C. Y., Du, Z., Kuo, H. C., Chang, C. C. (2023). Investigating the impact of design thinking-based STEAM PBL on students' creativity and computational thinking. *IEEE Transactions on Education*, 66(6), 673-681.
- Cheng, L., Wang, M., Chen, Y., Niu, W., Hong, M., Zhu, Y. (2022). Design my music instrument: A project-based science, technology, engineering, arts, and mathematics program on the development of creativity. *Frontiers in Psychology*, 12, 763948. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2021.763948>
- Chien, Y. H., Chu, P. Y. (2018). The different learning outcomes of high school and college students on a 3D-printing STEAM engineering design curriculum. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 16, 1047-1064. <https://doi.org/10.1007/s10763-017-9832-4>
- Cilleruelo, L., Zubiaga, A. (2014). Una aproximación a la Educación STEAM. Prácticas educativas en la encrucijada arte, ciencia y tecnología. *Jornadas de Psicodidáctica*, 18(1), 1-18.
- Connor, A. M., Karmokar, S., Whittington, C. (2015). From STEM to STEAM: Strategies for enhancing engineering & technology education. *International Journal of Engineering Pedagogy (ijEP)*, 5(2), 37-47. <https://doi.org/10.3991/ijep.v5i2.4458>
- Conradty, C., Bogner, F. X. (2018). From STEM to STEAM: How to monitor creativity. *Creativity Research Journal*, 30(3), 233-240. <https://doi.org/10.1080/10400419.2018.1488195>
- Conradty, C., Bogner, F. X. (2019). From STEM to STEAM: Cracking the code? How creativity & motivation interacts with inquiry-based learning. *Creativity Research Journal*, 31(3), 284-295. <https://doi.org/10.1080/10400419.2019.1641678>

- Conradty, C., Bogner, F. X. (2020). STEAM teaching professional development works: Effects on students' creativity and motivation. *Smart Learning Environments*, 7(1), 1-20. <https://doi.org/10.1186/s40561-020-00132-9>
- Conradty, C., Sotiriou, S. A., Bogner, F. X. (2020). How creativity in STEAM modules intervenes with self-efficacy and motivation. *Education Sciences*, 10(3), 1-15. <https://doi.org/10.3390/educsci10030070>
- Csikszentmihalyi, M. (1997). *Flow and the psychology of discovery and invention*. Harper Perennial Press.
- Csikszentmihalyi, M. (1999). Implications of a systems perspective for the study of creativity. En R. J. Sternberg, (Ed.), *Handbook of Creativity* (pp. 315-334). Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/CBO9780511807916.018>
- Csikszentmihalyi, M. (2010). Creativity. *Flow and the psychology of discovery and invention*. Harper. <https://doi.org/10.1037/10517-126>
- Csikszentmihalyi, M., Wolfe, R. (2014). New conceptions and research approaches to creativity: Implications of a systems perspective for creativity in education. En M. Csikszentmihalyi (Ed.), *The Systems Model of Creativity: The Collected Works of Mihaly Csikszentmihalyi* (pp. 161-184). Springer.
- De la Torre, S., Morais, M., Tejada, G. (2010). *Investigar y evaluar la creatividad. Modelos y alternativas*. Educreate.
- ELSayary, A., Zein, R., Antonio, L. S. (2022). Using interactive technology to develop preservice teachers' STEAM competencies in early childhood education program. *EURASIA Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, 18(2), 1-12. <https://doi.org/10.29333/ejmste/11649>
- Engelman, S., Magerko, B., McKlin, T., Miller, M., Edwards, D., Freeman, J. (2017). *Creativity in authentic STEAM education with EarSketch* [Artículo de conferencia]. ACM SIGCSE Technical Symposium on Computer Science Education. <https://doi.org/10.1145/3017680.3017763>
- Erol, A., Erol, M., & Başaran, M. (2022). The effect of STEAM education with tales on problem solving and creativity skills. *European Early Childhood Education Research Journal*, 31 (2), 243-258. <https://doi.org/10.1080/1350293X.2022.2081347>
- Escalona, T. Z., Cartagena, Y. G., González, D. R. (2018). Educación para el sujeto del siglo XXI: principales características del enfoque STEAM desde la mirada educacional. *Contextos: Estudios de Humanidades y Ciencias Sociales*, 41, 1-21.
- Fernández-Morante, C., Fernández-de-la-Iglesia, J. D. C., Cebreiro, B., Latorre-Ruiz, E. (2022). ATS-STEM: Global teaching methodology to improve competences of secondary education students. *Sustainability*, 14(12), 6986, 1-13. <https://doi.org/10.3390/su14126986>
- Gallagher, D., Grimm, L. R. (2018). Making an impact: The effects of game making on creativity and spatial processing. *Thinking Skills and Creativity*, 28, 138-149. <https://doi.org/10.1016/j.tsc.2018.05.001>
- García Fuentes, O., Raposo Rivas, M., Martínez Figueira, M. E. (2023). El enfoque educativo STEAM: una revisión de la literatura. *Revista Complutense de Educación*, 34(1), 191-202
- González-Pérez, L. I., Ramírez-Montoya, M.S. (2022). Components of education 4.0 in 21st century skills frameworks: Systematic review. *Sustainability*, 14, 1493. <https://doi.org/10.3390/su14031493>
- Guilford, J. (1950). Creativity. *American Psychologist*, 5, 444-454. <https://doi.org/10.1037/h0063487>
- Guyotte, K. W., Sochacka, N. W., Costantino, T. E., Kellam, N. N., Walther, J. (2015). Collaborative creativity in STEAM: Narratives of art education students' experiences in transdisciplinary spaces. *International Journal of Education & the Arts*, 16(15), 1-39.
- Harris, A., De Bruin, L. R. (2018). Secondary school creativity, teacher practice and STEAM education: An international study. *Journal of Educational Change*, 19, 153-179. <https://doi.org/10.1007/s10833-017-9311-2>
- Hawkins, J., Yamada, A., Yamada, R., Jacob, W. (2018). *New directions of STEM research and learning in the world ranking movement a comparative perspective*. Palgrave Macmillan. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-98666-1>

- Hong, S. O., Jung, E. J., Lee, S. Y. (2016). Development of the A-STEAM type technological models with creative and characteristic contents for infants based on smart devices. *Indian Journal of Science and Technology*, 9, 44.
- Hsiao, H. S., Chen, J. C., Chen, J. H., Zeng, Y. T., Chung, G. H. (2022). An assessment of junior high school students' knowledge, creativity, and hands-on performance using PBL via cognitive-affective interaction model to achieve STEAM. *Sustainability*, 14(9), 5582. <https://doi.org/10.3390/su14095582>
- Huang, P. S., Peng, S. L., Chen, H. C., Tseng, L. C., Hsu, L. C. (2017). The relative influences of domain knowledge and domain-general divergent thinking on scientific creativity and mathematical creativity. *Thinking Skills and Creativity*, 25, 1-9. <https://doi.org/10.1016/j.tsc.2017.06.001>
- Hunter-Doniger, T. (2021). Early childhood STEAM education: The joy of creativity, autonomy, and play. *Art Education*, 74(4), 22-27. <https://doi.org/10.1080/00043125.2021.1905419>
- Iammartino, R., Bischoff, J., Willy, C., Shapiro, P. (2016). Emergence in the US science, technology, engineering, and mathematics (STEM) workforce: An agent-based model of worker attrition and group size in high-density STEM organizations. *Complex & Intelligent Systems*, 2, 23-34. <https://doi.org/10.1007/s40747-016-0015-7>
- John-Steiner, V., Moran, S. (2003). Creativity in the making: Vygotsky's contemporary contribution to the dialectic of creativity & development. En R. K. Sawyer (Ed.), *Creativity and Development* (pp. 61-90). Oxford University Press. <https://doi.org/10.1093/acprof:oso/9780195149005.003.0003>
- Kim, E. S., Chu, H. E., Song, J. (2023). Development and impact of an intercultural STEAM program on science classroom creativity. *Asia-Pacific Science Education*, 1, 106-141.
- Klimenko, O. (2008). La creatividad como un desafío para la educación del siglo XXI. *Educación y Educadores*, 11(2), 191-210
- Lage-Gómez, C., Ros, G. (2023). How transdisciplinary integration, creativity and student motivation interact in three STEAM projects for gifted education? *Gifted Education International*, 39(2), 247-262.
- Lage-Gómez, C., Ros, G. (2024). On the interrelationships between diverse creativities in primary education STEAM projects. *Thinking Skills and Creativity*, 51, 101456.
- Lee, J. C., Wang, C. L., Yu, L. C., Chang, S. H. (2016). The effects of perceived support for creativity on individual creativity of design-majored students: A multiple-mediation model of savoring. *Journal of Baltic Science Education*, 15(2), 232. <https://doi.org/10.33225/jbse/16.15.232>
- Leroy, A., Romero, M. (2021). Teachers' creative behaviors in STEAM activities with modular robotics. *Frontiers in Education* 6, 642147. <https://doi.org/10.3389/educ.2021.642147>
- Lu, S. Y., Lo, C. C., Syu, J. Y. (2022b). Project-based learning oriented STEAM: The case of micro-bit paper-cutting lamp. *International Journal of Technology and Design Education*, 32(5), 2553-2575. <https://doi.org/10.1007/s10798-021-09714-1>
- Lu, S. Y., Wu, C. L., Huang, Y. M. (2022a). Evaluation of disabled STEAM-students' education learning outcomes and creativity under the UN sustainable development goal: project-based learning oriented STEAM curriculum with micro:bit. *Sustainability*, 14(2), 1-12. <https://doi.org/10.3390/su14020679>
- Lubart, T. I. (1999). Creativity across cultures. En R. J. Stenberg (Ed.), *Handbook of Creativity* (pp. 339-350). Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/CBO9780511807916.019>
- Manrique-Losada, B., Gómez-Álvarez, M. C., González-Palacio, L. (2020). Estrategia de transformación para la formación en informática: hacia el desarrollo de competencias en educación básica y media para la Industria 4.0 en Medellín-Colombia. *Revista Ibérica de Sistemas e Tecnologías de Informação*, 39, 1-17. <https://doi.org/10.170i3/risti.39.1-17>
- Marín-Ríos, A., Cano-Villa, J., Mazo-Castañeda, A. (2023). Apropiación de la educación STEM/STEAM en Colombia: una revisión a la producción de trabajos de grado. *Revista Científica*, 47(2), 55-70.

- McKlin, T., Magerko, B., Lee, T., Wanzer, D., Edwards, D., Freeman, J. (2018). *Authenticity and personal creativity: How EarSketch affects student persistence* [Artículo de conferencia]. 49th ACM Technical Symposium on Computer Science Education. <https://doi.org/10.1145/3159450.3159523>
- Mierdel, J., Bogner, F. X. (2020). Simply InGEN (E) ious! How creative DNA modeling can enrich classic hands-on experimentation. *Journal of Microbiology & Biology Education*, 21(2), 1-10. <https://doi.org/10.1128/jmbe.v21i2.1923>
- Miller, A. L., Dumford, A. D. (2016). Creative cognitive processes in higher education. *Journal of Creative Behaviour*, 50(4), 282-293. <https://doi.org/10.1002/jocb.77>
- Napal, M. F., Ripa, M. I. Z. (2019). *STEM. La enseñanza de las ciencias en la actualidad*. Dextra Editorial.
- Oner, A. T., Nite, S. B., Capraro, R. M., Capraro, M. M. (2016). From STEM to STEAM: Students' beliefs about the use of their creativity. *The STEAM Journal*, 2(2), 1-14. <https://doi.org/10.5642/steam.20160202.06>
- Ozkan, G., Umdu Topsakal, U. (2021). Exploring the effectiveness of STEAM design processes on middle school students' creativity. *International Journal of Technology and Design Education*, 31, 95-116. <https://doi.org/10.1007/s10798-019-09547-z>
- Page, M. J., McKenzie, J. E., Bossuyt, P. M., Boutron, I., Hoffmann, T. C., Mulrow, C. D. et al. (2021). The PRISMA 2020 statement: An updated guideline for reporting systematic reviews. *BMJ*, 372(71), 1-9. <https://doi.org/10.1136/bmj.n71>
- Papert, S. (1980). *Mindstorms: Children, computers, and powerful ideas*. Basic Books. https://worrydream.com/refs/Papert_1980_-_Mindstorms,_1st_ed.pdf
- Park, J. H., Niu, W., Cheng, L., Allen, H. (2021). Fostering creativity and critical thinking in college: A cross-cultural investigation. *Frontiers in Psychology*, 12, 1-12. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2021.760351>
- Perignat, E., Katz-Buonincontro, J. (2019). STEAM in practice and research: An integrative literature review. *Thinking Skills and Creativity*, 31, 31-43. <https://doi.org/10.1016/j.tsc.2018.10.002>
- Pifarre, M. (2019). Using interactive technologies to promote a dialogic space for creating collaboratively: A study in secondary education. *Thinking Skills and Creativity*, 32, 1-16. <https://doi.org/10.1016/j.tsc.2019.01.004>
- Píriz Giménez, N., López Larrama, M. N., Tucci, J. (2023). *Enseñanza de las ciencias desde las Aulas Creativas*. ANEP CFE.
- Rahmawati, Y., Utomo, E., Mardiah, A. (2021). The integration of STEAM-project-based learning to train students critical thinking skills in science learning through electrical bell project. *Journal of Physics: Conference Series*, 2098(1), 012040. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/2098/1/012040>
- Rufaida, S., Nurfadilah, N. (2021). The effectiveness of hypercontent module to improve creative thinking skills of prospective physics teachers. *Journal of Physics: Conference Series*, 1918 (2), e022022.
- Salmi, H., Thuneberg, H., Bogner, F. X., Fenyvesi, K. (2021). Individual creativity and career choices of pre-teens in the context of a Math-Art learning event. *Open Education Studies*, 3(1), 147-156. <https://doi.org/10.1515/edu-2020-0147>
- Sanabria, J. C., Arámburo-Lizárraga, J. (2017). Enhancing 21st century skills with AR: Using the gradual immersion method to develop collaborative creativity. *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, 13(2), 487-501. <https://doi.org/10.12973/eurasia.2017.00627a>
- Sánchez-Meca, J., Botella, J. (2010). Revisiones sistemáticas y meta-análisis: herramientas para la práctica profesional. *Papeles del Psicólogo*, 31(1), 7-17.
- Sánchez-Serrano, S., Pedraza-Navarro, I., Beltrán, A. I. (2022). ¿De qué hablo cuando hablo de innovación educativa? Una revisión sistemática. En S. Carrascal y N. Camuñas (Coords.), *Docencia y aprendizaje. Competencias, identidad y formación del profesorado* (pp. 587-606). Tirant Humanidades.

- Saorín, J. L., Melian-Díaz, D., Bonnet, A., Carrera, C. C., Meier, C., De La Torre-Cantero, J. (2017). Makerspace teaching-learning environment to enhance creative competence in engineering students. *Thinking Skills and Creativity*, 23, 188-198. <https://doi.org/10.1016/j.tsc.2017.01.004>
- Shen, S., Wang, S., Qi, Y., Wang, Y., Yan, X. (2021). Teacher suggestion feedback facilitates creativity of students in STEAM education. *Frontiers in Psychology*, 12. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2021.723171>
- Sternberg, R. J. (2009). The nature of creativity. En E. Grigorenko & J. Kaufman (Eds.), *The Essential Sternberg: Essays on Intelligence, Psychology and Education* (pp. 103-118). Springer.
- Sternberg, R. J., Lubart, T. I. (1995). Investing in creativity. *Psychological Inquiry*, 4(3), 229-232. https://doi.org/10.1207/s15327965pli0403_16
- Stoelinga, S.R., Silk, Y., Reddy, P., Rahman, N., (2015). *Final evaluation report: Turnaround arts initiative*. President's Committee on the Arts and the Humanities. <https://www.giarts.org/sites/default/files/Turnaround-Arts-Initiative-Final-Evaluation-Report.pdf>
- STEAM Education. Springer.
- Taylor, P. C. (2016). *Why is a STEAM curriculum perspective crucial to the 21st century?* Murdoch University.
- Thuneberg, H. M., Salmi, H. S., Bogner, F. X. (2018). How creativity, autonomy and visual reasoning contribute to cognitive learning in a STEAM hands-on inquiry-based math module. *Thinking Skills and Creativity*, 29, 153-160. <https://doi.org/10.1016/j.tsc.2018.07.003>
- Timotheou, S., Loannou, A. (2021). Collective creativity in STEAM Making activities. *The Journal of Educational Research*, 114(2), 130-138. <https://doi.org/10.1080/00220671.2021.1873721>
- Torrance, E. P. (1962). *Guiding creative talent*. Prentice Hall. <https://doi.org/10.1037/13134-000>
- Torrance, E.P. (1966). *The torrance tests of creative thinking-norms-technical manual research*. Personnel Press.
- Tran N. H., Huang, C. F., Hung, J. F. (2021a) Exploring the effectiveness of STEAM-based courses on junior high school students' scientific creativity. *Frontiers in Education*, 6(666792), 1-8. <https://doi.org/10.3389/educ.2021.666792>
- Tran, N. H., Huang, C. F., Hsiao, K. H., Lin, K. L., Hung, J. F. (2021b). Investigation on the influences of STEAM-based curriculum on scientific creativity of elementary school students. *Frontiers in Education*, 6(694516), 1-8. <https://doi.org/10.3389/educ.2021.694516>
- Wandari, G. A., Wijaya, A. F. C., & Agustin, R. R. (2018). The Effect of STEAM-based learning on students' concept mastery and creativity in learning light and optics. *Journal of Science Learning*, 2(1), 26-32. <https://doi.org/10.17509/jsl.v2i1.12878>
- Wannapiroon, N., Petsangri, S. (2020). Effects of STEAMification model in flipped classroom learning environment on creative thinking and creative innovation. *TEM Journal*, 9(4), 1647-1655. <https://doi.org/10.18421/TEM94-42>
- Weng, X., Ng, O. L., Cui, Z., Leung, S. (2022). Creativity development with problem-based digital making and block-based programming for science, technology, engineering, arts, and mathematics learning in middle school contexts. *Journal of Educational Computing Research*, 61(2), 1-25. <https://doi.org/10.1177/07356331221115661>
- Wilson, H. E., Song, H., Johnson, J., Presley, L., Olson, K. (2021). Effects of transdisciplinary STEAM lessons on student critical and creative thinking. *The Journal of Educational Research*, 114(5), 445-457. <https://doi.org/10.1080/00220671.2021.1975090>
- Yakman, G., 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*, 39(6), 1072-1086. <https://doi.org/10.14697/jkase.2012.32.6.1072>
- York, P., Zhang, S., Yang, M., Muthukumar, V. (2022). Crochet: Engaging secondary school girls in art for STEAM's sake. *Science Education International*, 33(4), 392-399. <https://doi.org/10.33828/sei.v33.i4.6>
- Zaqiah, Q. Y., Hasanah, A., Heryati, Y. (2024). The role of steam education in improving student collaboration and creativity: A case study in Madrasah. *Journal Pendidikan Islam*, 10(1), 101-112.

Zhan, Z., Yao, X., Li, T. (2022). Effects of association interventions on students' creative thinking, aptitude, empathy, and design scheme in a STEAM course: considering remote and close association. *International Journal of Technology and Design Education*, 33, 1773-1795. <https://doi.org/10.1007/s10798-022-09801-x>

