

La educación STEM como práctica transdisciplinar en educación secundaria y bachillerato

Cristina Chavarría Pérez ¹  <https://orcid.org/0000-0002-6340-5262>

Rocío Guede-Cid ¹  <https://orcid.org/0000-0003-3450-615X>

¹ Universidad Rey Juan Carlos (URJC), España

Resumen. En el momento científico actual, tal y como afirman Caro et al. (2020), a pesar de llevarse a cabo gran cantidad de investigaciones disciplinares, también emergen distintas formas de investigación supradisciplinar como son la multidisciplinariedad, la interdisciplinariedad y la transdisciplinariedad.

Las sociedades actuales avanzan de forma muy rápida, y los sistemas educativos no siempre evolucionan al mismo ritmo, lo que conlleva pertinentes dificultades en la implementación de nuevos planes de estudio que intentan dar respuesta a la demanda de las sociedades ante estos avances. La educación debe preparar a la ciudadanía para afrontar los retos futuros y dar una respuesta eficiente a la resolución de los problemas complejos que puedan presentarse.

Por ello, en este artículo se presenta una revisión bibliográfica para abordar la educación STEM como práctica transdisciplinar en la educación Secundaria Obligatoria y Bachillerato llevada a la práctica del aula. Para ello se han utilizado diferentes bases de datos durante los años 2015-2023, en concreto WOS (Web of Science) y SCOPUS. Con esta revisión se pretende contestar a la pregunta de si las experiencias STEM llevadas a cabo en las aulas han sido diseñadas realmente desde un enfoque transdisciplinar.

Palabras clave: STEM, transdisciplinariedad; educación secundaria; bachillerato

A educação STEM como prática transdisciplinar no ensino médio e bacharelado

Resumo. No atual momento científico, conforme Caro et al. (2020), apesar de realizar uma grande quantidade de pesquisas disciplinares, também surgem diferentes formas de pesquisas supradisciplinares, como a multidisciplinaridade, a interdisciplinaridade e a transdisciplinaridade.

As sociedades atuais avançam muito rapidamente, e os sistemas educacionais nem sempre evoluem no mesmo ritmo, o que acarreta dificuldades pertinentes na implementação de novos planos de estudo que tentem responder à exigência das sociedades face a esses avanços. A educação deve preparar os cidadãos para enfrentar os desafios futuros e dar uma resposta eficaz à resolução de problemas complexos que possam surgir.

Por isso, este artigo apresenta uma revisão bibliográfica para abordar a educação STEM como prática transdisciplinar no ensino médio obrigatório e bacharelado realizado em sala de aula. Para isso, diferentes bases de dados foram utilizadas durante os anos de 2015-2023, especificamente WOS (Web of Science) e SCOPUS. Esta revisão visa responder à pergunta sobre se as experiências STEM realizadas em sala de aula foram realmente concebidas a partir de uma abordagem transdisciplinar.

Palavras-chave: STEM, transdisciplinaridade; ensino médio; bacharelado.

STEM education as a transdisciplinary practice in secondary and high school education

Abstract. In the current scientific moment, as stated by Caro et al. (2020), despite the large amount of disciplinary research being carried out, different forms of supradisciplinary research are also emerging, such as multidisciplinary, interdisciplinarity and transdisciplinarity.

Today's societies go forward very quickly, and education systems do not always evolve at the same rate, which leads to the relevant difficulties in the implementation of new curricula that try to respond to the demands of societies related to these advances. Education must prepare citizens to face future challenges and provide an efficient response to the resolution of complex problems that may arise.

Therefore, this article presents a literature review to address STEM education as a transdisciplinary practice in secondary and high school in the classroom. For this purpose, different databases have been used during the years 2015-2023, specifically WOS (Web of Science) and SCOPUS. This review aims to answer the question of whether the STEM experiences carried out in the classroom have really been designed from a transdisciplinary approach.

Keywords: STEM; transdisciplinarity; secondary education; high school education

1. Introducción

En el momento científico actual, tal y como afirman [Caro et al \(2020\)](#), a pesar de llevarse a cabo gran cantidad de investigaciones disciplinares, también emergen distintas formas de investigación supradisciplinar como son la multidisciplinariedad, la interdisciplinariedad y la transdisciplinariedad.

Estos términos supradisciplinares pueden definirse conforme los mismos autores de la siguiente manera:

- La multidisciplinariedad va a ser entendida como la práctica de la investigación donde se produce la yuxtaposición de modelos tanto teóricos como metodológicos de diferentes disciplinas, para dar respuesta a una pregunta de investigación donde cada especialista trabaja en su disciplina.
- La interdisciplinariedad será entendida como la práctica de la investigación donde también se va a producir una yuxtaposición de modelos, pero a diferencia de la multidisciplinariedad, en este caso se abordará la pregunta de investigación a través de un diálogo, una colaboración coordinada y una transferencia de modelos y herramientas metodológicas entre las diferentes disciplinas.
- La transdisciplinariedad también será la práctica de la investigación, pero dando un paso más en la integración de las distintas disciplinas, de forma que estas se articularán de tal manera que generaran nuevas parcelas de conocimiento, superándose así los límites de las disciplinas que forman parte de la investigación.

Considerando las definiciones anteriormente mencionadas, puede observarse como se ha llevado a cabo una integración gradual de los términos, lo que implica también la integración gradual de las diferentes disciplinas.

Con la integración de las distintas disciplinas ha tenido lugar toda una serie de interpretaciones educativas del término STEM (Science, Technology, Engineering and Mathematics). A pesar de haber pasado más de treinta años de la aparición del término en la National Science Foundation (NSF), es con la integración de estas disciplinas donde se le da al término STEM un enfoque integrador denominándolo educación STEM integrada tal y como señalan [Kelley y Knowles \(2016\)](#), suponiendo esto los inicios de una línea de investigación y práctica educativa. A las disciplinas incluidas en el acrónimo STEM se ha añadido recientemente el arte, dando lugar al término STEAM como afirman los autores [Ortiz-Revilla et al \(2021\)](#).

Autores como [Herro y Quigley \(2017\)](#) entienden que los problemas a los que se enfrenta la sociedad no pueden ser resueltos de una manera aislada desde una disciplina, sino que debe haber una integración de estas, cobrando la transdisciplinariedad especial importancia en esta integración.

A pesar de la utilización del término transdisciplinar para referirse a la educación STEM/STEAM por algunos autores, sigue existiendo una mezcla de las supradisciplinas al trabajar con este tipo de educación. Autores como [Lin y Tsai \(2021\)](#) crean un modelo pedagógico cuyo objetivo es implementar planes de estudio interdisciplinares donde se unen las ciencias, la tecnología, la ingeniería, el arte y las matemáticas. Por su parte, [Chu et al. \(2019\)](#) proponen en un contexto intercultural una fundamentación

teórica destinada a los docentes para el desarrollo de un programa STEAM destinado a mejorar el aprendizaje y la enseñanza de las ciencias, integrando en ello la multidisciplinariedad, la interdisciplinariedad y la transdisciplinariedad.

La mezcla de esta amalgama de terminologías en las diferentes etapas educativas deja patente la necesidad de profundizar en el estudio del uso de la transdisciplinariedad en la educación STEM/STEAM, pues como señalan [Tovar y López \(2021\)](#), ésta ayudará a obtener una comprensión multicomplementaria de las personas que integran las organizaciones que sufren transformaciones y adaptaciones, dependiendo del contexto en el que se encuentren. Por ello, también cabe resaltar la importancia de la educación superior en este contexto, siendo los participantes de ella, los que formarán y dirigirán las organizaciones futuras con la evolución y cambios que se generen en este camino.

Autores como [Bernate y Guativa \(2020\)](#), realizan un estudio de las tendencias y desafíos de los sistemas educativos situándolos en un contexto de lo que llaman la cuarta revolución industrial. Plantean citando a [Piña y Senior \(2020\)](#), que las sociedades pueden tomarse las revoluciones como crisis u oportunidades, debiendo preparar a la ciudadanía para todos los cambios necesarios en estas situaciones, y que es la educación STEAM la que se implementa en diferentes instituciones formativas para la estructuración y orientación del sistema educativo.

No solamente existen estudios en educación formal STEM/STEAM, también se han llevado a cabo en el ámbito de la educación no formal, como el llevado a cabo por [Zapata y Carmona-Mesa \(2021\)](#), donde realizan un análisis documental de los desarrollos y desafíos de la educación STEM/STEAM no formal iberoamericana. Los autores afirman la existencia de escasa discusión relacionada con la integración de disciplinas de la educación STEAM en el ámbito no formal, y citando a [Domènech-Casal et al. \(2019\)](#) afirman que la discusión que pueda existir en torno a la interdisciplinariedad es compleja, situando sus investigaciones en torno a la monodisciplinariedad y la multidisciplinariedad, primando la suma de disciplinas más que sus conexiones.

Una vez más, puede observarse lo esquivo y complejo de los términos al ser utilizados en lo que respecta no solamente en lo referido a la educación formal, sino que también se extiende a la educación informal cuando se trata de educación STEM/STEAM.

En la nueva Ley Orgánica 3/2020, de 29 de diciembre, por la que se modifica la Ley Orgánica 2/2006, de 3 de mayo, de Educación (LOMLOE) se promueve un modelo de aprendizaje competencial, siendo una de las ocho competencias que propone la competencia Matemática y en Ciencia y Tecnología, denominada competencia STEM. La inclusión de esta competencia implica la agrupación de asignaturas por ámbitos con la complejidad que ello entraña, especialmente cuando se tiene que implementar en las aulas. Y no solamente por la literatura existente sobre las terminologías utilizadas, sino también por la nueva legislación en materia de educación, es por lo que en este trabajo se estudia la relación o conexión de la realidad de las aulas con la implementación de la educación STEM en la etapa de Educación Secundaria Obligatoria y Bachillerato desde un enfoque transdisciplinar.

2. Objetivos de investigación

Por todo lo expuesto en las líneas anteriores, en la investigación llevada a cabo se pretende alcanzar el siguiente objetivo:

- Desarrollar una revisión bibliográfica para detectar la aplicación en el aula de experiencias STEM diseñadas desde un enfoque educativo transdisciplinar en la etapa de Educación Secundaria Obligatoria y Bachillerato, y conocer la evaluación de su aplicación en los estudiantes, así como las conclusiones de los autores en el desarrollo de las experiencias desarrolladas desde esta perspectiva.

A continuación, se describe la metodología llevada a cabo para el desarrollo del objetivo expuesto en las líneas anteriores.

3. Metodología

Para llevar a cabo la revisión bibliográfica, se han tenido en cuenta las recomendaciones de la declaración PRISMA (Preferred Reporting Items for Systematic reviews and Meta-Analyses), un recurso creado para mejorar la calidad que va a dotar al estudio de una mayor claridad y transparencia (Urrútia y Bonfill, 2010).

En la misma línea que Gil (2002), el trabajo llevado a cabo contiene una serie de pasos como son la elección del tema, estudio bibliográfico preliminar, formulación del problema, elaboración del plan temático provisional, búsqueda de fuentes, lectura de materiales, organización del tema y redacción de la investigación. Y siguiendo el esquema utilizado por Sánchez y Martínez (2021), donde se resumen los pasos mencionados en las líneas anteriores, en la Figura 1 se muestran los pasos seguidos para llevar a cabo el presente estudio.

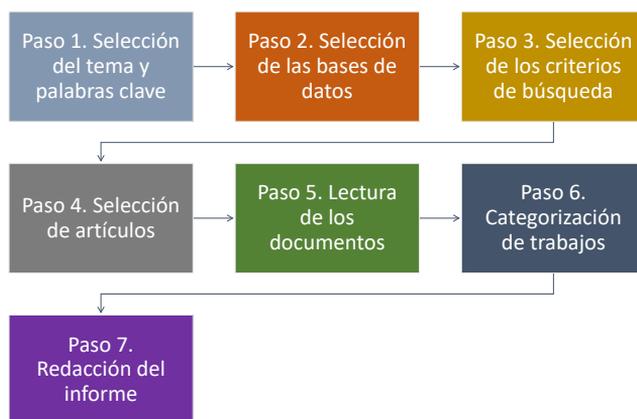


Figura 1. Pasos definidos para el análisis bibliográfico. Elaboración propia
Fuente: elaboración propia.

A continuación, se describen con detalle los pasos seguidos para llevar a cabo la revisión bibliográfica que se presenta en este trabajo.

Paso 1. Selección de tema y palabras clave. El tema seleccionado para llevar a cabo este estudio ha sido la detección en la literatura de la educación STEM como práctica transdisciplinar en el marco de la educación Secundaria Obligatoria y

Bachillerato, utilizando las siguientes palabras clave para realizar las búsquedas en las bases de datos: *STEM* y *transdisciplin** en el campo *topic*, seleccionando de esta forma todos los documentos que cuentan con los términos indicados en el título, o en el *abstract*, o en las palabras clave definidas por los autores.

Paso 2. Selección de las bases de datos. Las bases de datos elegidas para llevar a cabo el estudio han sido las siguientes: Web of Science (WOS) y SCOPUS. Estas bases de datos permiten tener una visión de alto nivel del nivel de la producción investigadora en todos los ámbitos científicos.

La razón por la WOS fue elegida para trabajar es el alto nivel científico que aporta su composición, ya que está compuesta por la colección básica Core Collection que abarca los índices de Ciencias, Ciencias Sociales y Artes y Humanidades, además de los Proceedings tanto de Ciencias como de Ciencias Sociales y Humanidades junto con las herramientas para análisis y evaluación, como son el Journal Citation Report y Essential Science Indicators. Cuenta también con las bases de datos que la complementan incluidas en la licencia para España: Medline, Scielo y Korean Citation Index.

La base de datos SCOPUS ha sido seleccionada por la misma razón, es una base de datos de referencias bibliográficas y citas perteneciente a la empresa Elsevier, de literatura peer review y contenido web de calidad, con herramientas para el seguimiento, análisis y visualización de la producción investigadora de alto nivel.

Paso 3. Selección de los criterios de búsqueda. Los criterios utilizados para buscar la información fueron los siguientes: documentos producto de trabajos de investigación relacionados con las palabras clave mencionadas en el paso uno durante los años 2015 a 2023. También se tuvieron en cuenta como criterios para la selección final de los contenidos los que podían ser obtenidos de manera online y sin pago alguno.

Paso 4. Selección de artículos. Los artículos han sido seleccionados siguiendo los criterios mencionados en líneas anteriores, también han sido utilizados los siguientes filtros: tipología del documento y el intervalo de años seleccionado, siendo los documentos seleccionados artículos de revista. Además de la selección de artículos con el cumplimiento de los criterios planteados, también se comenzó con la identificación de los trabajos que daban respuesta al objetivo planteado en este trabajo.

Con relación a la búsqueda realizada, en WOS se obtuvieron un total de 211 documentos y en SCOPUS un total de 193 documentos. El primer refinado que se aplicó para acotar la cantidad de artículos obtenidos fue el de tipo de documento, seleccionando únicamente los artículos. Este refinado redujo los resultados a 147 documentos en WOS y 100 documentos en SCOPUS. Posteriormente, se aplicó el siguiente nivel de refinado, que consistía en la inclusión de documentos publicados entre los años 2015 y 2023. Este paso redujo el número de artículos a 116 y 80 respectivamente. Por último, se aplicó un refinado relacionado con el idioma del artículo, incluyendo únicamente los documentos en inglés y en español. Como resultado, se obtuvo una selección de 110 artículos de WOS y 78 artículos de SCOPUS. De estos 188 artículos, 57 figuraban en ambas bases de datos, por lo que, tras eliminar los duplicados, la selección estaba formada por 131 artículos.

Paso 5. El paso siguiente consistió en la lectura del título, resumen y palabras clave de los 131 artículos filtrados. De estos, se eliminaron 61 porque no pertenecían al tema objeto de estudio encuadrado dentro de la educación STEM (criterio 1 de exclusión). Los artículos descartados en su mayoría trataban sobre temas sanitarios, y también había un número considerable de investigaciones sobre sostenibilidad y urbanismo. A continuación, se descartaron 20 artículos por tratar la temática STEAM (criterio 2 de exclusión), debido a que el presente trabajo se centra en el análisis de propuestas transdisciplinares dentro de la educación STEM, sin ampliar a la educación STEAM, objetivo que se abordará en una futura investigación.

De esta forma, quedaron 50 documentos que abordaban de alguna manera la transdisciplinariedad en la educación STEM, si bien 12 de ellos lo hacían desde una perspectiva generalista o filosófica, no relacionada con el tipo de artículo que se pretende analizar en esta investigación, centrada en observar cómo se puede utilizar un enfoque STEM realmente transdisciplinar con estudiantes de Educación Secundaria, por tanto, fueron descartados (criterio 3 de exclusión).

Los 48 artículos restantes se leyeron completamente. De estos, 40 constituían investigaciones desarrolladas en etapas educativas distintas a la de educación secundaria y bachillerato (criterio 4 de exclusión). En la mayor parte de los documentos se analizaban propuestas en el ámbito universitario, encontrándose también algunas en la etapa de Educación Primaria y de Postgrado.

De este modo, con la aplicación de los cuatro criterios mencionados los artículos seleccionados fueron 8, de los que se descartaron 4 de ellos por tratarse de investigaciones en las que el objeto de estudio era el profesor STEM de secundaria y bachillerato, no los estudiantes (criterio 5 de exclusión). Por lo tanto, los artículos seleccionados para una revisión final fueron 4, tal y como puede observarse en la Figura 2.

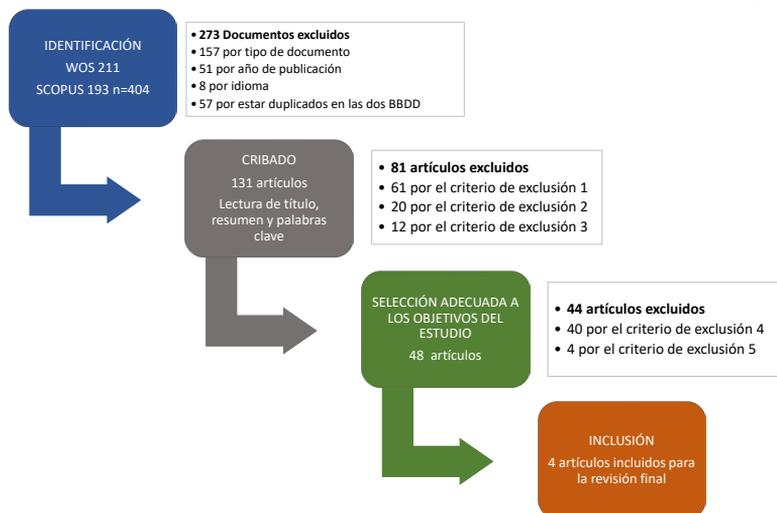


Figura 2. Diagrama de flujo del proceso de selección de artículos. Elaboración propia
Fuente: elaboración propia.

Para llevar a cabo el proceso que se describe en la Figura 2, los documentos obtenidos fueron organizados en carpetas a través de la asignación de códigos numéricos relacionados con la temática y los criterios tenidos en cuenta para la elaboración del presente trabajo. También se redactó un resumen de cada uno de estos documentos, así como lo que se incluía dentro de ellos también a modo de resumen, la metodología utilizada en cada uno de ellos y sus principales conclusiones.

Paso 6. Categorización de trabajos. Los criterios empleados para llevar a cabo la categorización tras la lectura de los documentos fueron los siguientes:

- **Criterio de análisis 1:** Partiendo de la organización de documentos descrita en el paso anterior, se identificaron los años en los que fueron publicados los artículos y el idioma original en el que lo hicieron.
- **Criterio de análisis 2:** Partiendo de los resúmenes redactados en el paso anterior, se identificaron las áreas de conocimiento donde fueron llevadas las prácticas llevadas las prácticas STEM a las aulas.
- **Criterio de análisis 3:** Además de los dos criterios anteriormente mencionados, en este último criterio se identificaron las principales conclusiones a las que se llegaron cada uno de los artículos finalmente seleccionados.

Paso 7. Redacción del informe. Como paso final del estudio se lleva a cabo la redacción del presente artículo teniendo en cuenta el objetivo planteado, las categorizaciones llevadas a cabo y expuestas en el paso anterior

4. Resultados y conclusiones

Tal y como se indica en el presente estudio, la educación STEM cobra un protagonismo importante en la educación actual especialmente teniendo en cuenta los cambios que se han dado en la nueva legislación relativa a educación en todas las etapas que la conforman en España. Pero estos cambios no solamente ocurren a nivel nacional o a nivel legislativo, sino que también se dan a nivel internacional, existiendo un intercambio constante de información que influye en las prácticas que se llevan a cabo en las aulas debido a la globalización existente y a un intercambio científico constante.

El objetivo principal de este estudio consiste en detectar las experiencias STEM transdisciplinarias en la etapa de Educación Secundaria Obligatoria y Bachillerato existentes en la literatura científica actual, siendo identificados solamente 4 artículos donde claramente se expresa que estas prácticas STEM son transdisciplinarias.

En el estudio llevado a cabo por [Huang et al. \(2022\)](#), al detectar la necesidad en el mundo científico de llevar a cabo más pruebas empíricas para poder así informar a educadores y profesionales sobre qué estrategias educativas funcionan y cuales no en un contexto pandémico, diseñaron y pusieron en práctica un proyecto de investigación donde se diseñó y se aplicó un plan de estudios STEM transdisciplinario durante la epidemia covid-19. Los resultados de las pruebas previas y posteriores que se llevaron a cabo, indicaron que los conocimientos transdisciplinarios de los estudiantes en STEM mejoraron significativamente después de completar el mencionado plan de estudios. Al integrar disciplinas STEM con servicio social y escritura hizo que se promoviese un crecimiento de la empatía, el interés y la autoeficacia de los estudiantes.

En el trabajo llevado a cabo por [Huri y Karpudewan \(2019\)](#), se proponen actividades integradas de STEM-lab en la enseñanza y el aprendizaje de la electrolisis. Los autores exponen que las actividades utilizan contextos del mundo real como plataforma para exhibir la naturaleza transdisciplinaria de la integración de las cuatro disciplinas STEM, así como que los hallazgos que encontraron sugieren que las actividades de laboratorio de Integrated-STEM son adecuadas para abordar la limitación de las actividades de laboratorio existentes para la construcción del conocimiento. Asimismo, afirman que las actividades propuestas son adecuadas para integrar las cuatro disciplinas STEM en el plan de estudios estándar de ciencias.

Todo ello lo concluyen en consonancia con la afirmación de que la ausencia de una definición específica dada para STEM integrado, junto con la falta de conocimiento pedagógico relacionado con STEM de los maestros, genera confusión entre los educadores STEM para continuar con la educación STEM. De esta forma, los autores afirman que las pedagogías STEM son efectivas para abordar la comprensión conceptual y proporcionan evidencias de que las actividades integradas de STEM-lab son actividades mentales que abarcan la naturaleza del aprendizaje significativo.

Los autores [Rupnik y Avsec \(2020\)](#) exploran los efectos de un enfoque educativo transdisciplinario en la alfabetización tecnológica, en concreto, diseñan una tarea donde se incluyen varios contextos y conceptos tecnológicos de la vida real que requieren el conocimiento de otras disciplinas para resolver, crear y adquirir nuevos conocimientos al mismo tiempo que se desarrollan actitudes positivas hacia la tecnología sostenible. Concluyen al poner en práctica la experiencia con 242 estudiantes que se confirma la importancia y los efectos de un enfoque educativo transdisciplinario. Un enfoque transdisciplinario en el aula de tecnología durante un curso de 35 semanas afectó a las actitudes de los estudiantes hacia la tecnología y, en particular, se redujo la dificultad percibida de la tecnología. Un enfoque transdisciplinario impartido a un nivel cognitivo superior aumenta el interés de los alumnos por la tecnología y su conciencia de las consecuencias de la tecnología, concluyendo también que los alumnos que experimentan la enseñanza transdisciplinaria perciben la materia de diseño y tecnología en términos más amplios a pesar de la existencia que pueda haber de ideas erróneas sobre lo que comprende la tecnología.

En el último artículo de los seleccionados para este estudio, llevado a cabo por [Seroy et al. \(2020\)](#), se parte de la afirmación de que, si bien existen recursos específicos de cada disciplina, las oportunidades transdisciplinarias que integran la enseñanza de la ingeniería son limitadas, existiendo pocas oportunidades realmente transdisciplinarias que integren la enseñanza de la ingeniería y el desarrollo de habilidades tecnológicas para contextualizar los conceptos científicos básicos. Por ello, presentan un módulo adaptable que integra la educación tecnológica práctica y el aprendizaje basado en el lugar para mejorar la comprensión de los estudiantes de los conceptos clave de la química en su relación con la ciencia ambiental local.

El módulo fue probado en tres cursos diferentes de Educación Secundaria, uno de Química, otro de Oceanografía y otro de Ciencias Ambientales de nivel avanzado. Los estudiantes mostraron en sus evaluaciones una mejora significativa de los conocimientos de los tres cursos, manifestando también una mayor confianza en el material, incluso cuando sus conocimientos sobre el contenido seguían siendo los mismos.

Como puede observarse, son escasas las experiencias STEM transdisciplinares implementadas en las aulas descritas en la literatura tal y como afirman los autores mencionados en las líneas anteriores. Pero a pesar de ser escasas, también es evidente que los resultados obtenidos en el proceso de aprendizaje del alumnado son significativos.

También en los estudios abordados en esta investigación bibliográfica los autores se ponen de acuerdo en manifestar la falta de análisis empírico de experiencias implementadas previamente de forma práctica en el aula. De esta forma, los profesionales de la educación podrían obtener información sobre las prácticas que funcionan mejor y las que podrían reportar un mayor beneficio a los estudiantes, y conocer si estas actividades integran realmente las disciplinas contenidas en la educación STEM de una forma transdisciplinar.

Otra de las cosas que ponen de manifiesto es la ausencia de una definición específica de STEM integrado, así como la falta de conocimiento por parte del profesorado para llevar a cabo la mencionada integración de las disciplinas desde un punto de vista transdisciplinar de las mismas.

Para concluir, y abordando futuras líneas de investigación, consideramos que este trabajo debe ser ampliado agregando también la educación STEAM al estudio. De esta forma, podría estudiarse si las investigaciones existentes que contemplan la educación STEAM desde un enfoque educativo transdisciplinar son también escasas con respecto a la descripción y evaluación de prácticas llevadas a cabo en las aulas de Secundaria y Bachillerato, y si con ellas se obtienen aprendizajes significativos por parte del alumnado. Asimismo, sería interesante conocer si se detecta la misma problemática en cuanto a la definición específica del término STEAM y si se detectan los mismos problemas en cuanto a la formación del profesorado para poder aplicarlo en las aulas.

Bibliografía

- Bernate, J. y Guativa, J. A. V. (2020). Desafíos y tendencias del siglo XXI en la educación superior. *Revista de Ciencias Sociales*, 26(2), 141-154.
- Caro, J., Díaz-de la Fuente, S., Ahedo, V., Zurro, D., Madella, M., Galán, J. M., ... y Olmo, R. D. (2020). Multidisciplinariedad, interdisciplinariedad, transdisciplinariedad. In Terra Incognita [Recurso electrónico]: *Libro blanco sobre transdisciplinariedad y nuevas formas de investigación en el Sistema Español de Ciencia y Tecnología* (pp. 15-20). PressBooks.
- Chu, H. E., Martín, S. N. y Park, J. (2019). A theoretical framework for developing an intercultural STEAM program for Australian and Korean students to enhance science teaching and learning. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 17, 1251-1266.
- Domènech-Casal, J., Lope, S., y Mora, L. (2019). Qué proyectos STEM diseña y qué dificultades expresa el profesorado de secundaria sobre Aprendizaje Basado en Proyectos. *Revista Eureka sobre enseñanza y divulgación de las ciencias*, 16(2), 1-16.
- Gil, A. C. (2002). *Como elaborar proyectos de pesquisa* (Vol. 4, p. 175). São Paulo: Atlas.
- Herro, D. y Quigley, C. (2017). Exploring teachers' perceptions of STEAM teaching through professional development: implications for teacher educators. *Professional Development in Education*, 43(3), 416-438.

- Huang, B., Jong, M. S. Y. y Chai, C. S. (2022). The design and implementation of a video-facilitated transdisciplinary STEM curriculum in the context of COVID-19 pandemic. *Educational Technology & Society*, 25(1), 108-123.
- Huri, N. H. D. y Karpudewan, M. (2019). Evaluating the effectiveness of Integrated STEM-lab activities in improving secondary school students' understanding of electrolysis. *Chemistry Education Research and Practice*, 20(3), 495-508.
- Kelley, T. R. y Knowles, J. G. (2016). A conceptual framework for integrated STEM education. *International Journal of STEM education*, 3, 1-11.
- Lin, C. L. y Tsai, C. Y. (2021). The effect of a pedagogical STEAM model on students' project competence and learning motivation. *Journal of Science Education and Technology*, 30(1), 112-124.
- Ortiz-Revilla, J., Sanz-Camarero, R. y Greca-Dufranc, I. M. (2021). Una mirada crítica a los modelos teóricos sobre educación STEAM integrada. *Revista Iberoamericana de Educación*. <https://doi.org/10.35362/rie8724634>
- Piña, L. E. y Senior, A. (2020). Estudio de la ciencia, tecnología e innovación desde perspectivas multitécnicas. *Revista de Ciencias Sociales (Ve)*, XXVII(3), 312- 326.
- Rupnik, D. y Avsec, S. (2020). Effects of a Transdisciplinary Educational Approach on Students' Technological Literacy. *Journal of Baltic Science Education*, 19(1), 121-141.
- Sánchez, D. L. V. y Martínez, A. G. (2021). Educación STEM, un campo de investigación emergente: análisis bibliométrico entre 2010-2020. *Investigações em Ensino de Ciências*, 26(3), 195.
- Seroy, S. K., Zulmuthi, H. y Grünbaum, D. (2020). Connecting chemistry concepts with environmental context using student-built pH sensors. *Journal of Geoscience Education*, 68(4), 334-344.
- Tovar, L. C. Á. y López, A. C. (2021). La importancia del pensamiento complejo y de la transdisciplinariedad para el estudio de las organizaciones. *Administración y organizaciones*, 24(46), 10-29.
- Urrútia, G. y Bonfill, X. (2010). Declaración PRISMA: una propuesta para mejorar la publicación de revisiones sistemáticas y metaanálisis. *Medicina clínica*, 135(11), 507-511.
- Zapata, S. A. y Carmona-Mesa, J. A. (2021). Análisis documental sobre la educación STEM/STEAM no formal en la enseñanza de las ciencias y las matemáticas: El caso de Iberoamérica. *Revolución en la Formación y la Capacitación para el Siglo XXI*, 442.

Cómo citar en APA:

Chavarría, C. y Guede-Cid, R. (2023). La educación STEM como práctica transdisciplinar en educación secundaria y bachillerato. *Revista Iberoamericana de Educación*, 92(1), 61-70. <https://doi.org/10.35362/rie9215804>