

ESTUDIO EXPLORATORIO DE LAS STEAM DESDE LAS MATEMÁTICAS

Teresa F. Blanco

Universidad de Santiago de Compostela

Valeria González-Roel

Universidad de Santiago de Compostela

Antía Álvarez Ares

Universidad de Santiago de Compostela

Resumen:

En este artículo se realiza una revisión bibliográfica preliminar de propuestas STEAM (Science, Technology, Engineering, Art y Mathematics) desde la óptica de las matemáticas. El objetivo es determinar el tratamiento que las matemáticas reciben en las mismas y qué contenidos matemáticos específicos se trabajan. Se toma una muestra de 47 propuestas STEAM de una base de datos concreta. La investigación es cuantitativa, construyendo un instrumento de análisis que atiende a nueve indicadores. Los resultados muestran que la matemática es la disciplina más presente y que su función es eminentemente instrumental.

Palabras clave:

Revisión bibliográfica. STEAM.
Propuestas. Matemáticas.

Abstract:

In this article, a preliminary bibliographic review of STEAM (Science, Technology, Engineering, Art and Mathematics) proposals from the perspective of mathematics is carried out. The objective is to determine the treatment that mathematics receive in them and which specific mathematical contents are worked on. A sample of 47 STEAM proposals is taken from a specific database. The research is quantitative, building an analysis instrument that addresses nine indicators. The results show that mathematics is the most present discipline and that its function is eminently instrumental.

Keywords:

Bibliographic review. STEAM.
Proposals. Mathematics.

Introducción

El rol del docente en el proceso educativo y en general, la escuela, deben afrontar un proceso de transformación para adaptarse a las nuevas demandas del s. XXI (Lapertosa, Burgos, Firman, Burghardt y Romero, 2017). Para dar respuesta a estas nuevas necesidades se ha comenzado a introducir, en las escuelas, la educación STEAM (acrónimo en inglés de Science, Technology, Engineering, Art y Mathematics). Esta educación hace referencia a una manera de enseñar y aprender integrando dichas disciplinas de una forma eminentemente práctica y resolviendo problemas reales para evitar que se vean como ámbitos aislados, sin ninguna aplicación real y aumentando el interés y la motivación del alumnado (Couso, 2017; García Cartagena, Reyes González y Burgos Oviedo, 2017; Gorgal, Blanco, Salgado y Diego-Mantecón, 2017; Moore y Smith, 2014).

Actualmente, esta corriente está sufriendo un gran auge con múltiples proyectos impulsados por distintas instituciones, tanto públicas como privadas, para promover iniciativas STEAM. Así mismo, la cantidad de trabajos y artículos publicados relacionados con esta temática también ha aumentado considerablemente, incluso son frecuentes los monográficos sobre STEAM en diversas revistas científicas.

Teniendo en cuenta lo anterior, en este artículo se lleva a cabo un estudio de carácter exploratorio cuyo objetivo es realizar una revisión bibliográfica de la producción científica en el ámbito de las STEAM. Esta revisión se focaliza en los aspectos relacionados con las matemáticas y está centrada en aquellos artículos en los que se exponen proyectos o actividades. La pregunta de investigación se formula de la siguiente manera: ¿qué papel juegan las matemáticas en las propuestas STEAM y qué contenidos matemáticos se trabajan?

Propuestas didácticas STEAM

Las propuestas didácticas STEAM, en forma de actividades o proyectos, llevan asociadas una metodología basada en el trabajo colaborativo y centrada en el aprendizaje interdisciplinar a través de la investigación (Escalona, Cartagena y González, 2018). Así, por ejemplo, el alumnado aprende ciencias reproduciendo el proceso de investigación que sigue esta disciplina para crear conocimiento (Artigue y Blomhoj, 2013). Se formula una pregunta de investigación, se diseñan experimentos y/o se recogen datos, se obtienen conclusiones de estos y, a partir de ellos, se trata de explicar el fenómeno (Domènech Casal, 2019a).

Como señalan distintos estudios (Atkinson y Mayo, 2010; Domènech Casal, 2019b), en la práctica, la interdisciplinariedad que exigen las STEAM no está presente en muchos de las propuestas, trabajándose las diferentes materias implicadas de forma poco integrada y con poca profundidad. Lograr la interdisciplinariedad de contenidos de las diferentes disciplinas resulta bastante complejo, puesto que cada una tiene un enfoque epistémico diferente, no solo se diferencian en el conjunto de conocimientos específicos y en las formas de hacer, sino también en los valores y objetivos (Couso, 2017; National Research Council, 2012).

Frecuentemente, la mayoría de las propuestas están orientadas por una de las disciplinas en las que se busca el uso del conocimiento del resto (Simarro y Couso, 2018). En algunos casos las actividades se centran en ciencia y matemáticas, dejando de lado la ingeniería, la tecnología y el arte e ignorando su importante papel en la formación de los estudiantes en el creciente mundo digital (English, 2015). Otras se centran en el uso de las nuevas tecnologías, en la parte artística o en la adquisición de ciertas competencias transversales como el trabajo en equipo, la comunicación y la creatividad. En estos casos, la ciencia y las matemáticas pasan a ser simples herramientas en el diseño de soluciones, en vez de presentarse como disciplinas que proporcionan otras formas de hacer, pensar y comunicarse (Simarro y Couso, 2018).

Escalona et. al (2018) recogen los siguientes requisitos para la construcción de una propuesta didáctica STEAM: (1) Gira en torno a un tema vinculado al mundo real y próximo al contexto de los estudiantes, de forma que este sea motivador y que aumente su confianza e interés por las áreas STEAM; (2) Se orienta hacia la resolución de un problema, y este a su vez, hacia la creación de un producto por parte de los estudiantes, priorizando el desarrollo de ciertas habilidades frente los contenidos; (3) Las disciplinas que componen STEAM se presentan integradas de forma interdisciplinaria y conectadas con el tema central; (4) El estudiante es el protagonista, trabajando principalmente de manera colaborativa y el docente actúa como simple guía; (5) Se incorpora el uso de la tecnología y la creación artística como herramientas; (6) La propuesta finaliza con la presentación y evaluación de un producto diseñado por los estudiantes. Se evalúa tanto el proceso como el producto, concediendo más importancia al primero. Sin embargo, debido a la dificultad que supone el hecho de integrar todas las áreas en un sólo proyecto, como se ha visto en párrafos anteriores, será muy común considerar como una propuesta STEAM cualquiera que integre dos o más de estas disciplinas, siempre que se cumplan los otros requisitos característicos de las propuestas STEAM que anteriormente se mencionaron (Chen, 2009).

Aprendizaje de las Matemáticas y STEAM

El aprendizaje de las matemáticas se define como un proceso en el que el alumnado debe comprender los conceptos matemáticos y las relaciones entre ellos y desarrollar el dominio de ciertos procedimientos y habilidades para usar en el análisis e interpretación de distintas situaciones (Lesh e Doerr, 2003; English, Lesh y Fennewald, 2008). Vemos entonces dos vertientes en dicho aprendizaje, una de carácter práctico, que es el saber hacer; y otra de carácter intrínseco como es el saber. Desde la primera vertiente, el aprendizaje de las matemáticas lleva a que el alumnado comprenda los conceptos matemáticos, conozca la descripción, explicación y justificación de las técnicas que emplea, así como su fundamentación (Búa, Blanco y Portugal, 2016). Desde la segunda vertiente, se consideran las matemáticas como un saber encaminado a su aplicación para resolver problemas contextualizados, preferentemente relacionados con la realidad del alumnado. Este tipo de problemas crean un entorno de enseñanza que favorece el aprendizaje interdisciplinar y colaborativo. Por lo tanto, las propuestas STEAM constituyen un contexto adecuado para llevar a cabo dicho aprendizaje, integrándolo con otras disciplinas (Alsina y Salgado, 2018; Bonotto, 2010).

Son muchas las propuestas STEAM en las que el aprendizaje de las matemáticas se realiza atendiendo a la vertiente de la aplicación práctica, del conocimiento aplicado, sin existir ninguna reflexión acerca de la propia disciplina. Por ejemplo, es frecuente encontrar propuestas centradas en la programación, principalmente en infantil y primaria, que favorecen notablemente los procesos de argumento matemático y las habilidades de resolución de problemas (Clements y Sarama, 2002; Shute, Sun y Asbell-Clarke, 2017). Sin embargo, resulta complicado encontrar propuestas STEAM centradas en las matemáticas desde la vertiente del saber en sí mismo, donde se cuestione y analice la verdadera comprensión de los conceptos matemáticos implicados. De esta forma se está descuidando una parte fundamental del aprendizaje de esta disciplina (Simarro y Couso, 2018).

Metodología

La investigación llevada a cabo es de carácter exploratorio al centrar la búsqueda de artículos con propuestas STEAM en una sola base de datos y obtener así una primera aproximación de las características de esas propuestas. Es una investigación cuantitativa, recopilando y analizando los datos de forma estructurada para proporcionar resultados basados en datos numéricos. La búsqueda se ha centrado principalmente en Dialnet, la mayor base de datos de artículos científicos hispanos, accesible de modo gratuito en Internet. Se han utilizado los siguientes descriptores para simplificar la búsqueda: ‘educación STEAM’, ‘educación STEM’, ‘proyectos STEAM’, ‘proyectos STEM’ y ‘CTIM’ (acrónimo de ciencia, tecnología, ingeniería y matemáticas). No se aplicó ningún otro filtro, obteniéndose como resultado un total de 328 artículos. De esos, sólo 23 hacen alusión a proyectos o actividades, el resto abordan las STEAM desde una perspectiva teórica. La muestra se amplía con las referencias bibliográficas a las que llevan los artículos encontrados, obteniéndose una muestra final conformada por un total de 47 artículos.

El instrumento de análisis de datos se ha elaborado teniendo en cuenta los siguientes indicadores: (i1) Año de publicación del artículo; (i2) Número de autores; (i3) Disciplinas de los autores; (i4) Nivel y curso al que se dirige la propuesta; (i5) Disciplinas STEAM que incorpora la propuesta; (i6) Disciplinas STEAM que aparecen explícitamente recogidas en el documento; (i7) Contenidos matemáticos que se trabajan; (i8) Especificación de contenidos matemáticos en cada propuesta; y (i9) Las matemáticas como objetivo a trabajar de la propuesta.

Para recoger todos los datos anteriores se ha construido una tabla con los distintos indicadores que se aplicaron a cada artículo analizado. En ella, se incluye un título y un pequeño resumen de cada propuesta. Se incorpora, además, un apartado de observaciones en el que se recoge otro tipo de información que puede ser de interés, como dificultades observadas en la puesta en práctica y motivación de los alumnos hacia estas propuestas.

Resultados y discusión

Los resultados y su discusión se presentan en apartados atendiendo a la agrupación de varios de los indicadores del instrumento de análisis. El primero se centra en el año de publicación (i1); el segundo agrupa el número de autores y sus disciplinas (i2 e i3); el tercero marca el nivel educativo al que se dirigen (i4); el cuarto muestra los resultados relacionados con las disciplinas trabajadas en las propuestas (i5 e i6); y el quinto, agrupa los contenidos matemáticos y la forma en la que estos son tratados (i7, i8 e i9).

Año de publicación

El 93,6% de los artículos fueron publicados en el periodo 2017—2019, a partir de ahí solo se publicaron tres más (Araya Schulz, 2016; Martín, Martínez, Fernández y Bravo, 2016; Vollstedt, Robinson y Wang, 2007). Cabe destacar el artículo de Vollstedt et. al. (2007) con nueve años de diferencia entre este y los siguientes menos recientes, y por ser una propuesta STEAM llevada a cabo en los EEUU, lugar en el que surge esta tendencia. A pesar del auge que está teniendo la Educación STEAM (García Cartagena et. al, 2017) a nivel internacional, en esta base de datos los resultados muestran una baja progresiva en el número de publicaciones desde el 2017 hasta el 2019.

Número de autores y disciplinas de cada uno

Este dato aporta información acerca de si el profesorado trabaja solo en el ámbito STEAM. Los resultados obtenidos muestran que el 79% de los artículos están escritos por más de una persona y solo el 21% es de autoría única. Además, son pocos los artículos que proporcionan información sobre el conocimiento específico de los autores de los artículos con coautoría. Únicamente en ocho artículos de los que han sido escritos por varios autores aparece recogida la disciplina a la que pertenecen. De estos, cinco están escritos por autores de la misma disciplina (Alsina y Acosta Inchaustegui, 2018; Alsina y Salgado, 2018; Fernández, Zúñiga, Rosas y Guerrero, 2018; Guitart y Lope, 2019; Pérez Buj y Diago Nebot, 2018), y tres por autores de diferentes disciplinas (Romar Roel y De Toro Cacharrón, 2017; García Cartagena et. al, 2017; Vizcaíno y Blanco, 2017). En algunos artículos, como en Borromeo Ferri (2019) se menciona explícitamente

que se cuenta con colaboración de profesionales de distintas disciplinas (física, ingeniería, matemáticas y arte) para el diseño de la propuesta, sin embargo, los coautores son de la misma.

Dado lo anterior, no se puede concluir ningún resultado, aunque parece que la tendencia a trabajar de forma interdisciplinar por parte de los autores no es muy elevada, a pesar de la coautoría de los artículos y a pesar de que la propuesta que presentan sí lo sea. Siguiendo a Schultz (2016), resultaría imposible una verdadera integración si la coautoría de los artículos con propuestas STEAM es unidisciplinar.

Nivel educativo al que se destinan las propuestas

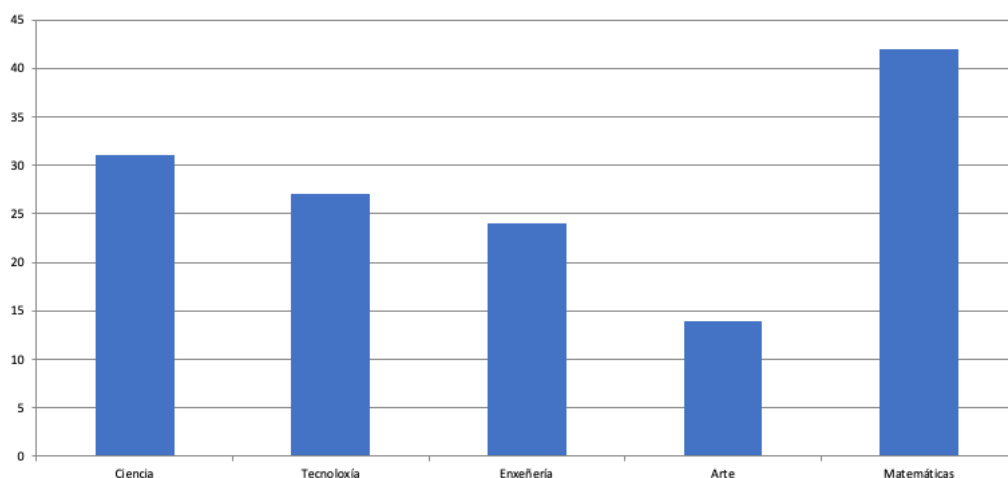
Se observa que más de la mitad de las propuestas, un 57%, están destinadas a Educación Secundaria y dentro de esta, a la Educación Secundaria Obligatoria. Tan solo 3 (Ocaña Rebollo, Romero Albadalejo y Gil Cuadra, 2017; Gazzola Otero, Llanos y Arlego, 2018; Blanco, García-Piqueras, Diego-Mantecón y Ortiz-Laso, 2019) de 28 están orientadas a Bachillerato. De los restantes niveles, Educación Primaria es el siguiente con mayor presencia, destinándose a ella un 25% de las propuestas. Después, Educación Infantil con un 12% y por último la Educación Superior con un 6%.

Si bien los resultados indican que la mayor parte de las propuestas se dirigen a la Educación Secundaria (Heil, Pearson y Burger, 2013), el nivel educativo de Enseñanza Primaria sería un contexto idóneo para trabajar con propuestas STEAM, ya que la estructura en la enseñanza primaria, donde es el mismo maestro el que imparte la mayoría de las materias, facilitaría enormemente trabajar de modo interdisciplinar. Se reducirían así algunas de las dificultades del trabajo con propuestas STEAM, al no exigir coordinación entre el profesorado (Domènech Casal, Lope y Mora, 2019). Además, según Keeley (2009), incorporar estas propuestas ya en primaria puede contribuir positivamente a aumentar el interés por la ciencia y las matemáticas, uno de los objetivos que persigue la educación STEAM (Escalona et. al, 2018).

Disciplinas presentes

La mayor parte de las propuestas, el 78,72%, integran dos o tres disciplinas. Solo en la propuesta de Ruiz, Zapatera, Montes y Rosillo (2019) se trabajan las cinco disciplinas que forman el acrónimo STEAM; y únicamente en nueve de las propuestas se trabajan cuatro disciplinas, de las cuales seis integran las cuatro disciplinas STEM (Vollstedt et.al, 2007; Domènech Casal y Ruiz España, 2017; Benjumbeda y Romero, 2017; Fernández et. al, 2018; García Cartagena et. al, 2017; Ocaña Rebollo et. al, 2017). Los resultados muestran (Gráfico 1) que la disciplina que tiene más presencia son las Matemáticas, con un 89,4%, seguida de las Ciencias con un 65,9%. La Tecnología y la Ingeniería tienen unos porcentajes próximos, 57,4% y 51,1%, respectivamente. A pesar de que Sousa y Pilecki (2013) y Resnick y Rosenbaum (2013) afirman que las artes desarrollan destrezas que influyen positivamente en la creatividad, en la resolución de problemas, en el pensamiento crítico, en la comunicación, en la autonomía, en la iniciativa y en la colaboración y cooperación, la presencia del Arte en un 29,8% muestra que la integración de esta disciplina en las actividades STEAM es todavía relativamente baja.

Gráfico 1: Número de propuestas en las que se trabaja cada disciplina



Otro de los datos recogidos tiene que ver con los contenidos específicos que se trabajan de cada disciplina. En la mayoría de las propuestas en las que se trabajan las Ciencias el contenido se centra en el método científico. El eje central en la Tecnología gira en torno a la robótica, sobre todo en las etapas de Infantil y Primaria. Según Cavas et al., (2012) y Hu y Garimella (2015) cada vez son más las experiencias que muestran los efectos positivos del uso de la robótica en los niveles educativos básicos, al aumentar el interés

del alumnado en la ciencia y en la tecnología, fomentar la creatividad, desarrollar una mayor confianza en el uso de la robótica y favorecer la alfabetización tecnológica desde las primeras edades.

Conocimientos matemáticos

Los resultados se muestran por niveles educativos por considerar que hay diferencias significativas entre los conocimientos que debe adquirir el alumnado de cada uno de ellos. En muchas de las propuestas, 45%, no se citan explícitamente los conocimientos matemáticos que en ellas se trabajan. A pesar de lo anterior, deducir estos contenidos es sencillo cuando las propuestas se explican detalladamente, en otros casos resulta complejo, pues la información proporcionada es escasa. En general, la mayoría de las propuestas favorecen la adquisición de ciertos conocimientos y habilidades generales y básicos en las matemáticas. Un ejemplo de ello es el pensamiento lógico-matemático, la exposición de resultados usando un lenguaje adecuado o la resolución de problemas (Branco Otero, 2019; Soto Hidalgo y Martínez Rojas, 2019; Iglesias Albarrán, 2017; Martín et. al, 2016). En los niveles educativos de Educación Infantil, Primaria y Superior el pensamiento lógico-matemático, la resolución de problemas, contenidos geométricos y el tratamiento de datos y realización de gráficos son puntos comunes. En Educación Secundaria, se recogen contenidos más concretos que se destacan a continuación:

- Modelaje de problemas en contexto reales (Gazzola et. al, 2018; García et. al, 2017; Moreno Ferrari, 2017; Araya Schulz, 2016). Es un aspecto que se adapta perfectamente a la metodología STEAM.
- Uso de medios tecnológicos para facilitar el aprendizaje, destacando el uso del Geogebra y de las hojas de cálculo (Gazzola et. al, 2018; Iglesias Albarrán, 2018; Moreno Ferrari, 2017).
- Las funciones y el trabajo con la exponencial (Gazzola et. al, 2018; Benjumeda y Romero, 2017).
- Aspectos geométricos en los que se destaca las figuras planas, la visión espacial, las escalas (Benjumeda y Romero, 2017; Domènech Casal y Ruiz España, 2017), el plano (Benjumeda y Romero, 2017), los teoremas de Tales y Pitágoras (Iglesias Albarrán, 2017; Moreno Ferrari, 2017) y los fractales (Moreno Ferrari, 2017).
- Tratamiento de datos y realización de gráficos (Alsina y Acosta Inchaustegui, 2018).
- La estadística aparece explícitamente en una de las propuestas en las que se trabaja con medidas de centralización.

- Probabilidad y combinatoria.
- Grafos.
- Progresiones geométricas (Moreno Ferrari, 2017), proporcionalidad (Domènech Casal y Ruiz España, 2017), fracciones y cambios de unidades (Domènech Casal y Ruiz España, 2017).
- Presencia de las matemáticas en la vida real y su relación con otras ciencias (Araya Schulz, 2016; Benjumeda e Romero, 2017; Romar Roel y de Toro Cacharrón, 2017; Soto Hidalgo y Martínez Rojas, 2019).

Otro de los objetivos del trabajo es obtener información sobre si el aprendizaje de las matemáticas está entre la finalidad de la propuesta como saber en sí mismo o si su finalidad es la aplicación práctica para la resolución de problemas. El resultado muestra que el 64,3% de las propuestas que trabajan las matemáticas recogen explícitamente que el desarrollo de conocimientos matemáticos es uno de sus fines, y aparecen en un 35,7% como herramienta. Sin embargo, un análisis más profundo conduce a que no existe en muchas de estas propuestas STEAM una verdadera comprensión de los conceptos tratados ni se repara en el porqué de determinados procedimientos, coincidiendo con los resultados obtenidos por Simarro y Couso (2018).

Conclusiones

Este estudio sobre la bibliografía relacionada con propuestas STEAM, con la mirada puesta en las matemáticas, nos muestra que esta disciplina está presente en el 89,4% de dichas propuestas y que la mayoría de ellas están dirigidas al alumnado de Educación Secundaria. En el análisis de los contenidos matemáticos que principalmente se trabajan en estas propuestas STEAM se destaca el pensamiento lógico-matemático y la resolución de problemas, sobre todo en las etapas de Educación Infantil y Primaria. En la Educación Secundaria los contenidos son muy variados, tocando todas las áreas de esta disciplina y haciendo hincapié en la modelización y el uso de la Tecnología.

Se observa que en la mitad de las propuestas STEAM centradas en las matemáticas, la adquisición de conceptos y procedimientos matemáticos se encuentran entre la finalidad de la propuesta. Sin embargo, si no se analizan en profundidad las propuestas y si estas no se detallan con precisión, ese dato no es del todo real. Así pues, si las STEAM constituyen un buen método para la enseñanza y aprendizaje de las matemáticas es necesario enfocarlas de modo que exijan una cierta comprensión de los contenidos matemáticos implicados, y no solo como herramienta hacia las otras disciplinas.

A nivel general, los resultados muestran las limitaciones del estudio al realizar la búsqueda bibliográfica en una única base de datos. También se observan limitaciones a la hora de analizar la interdisciplinariedad real de las propuestas STEAM al no describir con detalle su desarrollo y evaluación en los artículos (solo nueve detallan el proceso de realización de la actividad). A pesar de ello, parece que la integración no es muy frecuente por el momento, ya que lo habitual es que el profesorado trabaje de manera disciplinar.

Por último, se considera como objetivo futuro hacer la revisión en otras bases de datos para completar el estudio y poder avanzar hacia una verdadera integración interdisciplinar de contenidos, proporcionando a los profesores propuestas STEAM que les sirvan de guía.

Referencias bibliográficas

- Alsina, Á. y Acosta Inchaustegui, Y. (2018). Iniciación al álgebra en Educación Infantil a través del pensamiento computacional: una experiencia sobre patrones con robots educativos programables. *Unión: revista iberoamericana de educación matemática*, 52, 218-235.
- Alsina, Á. y Salgado, M. (2018). Land Art Math: una actividad STEAM para fomentar la competencia matemática en Educación Infantil. *Edma 0-6: Educación Matemática en la Infancia*, 7 (1), 1-11.
- Araya Schulz, R. (2016). STEM y modelamiento matemático. *Cuadernos de Investigación y Formación en Educación Matemática*, 15, 291-317.
- Artigue, M. y Blomhøj, M. (2013). Conceptualizing inquiry-based education in mathematics. *ZDM*, 45 (6), 797-810.
- Atkinson, R. D. y Mayo, M. J. (2010). *Refuelling the US innovation economy: Fresh approaches to science, technology, engineering and mathematics (STEM) education*. The Information Technology & Innovation Foundation, Forthcoming. Recuperado de <https://itif.org/publications/2010/12/07/refueling-us-innovation-economy-fresh-approaches-stem-education>.
- Benjumeda, F. J. y Romero, I. M. (2017). Ciudad Sostenible: un proyecto para integrar las materias científico-tecnológicas en Secundaria. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 14 (3), 621-637.
- Blanco, M. T. F., García-Piqueras, M., Diego-Mantecón, J. M. y Ortiz-Laso, Z. (2019). Modelización matemática de la evolución de dos reactivos químicos. *Épsilon: Revista de Educación Matemática*, 101, 147-155.
- Bonotto C. (2010). Realistic Mathematical Modeling and Problem Posing. En R. Lesh, P. Galbraith, C. Haines e A. Hurford (Eds), *Modeling Students' Mathematical Modeling Competencies* (pp. 399-408). Estados Unidos: Springer.
- Borromeo Ferri, R. (2019). *Educación Matemática Interdisciplinaria en la escuela-ejemplos y experiencias*. UCMAule, (57), 25-37.
- Branco Otero, R. M. (2019). EmBarouta-T: nó sostible. *Eduga: Revista Galega do Ensino*. (77). Recuperado de <http://www.edu.xunta.gal/eduga/1774/experiencias/embarouta-t-no-sostible>.
- Búa, J. B., Blanco, T. F. y Portugal, M. J. S. (2016). Competencia matemática de los alumnos en el contexto de una modelización: Aceite y agua.

- RELIME: *Revista latinoamericana de investigación en matemática educativa*, 19 (2), 135-163.
- Cavas, B.; Kesercioglu, T.; Holbrook, J.; Rannikmae, M.; Ozdogru, E. y Gokler, F. (2012). The effects of robotics club on the students' performance on science process & scientific creativity skills and perceptions on robots, human and society. En *3rd International Workshop Teaching Robotics, Teaching with Robotics Integrating Robotics in School Curriculum* (pp. 40-50). Padova: Michele Moro y Dimitris Alimisis.
- Chen, X. (2009). Students Who Study Science, Technology, Engineering, and Mathematics (STEM) in Postsecondary Education. Stats in Brief. *National Center for Education Statistics*.
- Clements, D. H. y Samara, J. (2002). The Role of Technology in Early Childhood Learning. *Teaching Children Mathematics*, 8(6), 340-343.
- Couso D. (2017). Perquè estem a STEM? Definint l'alfabetització STEM per a tothom i amb valors. *Ciències: revista del professorat de ciències de Primària i Secundària*, 34, 22-30.
- Domènech Casal, J. (2019a). STEM: Oportunidades y retos desde la Enseñanza de las Ciencias. *UTE: Revista de Ciències de l'Educació*, Monographic 2019, 155-168.
- Domènech Casal, J. (2019b). Contexto y modelo en el aprendizaje basado en proyectos: apuntes para el ámbito científico. *Alambique: Didáctica de las ciencias experimentales*, (98), 71-76.
- 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), 220301-220316.
- Domènech Casal, J. y Ruiz España, N. (2017). Mission to stars: un proyecto de investigación alrededor de la astronomía, las misiones espaciales y la investigación científica. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 14 (1), 98-114.
- English, L. D. (2015). STEM: Challenges and opportunities for mathematics education. En K. Beswick, T. Muir e J. Wells (Eds.), *Proceedings of the 39th Conference of the International Group for the Psychology of Mathematics Education* (Vol. 1, pp. 4-18). PME.
- English, L., Lesh, R. y Fennewald, T (2008). Methodologies for Investigating Relationships between Concept Development and the Development of Problem-Solving Abilities. En M. Santos e Y. Shimizu (Eds.). En *11th International Congress on Mathematical Education*.
- Escalona, T. Z., Cartagena, Y. G. y 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). Recuperado de <http://revistas.umce.cl/index.php/contextos/article/view/1395>.
- Fernández, J. M., Zúñiga, M. E., Rosas, M. V. y Guerrero, R. A. (2018). Experiences in Learning Problem-Solving through Computational Thinking. *Journal of Computer Science & Technology*, 18(2), 136-142.
- García Cartagena, Y., Reyes González, D. y Burgos Oviedo, F. (2017). Actividades STEM en la formación inicial de profesores: nuevos enfoques didácticos para los desafíos del siglo XXI. *Diálogos educativos*, 18 (33), 37-48.
- Gazzola, M. P., Otero, M. R., Llanos, V. C. y Arlego, M. (2018). Introducing STEM pedagogy in secondary school by means of Study and Research Path (SRP). *Latin-American Journal of Physics Education*, 12 (4), 4302.
- Gorgal, A., Blanco, T. F., Salgado, M. y Diego-Mantecón, J.M. (2017). Iniciación a actividades STEAM desde la Educación Primaria. In *VIII Congreso Internacional Universidad integrada e innovadora*, (pp. 132-141). Varadero (Matanzas, Cuba).
- Guitart, F. y Lope, S. (2019). Y tú, ¿te proteges del sol? Un proyecto STEM con mirada científica. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 16 (3), 3202.
- Heil, D. R., Pearson, G. y Burger, S. E. (2013). Understanding integrated STEM education: Report on a national study. *120th ASEE Annual Conference & Exposition*. Atlanta.
- Hu, H. y Garimella, U. (2015). Beginner Robotics for STEM: Positive Effects on Middle School Teachers. En D. Rutledge e D. Slykhuis (Eds.), *Proceedings of SITE 2015-Society for Information Technology & Teacher Education International Conference* (pp. 3227-3234). Estados Unidos: Association for the Advancement of Computing in Education (AACE).
- Iglesias Albarrán, L. M. (2017). Demostraciones del Teorema de Pitágoras con goma EVA. STEAM en el aula de Matemáticas. *Épsilon: Revista de Educación Matemática*, (97), 57-64.
- Keeley, P. (2009). Elementary science education in the K-12 system. *Science and Children*, 46 (9), 8-9.
- Lapertosa, S., Burgos, A., Firman, A., Burghardt, M. y Romero, G. R. (2017). Una aproximación para despertar vocaciones STEM en el nivel medio. En *XII Congreso de Tecnología en Educación y Educación en Tecnología* (TE&ET, La Matanza 2017).

- Lesh, R. y Doerr, H. M. (2003). Foundations of a Models and Modeling Perspective on Mathematics Teaching, Learning, and Problem Solving. En R. Lesh e H. M. Doerr (Eds.), *Beyond Constructivism. Models and Modeling Perspectives on Mathematics Problem*, 3-33.
- Martín, J. L., Martínez, P., Fernández, G. M. y Bravo, C. (2016). Analizando el desarrollo de las habilidades STEM a través de un proyecto ABP con arduino y su relación con el rendimiento académico. *Reposital*. Recuperado de <http://hdl.handle.net/20.500.12579/4830>.
- Moore, T. J. y Smith, K. A. (2014). Advancing the State of the Art of STEM Integration. *Journal of STEM Education: Innovations and Research*, 15 (1), 5-10.
- Moreno Ferrari, P. C. (2017). Un Sierpinski en la fachada. *Epsilon: Revista de Educación Matemática*, (96), 45-60.
- National Research Council (2012): *A Framework for K-12 Science Education: Practices, Crosscutting Concepts, and Core Ideas*. Washington: The National Academies Press.
- Ocaña Rebollo, G., Romero Albaladejo, I. M. e Gil Cuadra, F. (2017). Educación STEM para integrar conocimientos científicos en la asignatura “tecnología industrial” de bachillerato. *Enseñanza de las ciencias: revista de investigación y experiencias didácticas*, volumen extraordinario septiembre 2017, 5327-5336.
- Pérez Buj, G. y Diago Nebot, P. D. (2018). Estudio exploratorio sobre lenguajes simbólicos de programación en tareas de resolución de problemas con Bee-bot. *Magister: Revista de Formación del Profesorado e Innovación Educativa*, 30 (1 y 2), 9-20.
- Resnick, M. y Rosenbaum, E. (2013). Designing for tinkability. En M. Honey, e D.E. Kanter (Eds.), *Design, make, play: Growing the next generation of STEM innovators*, (pp. 163-181). London: Routledge.
- Romar Roel, R. y de Toro Cacharrón, X. R. (2017). Paisaxe vivida. 3D Galician Landscapes. *Eduga: Revista Galega do Ensino*. (74). Recuperado de <http://www.edu.xunta.gal/eduga/1449/experiencias/paisaxe-vivida-3d-galician-landscapes>
- Ruiz, F., Zapatera, A., Montes, N. y Rosillo, N. (2019). Proyectos STEAM con LEGO Mindstorms para educación primaria en España. En *INNODOCT/18. International Conference on Innovation, Documentation and Education* (pp. 711-720). Editorial Universitat Politècnica de València.
- Shute, V. J., Sun, C. e Asbell-Clarke, J. (2017). Demystifying computational thinking. *Educational Research Review*, 22, 142-158.
- Soto Hidalgo, J. M. y Martínez Rojas, M. (2019). Aplicando STEAM e un ambiente de Ciudades Inteligentes con Internet de las Cosas como Metodología de Aprendizaje Basada en Proyectos. *Revista de Innovación y Buenas Prácticas Docentes*, 8 (2), 68-77.
- Sousa, D. A. y Pilecki, T. (2013). *From STEM to STEAM: Using brain-compatible strategies to integrate the arts*. Estados Unidos: Corwin Press.
- Schultz, R. A. (2016). STEM y modelamiento matemático. *Cuadernos de Investigación y Formación en Educación Matemática*, 291-317.
- Simarro, C. y Couso, D. (2018). Visiones en educación STEAM: y las mates, ¿qué? *Uno: Revista de didáctica de las matemáticas*, (81), 49-56.
- Vizcaíno, S. M. y Blanco, M. T. F. (2017). Aprender Matemáticas en Educación Secundaria creando un rosetón. En *ENCIGA (Ed.), Actas do XXX Congreso ENCIGA* (pp. 107-108). Galicia, España.
- Vollstedt, A. M., Robinson, M. e Wang, E. (2007). Using robotics to enhance science, technology, engineering, and mathematics curricula. En *Proceedings of the 2007 American Society for Engineering Education Pacific Southwest annual conference*. Honolulu: Hawaii.