

Educación para el sujeto del siglo XXI: principales características del enfoque STEAM desde la mirada educacional¹

Tomás Zamorano Escalona²
Yonnhatan García Cartagena³
David Reyes González⁴

RESUMEN

El presente trabajo muestra una exploración de la literatura en torno al enfoque para la enseñanza integrada de las ciencias, tecnologías, arte, ingenierías y matemáticas, denominado STEAM, *Science, Technology, Engineering, Arts + design and Mathematic*. Este surge con el objetivo de fomentar en los estudiantes el desarrollo de habilidades y conocimientos en red necesarios para la sociedad del siglo XXI, donde la rigurosidad de los conceptos científicos es desarrollada mediante actividades didácticas interdisciplinarias aplicadas al mundo real.

Se analizaron 37 publicaciones, las que permiten caracterizar el enfoque STEAM, atendiendo a la visión de enseñanza - aprendizaje en que se sustentan sus aplicaciones; además del rol que asumen docentes y estudiantes. De igual forma, se caracterizó los tipos de metodologías, así como las tecnologías usadas cuando son aplicadas en contextos educacionales.

Palabras clave: educación STEAM, educación tecnológica, habilidades para el siglo XXI.

The education for the 21st century subject: Main features of the STEAM approach from the educational point of view

ABSTRACT

The present work shows an exploration of the literature around the approach to the integrated teaching of sciences, technologies, arts, engineering and mathematics, called STEAM, *Science, Technology, Engineering, Arts + Design and Mathematic*. This arises with the aim of encouraging students to develop the necessary skills and knowledge in the network needed for 21st century society, where the rigorousness of scientific concepts is developed through interdisciplinary didactic activities applied to the real world.

37 publications were analyzed, which allow characterizing the STEAM approach, taking into account the teaching - learning vision on which its applications are based; in addition to the role assumed by teachers and students. Similarly, the types of methodologies were characterized, as well as the technologies used when they are applied in educational contexts.

Keywords: STEAM education, technology education, XXI century skills

¹ Artículo generado en el marco del Proyecto de Innovación Pedagógica para el Acompañamiento al Aprendizaje, IP 13-06: "Desarrollo de habilidades científicas transversales mediante el uso de TIC en el aula: Innovación metodológica en un curso de Física General", Universidad Metropolitana de Ciencias de la Educación (UMCE).

² Profesor de Biología y Educación en Tecnología, UMCE. Laboratorio de Tecnología LabTec, UMCE.

³ Magister en Política y Gestión de la Ciencia y la Tecnología, Universidad de Buenos Aires. Académico del Departamento de Física, Facultad de Ciencias Básicas, UMCE. jonnhatan.garcia@umce.cl

⁴ Doctor en Educación, Universidad de Salamanca. Académico del Departamento de Química, Facultad de Ciencias Básicas, UMCE. david.reyes@umce.cl

INTRODUCCIÓN

En los últimos 200 años de historia se han producido más cambios sociales que los observados en los 10.000 años precedentes. La Primera Revolución Industrial, a inicios del siglo XIX, produjo cambios notables en la organización social, transitando desde una economía de base agrícola hacia una economía industrializada impulsada por la energía del vapor. El impulso bastó para iniciar grandes procesos de transformaciones sociales, constituyéndose en un hecho histórico a partir del cual se observan profundos cambios, no observados desde el surgimiento de la agricultura y la ganadería en el Neolítico. Este hito marca el inicio de un proceso cada vez más acelerado de desarrollos tecnológicos y reestructuración de las organizaciones sociales y forma de vida de las personas.

A inicios del siglo XX, la electricidad se comienza a masificar en las ciudades. La energía derivada de la electricidad y los combustibles fósiles impulsan el movimiento de la segunda revolución industrial. En este periodo, el trabajo se reestructura y tecnifica, sustituyéndose, gradualmente, el esfuerzo físico por máquinas que operan con menos riesgo y a un menor costo. Luego, a mediados del siglo XX, surge la informática y automatización, iniciándose la tercera revolución industrial. Estas tecnologías permearon en la industria a una velocidad exponencial, modificando sustancialmente las formas de producción, división del trabajo, y la forma en que nos comunicamos y vivimos.

Pero, estas revoluciones no parecen detenerse. Hoy, en plena primera mitad del siglo XXI, hay voces que anuncian la cuarta revolución industrial. Esta revolución estaría caracterizada por la hiperconectividad, los sistemas ciberfísicos o internet de las cosas (IoT, de la voz inglesa *Internet of Things*), la microfabricación digital basada en impresoras 3D, el movimiento *maker*, el hacking ético y la creación acelerada de nuevas tecnologías (Bloem et al., 2014; Jazdi, 2014; Kiel, Arnold, Collisi, & Voigt, 2016).

El siglo XXI se caracteriza, entonces, por ser un mundo lleno de vertiginosos cambios, todos vinculados a la hiperconectividad, al desarrollo de la inteligencia artificial, la robótica y la automatización. Este contexto conlleva, progresivamente, al desarrollo de un estilo de vida dinámico, conectado e instantáneo, con estilos de existencia, trabajos y desafíos que, probablemente, en el futuro serán muy distintos a los actuales. A medida que se producen estos cambios, se vuelve necesaria la generación de configuraciones pedagógicas específicas que permitan atender al desarrollo de individuos preparados (Leong, 2017), priorizando el desarrollo de habilidades que favorezcan el aprender

durante toda una vida y comunicarse con los otros (Trilling & Fadel, 2009; WEF, 2015) sobre la acumulación de grandes cantidades de contenidos.

La educación STEM (de la voz inglesa *Science, Technology, Engineering and Mathematics*) surge como una propuesta que pretende resolver tales problemáticas. En la enseñanza, este enfoque privilegia tratar las ciencias y las tecnologías de forma integrada, con énfasis en sus aplicaciones en el mundo real. En este contexto, el enfoque STEM se puede entender como una aproximación para la enseñanza de las ciencias, tecnologías, ingenierías y matemáticas de forma interdisciplinar, donde la rigurosidad de los conceptos científicos es desarrollada mediante actividades didácticas inmersivas aplicadas al mundo real (García, Burgos, & Reyes, 2017). Además, al trabajar bajo este enfoque, los estudiantes aplican elementos en contextos que vinculan la escuela, la comunidad, el mundo laboral, y la industria (Brown, 2016; Chiu, Price, & Ovrachim, 2015; Tsupros, Kohler, & Hallinen, 2009).

Por su parte, otros autores sostienen que la respuesta a las demandas del futuro se encuentra en el territorio emergente del enfoque STEAM (Bahrum, Wahid, & Ibrahim, 2017; Bush & Cook, 2016; Cools, Ciocci, & Design, 2016; Erwin, 2017; Fulton & Simpson-Steele, 2016; Gross & Gross, 2017; Leong, 2017). Este enfoque interdisciplinar combina Ciencia, Tecnología, Ingeniería, Arte y Matemática (*Science, Technology, Engineering, Arts, and Mathematics*) con el objetivo de fomentar en los estudiantes el desarrollo de habilidades y conocimientos en red, necesarios para la sociedad del siglo XXI. A partir del trabajo educativo bajo estos dos enfoques, se ha evidenciado que los estudiantes logran comprender conceptos de forma más práctica y creativa (Becker y Park, 2011).

En Chile, los enfoques STEM y STEAM aún se encuentran en una etapa temprana de desarrollo, lo que torna difusas sus características y dificulta el avance en la generación de propuestas y recursos didácticos basados en ellos.

1. ¿Qué caracteriza al enfoque STEAM en la educación?

Frente a esta problemática, se realizó una investigación de tipo bibliográfica exploratoria en torno a STEAM, consultando las bases de datos Google Académico, ScienceDirect y SciELO, acotándose el período de tiempo de la búsqueda a enero de 2007 y mayo de 2017, utilizando como palabra clave de la búsqueda "*STEAM education*".

De la búsqueda, se excluyeron aquellos artículos que planteaban investigaciones sin relación con el enfoque STEAM como acrónimo de las áreas mencionadas

anteriormente, así como aquellos donde la palabra era utilizada fuera del contexto de interés (por ejemplo, “*steam*” como “vapor” presente en investigaciones sobre maquinarias e industria). Posteriormente, se aplicó un segundo filtro, seleccionándose esta vez solo aquellos artículos que contuviesen de manera explícita “*STEAM education*” como una de sus palabras clave (*keywords*).

Finalmente, un tercer filtro basado en el análisis de los *abstracts* de los documentos permitió reducir la selección a aquellos artículos en los que se describía el enfoque STEAM, o aquellos en los que se planteaban actividades prácticas, programas o unidades bajo la denominación STEAM. Dicho conjunto final de 37 documentos fue analizado en la búsqueda de los siguientes elementos clave para la caracterización de STEAM:

1. Objetivo fundamental de la educación STEAM.
2. Concepto de aprendizaje.
3. Concepto de enseñanza.
4. Rol del estudiante.
5. Rol del docente.
6. Metodología utilizada o sugerida.
7. Herramientas utilizadas o sugeridas.

Una vez recopilada la información de cada documento, se procedió a realizar la síntesis general de cada elemento, obteniéndose lo que a continuación se desarrolla.

2. Objetivo de la educación STEAM

De la revisión y análisis de los artículos, se pudo extraer que el objetivo de la educación STEAM sería nutrir de recursos humanos creativos al sector de la ciencia y la tecnología, aumentando el interés; y desarrollando en los estudiantes las habilidades del siglo XXI, necesarias para estimular el crecimiento y progreso científico-tecnológico. Lo anterior se concreta a través de una educación que integre ciencias, tecnología, matemáticas, artes e ingeniería (*STEAM*) de manera interdisciplinar y que vincule los contenidos con las experiencias de vida de los estudiantes, pudiendo fomentar el cumplimiento de los objetivos planteados en sintonía con los currículos de ciencias. (Ahn & Choi, 2015; Anderson & Meier, 2016; Bahri, Kusumawati, & Nuraini, 2017; Chai & Chun, 2015; Cho & Lee, n.d.; Cilleruelo & Zubiaga, 2014; Cools et al., 2016; Gray, Rule, Kirkland, et al., 2016; Gray, Rule, Gentsch, & Tallakson, 2016; K.-C. Hong & Shim, 2013;

B. H. Kim & Kim, 2016; J.-W. Kim & Won, 2015; P. W. Kim, 2016; Kuhn, Greenhalgh, & Mcdermott, 2016; Park, Byun, Sim, Han, & Baek, 2016; Rule, Atwood-Blaine, Edwards, & Gordon, 2016; Teske & Pittman, 2016; Tsurusaki, Tzou, Conner, & Guthrie, 2017; Watanabe, 2016; Yakman & Lee, 2012).

3. Concepto de aprendizaje

Basado en la teoría constructivista del aprendizaje de Seymour Papert, el aprendizaje es entendido como un proceso continuo, variable y particular, que se construye y reconstruye a medida que el individuo interactúa de manera dinámica con el mundo físico, social y cultural en el que está inmerso y en la construcción de objetos que atiendan a la necesidad de solucionar un problema a través de procesos de investigación y diseño, siendo esta interacción y construcción las claves en la producción de conocimiento, entendido como fruto del trabajo propio y el resultado del conjunto de vivencias del individuo desde que este nace.

Por otro lado, el proceso de aprendizaje se ve favorecido por aspectos motivantes para quien aprende, como el interés, la satisfacción intelectual, el sentido de logro, la curiosidad y el asombro, junto a la incorporación de ambientes de aprendizaje de confianza y juego, agradables, significativos, divertidos, atractivos e inmersivos donde se atiende tanto al desarrollo cognitivo como afectivo del estudiante, ambos considerados igualmente importantes. La construcción colaborativa es también un aspecto que se debe tener en consideración, ya que el aprendizaje puede verse enriquecido por la interacción de un individuo con otros, desde la perspectiva de “*Think-Pair-Share* (Pensar-Comparar-Compartir)” (Ahn & Choi, 2015; Anderson & Meier, 2016; Borsay & Foss, 2016; Chai & Chun, 2015; Cho & Lee, n.d.; Cilleruelo & Zubiaga, 2014; Cline & Smith, 2016; Cools et al., 2016; Gates, 2017; Gray, Rule, Kirkland, et al., 2016; Kuhn et al., 2016; Park et al., 2016; Rule, 2016; Rule et al., 2016; Samarakoon & Smith, 2016; Teske & Pittman, 2016; Tsurusaki et al., 2017; Yakman & Lee, 2012).

4. Concepto de enseñanza

Basada en el constructivismo de Seymour Papert (1993) y en el modelo de las 5E's (*engagement, exploration, explanation, expansion and evaluation*), la enseñanza se articula en torno a un tópico central, presentado como un problema del mundo real que debe ser resuelto por los estudiantes, para lo cual se entremezcla al problema con las

distintas áreas y asignaturas que conforman STEAM y se aproxima al contexto de los estudiantes, generándose un programa dividido en tres momentos o etapas esenciales: contextualización, diseño creativo y toque emocional. (Ahn & Choi, 2015; Anderson & Meier, 2016; Bahri et al., 2017; Borsay & Foss, 2016; Chai & Chun, 2015; Cho & Lee, n.d.; Cilleruelo & Zubiaga, 2014; Cools et al., 2016; Gray, Rule, Kirkland, et al., 2016; K.-C. Hong & Shim, 2013; M. Hong, Hwang, & Choi, 2012; B. H. Kim & Kim, 2016; H. Kim & Chae, 2016; J.-W. Kim & Won, 2015; Seong-Hee Lee, 2011; Sung-Hee Lee, 2013; Magerko et al., 2016; Na & Kwon, 2014; Park et al., 2016; Rule et al., 2016; Samarakoon & Smith, 2016; Stoycheva & Perkins, 2016; Watanabe, 2016; Yakman & Lee, 2012).

A continuación se detalla cada una de ellas:

- a) **Contextualización:** Etapa a través de la cual se analizan las circunstancias de una situación, evento u hecho, identificando un problema y la necesidad de resolverlo (B. H. Kim & Kim, 2016). Puede ser entendida como la etapa introductoria de un programa STEAM, en la que se prepara al estudiante tanto intelectual como emocionalmente para la resolución del problema de interés.
- b) **Diseño Creativo:** Considerada la más importante y extensa, es la etapa a través de la cual se resuelve el problema, siendo el pensamiento divergente, la autonomía, creatividad y colaboración los constituyentes esenciales de su naturaleza. Durante el diseño creativo, el estudiante se vuelve un sujeto activo e inquieto, investigador, diseñador y creador crítico a medida que progresa en la búsqueda de una solución al problema. Incluye el concepto de ingeniería, que se refiere al diseño tecnológico y la habilidad creativa de resolución de problemas.
- c) **Toque Emocional:** Etapa encargada de impactar emocionalmente de forma positiva a los estudiantes. En ella, los estudiantes pueden reflexionar a partir de su propio trabajo a través de experiencias que promuevan el interés y las ganas de saber más, junto a la confianza, el sentimiento de gratitud hacia sus pares, la satisfacción intelectual y el sentido de logro al visualizar su propio progreso. Es, también, una etapa crítica en la que se reflexiona en torno al proceso y a los resultados del actuar grupal e individual a lo largo del programa, enfatizando en la visualización de una escala de progresos que permita aumentar la motivación del estudiante hacia este tipo de actividades. Durante esta etapa, los estudiantes presentan y evalúan los progresos y resultados tanto personales como de sus pares. Se debe evitar la frustración que pudiese producirse en algún estudiante,

cuando la solución alcanzada no resulte totalmente efectiva en la resolución del problema, recordando que lo más importante no es el resultado, sino el proceso que se recorrió en el programa y lo que aprendió durante ese período.

5. Rol del estudiante

Respecto del rol que tienen los estudiantes, los distintos artículos destacan que es un agente activo, crítico, reflexivo y protagónico en su aprendizaje, trabajando individual o colaborativamente con sus pares y otros miembros de la comunidad educativa. Investigando y diseñando creativamente un objeto en respuesta a un problema específico. Se ha reportado que desarrolla una actitud perseverante y sistemática, positiva, alentadora, de respeto y aceptación hacia los demás miembros de la comunidad educativa (Ahn & Choi, 2015; Anderson & Meier, 2016; Bahri et al., 2017; Borsay & Foss, 2016; Chai & Chun, 2015; Cho & Lee, n.d.; Cilleruelo & Zubiaga, 2014; Cline & Smith, 2016; Cools et al., 2016; Gates, 2017; Graham & Brouillette, 2016; Gray, Rule, Kirkland, et al., 2016; Gray, Rule, Gentzsch, et al., 2016; K.-C. Hong & Shim, 2013; M. Hong et al., 2012; Jeon et al., 2016; B. H. Kim & Kim, 2016; H. Kim & Chae, 2016; J.-W. Kim & Won, 2015; P. W. Kim, 2016; Kuhn et al., 2016; Sung-Hee Lee, 2013; Magerko et al., 2016; Na & Kwon, 2014; Park et al., 2016; Rule, 2016; Rule et al., 2016; Samarakoon & Smith, 2016; Stoycheva & Perkins, 2016; Teske & Pittman, 2016; Tsurusaki et al., 2017; Yakman & Lee, 2012).

6. Rol del docente

Guía y orientador. Trabaja presentando el programa de manera atractiva, para lo cual debe conocer las necesidades intelectuales y afectivas de sus estudiantes. Posteriormente, se encarga de guiar las discusiones, retroalimentar los avances y apoyar las soluciones que se van construyendo durante el programa y sus actividades.

Es necesario que domine previamente y por sí mismo todos los conocimientos y habilidades que pretende enseñar. Además debe dominar habilidades propias de su quehacer docente, como la capacidad de adaptarse a los distintos requerimientos disciplinares de STEAM, manteniéndose actualizado en los últimos avances de la ciencia y la tecnología. Junto con lo anterior, es necesario poseer características propias de un líder, capaz de crear ambientes de aprendizaje que estimulen la comunicación, confianza, aceptación, respeto y afecto entre los estudiantes. Finalmente, debe mantener vínculos

comunicativos y alianzas colaborativas con otros miembros de la comunidad, como sus colegas (formando equipos de trabajo interdisciplinarios), instituciones (ej.: universidades, otros colegios, fundaciones, etc.) y padres o apoderados (Ahn & Choi, 2015; Anderson & Meier, 2016; Bahri et al., 2017; Cline & Smith, 2016; Cools et al., 2016; Graham & Brouillette, 2016; Gray, Rule, Kirkland, et al., 2016; Gray, Rule, Gentzsch, et al., 2016; K.-C. Hong & Shim, 2013; M. Hong et al., 2012; Jeon et al., 2016; H. Kim & Chae, 2016; Rule et al., 2016; Stoycheva & Perkins, 2016; Teske & Pittman, 2016; Tsurusaki et al., 2017; Yakman & Lee, 2012).

7. Metodologías utilizadas o sugeridas

Se presentaron tres metodologías predominantemente, las que, en orden decreciente de frecuencia, corresponden a: Educación a través del diseño, Aprendizaje Basado en Proyectos (ABP) y Aprendizaje Basado en Problemas (PBL). (Anderson & Meier, 2016; Borsay & Foss, 2016; Chai & Chun, 2015; Cho & Lee, n.d.; Cline & Smith, 2016; Cools et al., 2016; Engelman et al., 2017; Gray, Rule, Kirkland, et al., 2016; K.-C. Hong & Shim, 2013; B. H. Kim & Kim, 2016; H. Kim & Chae, 2016; Kuhn et al., 2016; Park et al., 2016; Rule et al., 2016; Samarakoon & Smith, 2016; Teske & Pittman, 2016; Tsurusaki et al., 2017; Watanabe, 2016). A continuación se detalla cada una de ellas:

a) Educación a través del diseño:

También llamada metodología de diseño (*design process*), se basa en la circulación de la experiencia educativa a través de seis pasos que se repiten de manera cíclica un número determinado de veces (Vande Zande *et al* 2014):

- i) Definición de problema: el profesor da una tarea, que se presenta como un reto necesario de resolver. Los estudiantes responden a preguntas: ¿Quién? ¿Qué? ¿Cuándo? ¿Dónde? ¿Por qué? y ¿Cómo?, con el fin de obtener claridad en la definición del problema. El grado de intervención del docente en la definición del problema depende del nivel con el que se esté trabajando.
- ii) Investigación y estudio: los estudiantes recopilan y analizan información a través de entrevistas, artículos, libros, internet, observaciones, juegos de rol, discusiones. En esta etapa, es muy probable que algunos estudiantes quieran saltar rápidamente a una solución, evadiendo el proceso. Sin embargo, la primera solución, generalmente, es superficial y no da lugar al mejor resultado. Por ello, es importante involucrar a los estudiantes en el proceso de encuentro

del desafío, dividir el trabajo para que no haya sobrecarga, explicar la importancia del proceso y proporcionar los recursos necesarios para su realización.

- iii) Generación de ideas: también denominado *Brainstorming* o lluvia de ideas. En esta etapa los estudiantes consideran posibles conceptos, permitiendo que sus ideas fluyan libremente antes de intentar pasar a la solución final. Esta libre asociación de ideas abre la posibilidad a soluciones innovadoras. Como plantea Wycoff (1991)⁵ en el desarrollo del pensamiento creativo, hay “bloqueos” que se deben evitar: (1) creer que solo hay una respuesta correcta; (2) aplicar el pensamiento lógico demasiado pronto en el proceso, lo que cierra posibilidades; (3) ser práctico, lo que provoca juicios sobre lo que funciona y lo que no; (4) temer cometer errores, lo que impide la toma de riesgos positivos; y (5) creer que no se es creativo.
- iv) Elaboración de prototipos: se escoge una solución potencial para la cual se hace un modelo como prototipo. El prototipo representa un objeto funcional, pero puede no funcionar correctamente, porque su realización requiere de herramientas, materiales y técnicas que no siempre están disponibles.
- v) Presentación de prototipos: los estudiantes presentan sus soluciones a otros: estudiantes, padres, profesores, administradores o a un grupo profesional relacionado con el tema. La audiencia es el “*focus group*” que dará retroalimentación sobre la eficacia de la solución. La presentación debe ser planificada y elaborada con anticipación.
- vi) Evaluar y revisar: los estudiantes (o equipos) evalúan la retroalimentación que les entregó el *focus group*. Al valorar, cada estudiante/equipo debe responder estas preguntas: ¿Hemos sido claros en nuestra explicación para que la audiencia entienda nuestra solución? Si es así, ¿toda la retroalimentación fue útil? Si no es así, ¿tenemos que volver a trabajar en un paso anterior? ¿Qué mejorara nuestra idea final? Una vez que estas preguntas sean contestadas, el estudiante/equipo hace las revisiones para generar una solución final.

⁵ Citado en Vande Zande *et al*, 2014.

De todos los pasos anteriormente señalados, el único que no se repite es el primero, todos los demás pueden hacerlo hasta que se logren los objetivos propuestos, respetando los tiempos establecidos para el desarrollo del programa (ver Figura N°1).

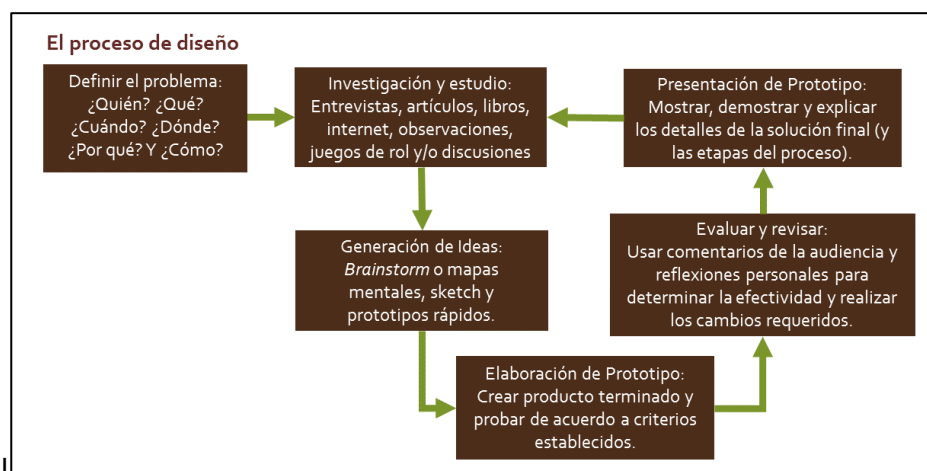


Figura N°1: Adaptación del modelo de proceso de diseño presente en el artículo *The Design Process in the Art Classroom: Building Problem-Solving Skills for Life and Careers*, Vande Zande et al., 2014.

b) Aprendizaje Basado en Proyectos:

Utiliza como estrategia central de enseñanza el desarrollo de proyectos. A través de él, los estudiantes aprenden y se encuentran con los conceptos centrales de la disciplina. La enseñanza comienza contextualizando a los estudiantes dentro de una situación real de la cual se genera una “pregunta conductora” sobre la que se construirá el proyecto de los estudiantes a medida que se van interiorizando en procesos de construcción y transformación de conocimiento, como diseñar, resolver problemas, tomar decisiones o investigar, dándoles, de esta manera, la oportunidad de trabajar de forma relativamente autónoma durante largos períodos en los que el profesor actúa como mediador; y culminando en productos o presentaciones reales (Thomas, 2000).

A modo de ejemplo, esta metodología fue utilizada por Gross & Gross (2017) en la creación de actividades didácticas para el *STEAM Club* implementado en una escuela de Chicago por los mismos autores.

c) Aprendizaje Basado en Problemas

El PBL (de la voz inglesa *Problem-Based learning*), Erwin, 2017, es una estrategia utilizada en las escuelas STEAM, centrándose en una enseñanza de tipo descubrimiento guiado por parte de los docentes, mientras que los estudiantes trabajan en grupos en la resolución de preguntas o asuntos generales que provienen de situaciones reales. Algunos de los conceptos clave involucrados en el PBL son:

- i. Problemas desafiantes y abiertos (sin una única respuesta).
- ii. Problemas específicos del contexto de los estudiantes.
- iii. Los estudiantes trabajan en pequeños grupos auto-dirigidos.
- iv. Los estudiantes identifican un problema clave y trabajan para generar una solución.
- v. Los profesores actúan como facilitadores.

8. Herramientas utilizadas o sugeridas

Cada una de las herramientas encontradas puede contribuir al cumplimiento del programa STEAM, sin embargo, se considera de mayor importancia la utilización de tecnologías y, en específico, de la robótica. Al respecto, la robótica educativa (García & Reyes, 2012) constituye un punto de convergencia natural para las áreas que componen STEAM (Baek & Yoon, 2016). Por otro lado, los artículos de librería y técnicas de arte y expresión personal favorecen el aprendizaje del estudiante, según lo planteado en los puntos anteriores de este capítulo, más no son específicos, y pueden ser seleccionados por el docente, dependiendo del tipo de actividad que desee implementar. Por otra parte, la utilización de problemas reales es una herramienta potente que ayuda al establecimiento de la fase de contextualización. No obstante y pese a lo discutido anteriormente, las herramientas señaladas deben ser consideradas útiles solo si contribuyen al cumplimiento del objetivo del programa STEAM. Esto debe ser juzgado críticamente por el docente antes de la implementación de la docencia. Si no se justifica el uso de una herramienta determinada, el docente es libre de escoger o diseñar otra por cuenta propia (Ahn & Choi, 2015; Anderson & Meier, 2016; Bahri et al., 2017; Chai & Chun, 2015; Cools et al., 2016; Engelman et al., 2017; Graham & Brouillette, 2016; K.-C. Hong & Shim, 2013; M. Hong et al., 2012; Jeon et al., 2016; H. Kim & Chae, 2016; Kuhn et al., 2016; Sung-Hee Lee, 2013; Stoycheva & Perkins, 2016; Tsurusaki et al., 2017).

9. Requisitos generales para la construcción de propuestas didácticas STEAM

A partir de las descripciones anteriores, se ha logrado obtener el siguiente listado de requisitos generales que debe cumplir una actividad, programa u otro tipo de propuesta didáctica para ser considerada STEAM:

- i. Se articula en torno a un tópico central vinculado con el mundo real y cercano al contexto de los estudiantes.
- ii. Se orienta a la resolución de un problema, que se orienta hacia la creación de un objeto por parte de los estudiantes.
- iii. La adquisición y desarrollo de habilidades para el siglo XXI es priorizada por sobre los contenidos.
- iv. Las áreas (o disciplinas) que componen STEAM (ciencia, tecnología, ingeniería, artes y matemáticas) se presentan integradas de manera interdisciplinar y en conexión con el tópico central o problema.
- v. El estudiante es protagonista de la mayor parte del programa, mientras que el docente actúa como guía u orientador.
- vi. Los estudiantes trabajan colaborativamente la mayor parte del tiempo.
- vii. Se procura que el programa sea motivante para el estudiante y que aumente su confianza e interés hacia áreas STEAM.
- viii. De manera general, es posible identificar tres etapas en la totalidad del programa: contextualización, diseño creativo y toque emocional.
- ix. Las actividades se basan predominantemente en la metodología de educación a través del diseño y en una o más de sus respectivas etapas.
- x. Se incorpora el uso de tecnología y la creación artística como herramientas.
- xi. La propuesta finaliza con la presentación y evaluación de un objeto prototipo diseñado por los estudiantes.
- xii. Se evalúa tanto el proceso como el producto, considerándose el primero más importante.

CONCLUSIONES

Del análisis bibliográfico se desprende que STEAM, como enfoque aplicado a la educación, aún se encuentra en una temprana etapa de su desarrollo conceptual, lo que implica que, constantemente, se vea confundido con otros conceptos, como la

interpretación de STEM a través de las artes, en lugar de las artes como un elemento más de STEM. Por otro lado, se ve dificultada la investigación al no existir un consenso en la selección de palabras clave para su clasificación cuando se relaciona con educación, presentándose, a modo de ejemplo, *STEAM education*, *STE(A)M*, *integrative STEM*, *STEAM education model*, como palabras clave designadas para la descripción del mismo tópico. En otros casos incluso fue posible observar su denominación utilizando dos palabras clave por separado, por ejemplo *STEM* y *Arts integration*, o *STEAM* y *Education*.

Debido a la nebulosa que aún merodea alrededor del enfoque, el presente trabajo tiene carácter de incipiente, y como tal se debe tener en cuenta que puede modificarse a medida de que el enfoque evolucione y madure conceptualmente.

Otro punto de interés obtenido a partir del conjunto de artículos seleccionados para la investigación, corresponde al idioma de origen y cómo han ido variando las cantidades de publicaciones en uno u otro idioma durante el período de interés. Al respecto, y como se puede apreciar en la tabla N°2, del total de publicaciones predominan aquellas en idioma coreano durante el período comprendido entre 2010 – 2015 y en idioma inglés entre 2016 – 2017. Cabe mencionar que en el año 2016 se publica la mayor cantidad de artículos, 19 en total, en comparación a los otros años. De ellos, 18 fueron publicados en inglés. Finalmente, solo se presenta una publicación en español y lo hace durante el año 2014. Estos datos permiten visualizar que STEAM progresivamente adquiere importancia en un número creciente de naciones y responde internacionalizándose y poco a poco estandarizándose. Sin embargo, como se ha mencionado anteriormente, aún es difuso su contorno y se debe tomar con precaución.

Tabla N°1: Conjunto definitivo de documentos relacionados con el enfoque STEAM en educación junto a su nombre, autor(es), año, keywords e idioma. Los artículos se encuentran ordenados por fecha (del más antiguo al más reciente).

N°	Nombre	Autor (es)	Año	Keywords
1	STEAM Education through the Education of Energy and Climate Change	S. Lee	2011	Energy and climate education; STEAM education; energy education; climate education; integrated education
2	The Development of STEAM Education Textbook on Water Pollution	M. Hong, B. Hwang, J. Choi	2012	Steam education; Convergence; Combination; Link; Story-telling

3	Exploring the Exemplary STEAM Education in the U.S. as a Practical Educational Framework for Korea	G. Yakman, H. Lee	2012	STEM education; STEAM education; framework; Science education; Technology education; Engineering education; Arts education; Mathematics education
4	Development and Application of STEAM Education Program based on Topic-specific Project	Y. Lee, J. Cho	2012	Scientific Attitude; Science of Education; STEAM; STEAM Education
5	Development of Eco-STEAM Educational Programs Based on Smart Learning	S. Lee	2013	STEAM education; science education; eco-education; smart-learning
6	The Analysis on Degree of Concerns for STEAM Education of Elementary School Teachers	S. Cho, C. Park	2013	Concerns of STEAM education; STEAM education
7	Primary Teachers' Perception Analysis on Development and Application of STEAM Education Program	J. Lee, H. Park, J. Kim	2013	STEAM; STEAM education; STEAM education program; primary teacher
8	A Study of STEAM Education for Elementary Science Subject with Robots	K. Hong, J. Shim	2013	Robot; STEAM education; Mindstorms; Photosynthesis; Deep sea exploration
9	Exploring Domestic and International Elementary School Convergence Science Education Program	S. Na, N. Kwon	2014	STEM education; STEAM education; interdisciplinary; converging; consilience; elementary science education; convergence science education

N°	Nombre	Autor (es)	Año	Keywords
10	Una aproximación a la Educación STEAM. Prácticas educativas en la encrucijada arte, ciencia y tecnología	L. Cilleruelo, A. Zubiaga	2014	STEAM Education; art; education
11	The Effects of STEAM-based Programming Education with Robot on Creativity and Character of Elementary School Students	S. Chai, S. Chun	2015	Robot; STEAM Education; Programming; Creativity; Character
12	Examination of the Practical Model for STEAM Education through Case Studies	J. Kim, H. Won	2015	STEAM education; Curriculum reconstruction; The practical STEAM education model
13	Analysis on the Effects of the Augmented Reality-Based STEAM Program on Education	H. Ahn, Y. Choi	2015	STEAM Education; Augmented Reality; Inquiry Learning Model
14	Making Live Theatre with Multiple Robots as Actors	M. Jeon, M. Fakhrhosseini, J. Barnes <i>et al.</i>	2016	Live theatre; multiple robots; STEAM education
15	The Development and Application of a STEAM Program Based on Traditional Korean Culture	H. Kim, D. Chae	2016	High school; problem solving; STEAM education; traditional Korean instrument
16	The Wheel Model of STEAM Education Based on Traditional Korean Scientific Contents	P. Kim	2016	Discipline study; multidisciplinary study; STEAM education; traditional Korean science; wheel model
17	Development and Validation of Evaluation Indicators for Teaching Competency in STEAM Education in Korea	B. Kim, J. Kim	2016	STEAM education; teaching competency; evaluation indicator; behavioral event interview
18	Second-Graders Beautify for Butterflies	A. Anderson, J. Meier	2016	STEM Education; STEAM Education; Learning Cycle; 5E's Lesson Format; gardens; butterflies
19	Third Graders Explore Sound Concepts through Online Research Compared to Making Musical Instruments	K. Borsay, P. Foss	2016	Arts-integration; shadow puppets; science methods; preservice teachers; minority scientists; culture; STEM education; STEAM education

N°	Nombre	Autor (es)	Año	Keywords
20	Using Arts Integration to Make Science Learning Memorable in the Upper Elementary Grades: A Quasi-Experimental Study	N. Graham, L. Brouillette	2016	STEAM Education; STEM Education; Physical Science Education; Upper-Elementary Students; Arts integration; Grades 3-5; Concrete Operations; Formal Operations; Piaget
21	Art-Integration through Making Dioramas of Women Mathematicians' Lives Enhances Creativity and Motivation	A. Rule, D. Atwood-Blaine, C. Edwards <i>et al.</i>	2016	Art-integration; female mathematicians; intrinsic motivation; mathematics; STEM education; STEAM education
22	Learning Form and Function by Dance-Dramatizing Cultural Legends to Drum Rhythms Wearing Student-Made Animal Masks	P. Gray, A. Rule, G. Kirkland <i>et al.</i>	2016	Arts-integration; shadow puppets; science methods; preservice teachers; minority scientists; culture; STEM education; STEAM education
23	Why is "Space Science" Good for STEAM Education?	T. Watanabe	2016	Space Education; STEAM Education; 21st Century Skills; Researcher-Like Activity
24	Teachers' Perceptions and Practices of STEAM Education in South Korea	H. Park, S. Byun, J. Sim <i>et al.</i>	2016	STEAM education; Korean education; challenges; policy implications; K-12
25	Welcome to the Journal of STEM Arts, Crafts, and Constructions: What the Journal is All About	A. Rule	2016	Editorial; STEM Education; STEAM Education; Learning Cycle; 5E's Lesson Format
26	Development of a tangible medium to foster STEAM education using storytelling and electronics	S. Cools	2016	STEAM Education; 21st Century Skills; educational; tool; DIY electronics; storytelling
27	Shadow Puppet Plays in Elementary Science Methods Class Help Preservice Teachers Learn about Minority Scientist	P. Gray, A. Rule, A. Gentzsch <i>et al.</i>	2016	Arts-integration; shadow puppets; science methods; preservice teachers; minority scientists; culture; STEM education; STEAM education
28	Three- and Four-Year Olds Learn about Gears through Arts Journal of STEM Arts , Crafts , and Constructions	D. Stoycheva, L. Perkins	2016	Arts-integration; STEM education; STEAM education; Next Generation Science Standards; schema theory

N°	Nombre	Autor (es)	Año	Keywords
29	Water Play	J. Cline, B. Smith	2016	Arts-integration; STEM education; STEAM education; literacy; preschool; water play; spatial thinking
30	Eighth Graders Explore Form and Function of Modern and Fossil Organisms	J. Teske, P. Pittman	2016	Fossils; insects; STEM Education; STEAM Education; pop-ups; art integration; middle school students
31	Using Creativity from Art and Engineering to Engage Students in Science	M. Kuhn, S. Greenhalgh, M. McDermott	2016	Arts-integration; STEM education; STEAM education; Creativity; Conceptual Change
32	Who Moved Those Rain Clouds to Town? Making Windbirds to Learn about the Power of Wind	D. Samarakoon, L. Smith	2016	Arts-integration; STEM education; STEAM education; wind; windsock; NGSS; practical article
33	Benefits of a STEAM Collaboration in Newark, New Jersey: Volcano Simulation Through a Glass-Making Experience	A. Gates	2017	STEAM education, analog models, urban youth
34	STEAM Education Based On Local Wisdom Of Coffee Plantation In Jember To Improve The Competitiveness at 21st Century	S. Bahri, L. Kusumawati, L. Nuraini	2017	Science Teaching Material, STEAM Education, Local Wisdom
35	Creativity in Authentic STEAM Education with EarSketch	S. Engelman, B. Magerko, T. McKlin <i>et al.</i>	2017	Computer Science Education; Creativity; STEAM Education; EarSketch
36	5th - 7th Grade Girls' Conceptions of Creativity: Implications for STEAM Education	B. Tsurusaki, C. Tzou, L. Conner <i>et al.</i>	2017	STEAM Education; Creativity; 4Ps; 4Cs; Art; Science
37	The Effects of Creativity and Flow on Learning through the STEAM Education on Elementary School Contexts	B. Cho, J. Lee	No se presenta	STEAM education; Creativity (creative problem solving; creative personality); Flow on Learning

Tabla N°2: Cantidad de artículos publicados por año en cada uno de sus idiomas, elaborado a partir del conjunto final de artículos hallado tras la aplicación de filtros. En total 37 artículos fueron considerados.

Idioma	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	indeterminado
Coreano	0	0	0	0	1	2	4	1	2	1	0	0
Inglés	0	0	0	0	0	1	0	0	1	18	4	1
Español	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
Total de artículos publicados en el año	0	0	0	0	1	3	4	2	3	19	4	1

BIBLIOGRAFÍA

- Ahn, H., & Choi, Y.** 2015. Analysis on the Effects of the Augmented Reality-Based STEAM Program on Education. *Advanced Science and Technology Letters*, 92(1), pp. 125–130.
- Anderson, A. E., & Meier, J. A.** 2016. Second-Graders Beautify for Butterflies. *Journal of STEM Arts, Crafts, and Constructions*, 1(2), pp. 38–47.
- Baek, J., & Yoon, M.** 2016. Development and Application of STEAM Education Program Based on Robots: Through a Theme-Based Robot Soccer, 1, pp. 27–34. <https://doi.org/10.21742/ijcsite.2016.1.05>
- Bahri, S., Kusumawati, L., & Nuraini, L.** 2017. STEAM Education Based On Local Wisdom Of Coffee Plantation In Jember To Improve The Competitiveness at 21st Century. *Pancaran Pendidikan*, 6(3), pp. 126–135. <https://doi.org/10.25037/pancaran.v6i3.62>
- Bahrum, S., Wahid, N., & Ibrahim, N.** 2017. STEM Integration Module In Teaching And Learning with Visual Arts Education: A Needs Of Analysis, 7(2), pp. 582–590. <https://doi.org/10.6007/IJARBS/v7-i2/2666>
- Bloem, J., Van Doorn, M., Duivestein, S., Excoffier, D., Maas, R., & Van Ommeren, E.** 2014. The Fourth Industrial Revolution Things to Tighten the Link Between it and ot. *VINT Research Report*, pp. 1–39.
- Borsay, K. D., & Foss, P.** 2016. Third Graders Explore Sound Concepts through Online Research Compared to Making Musical Instruments. *Journal of STEM Arts, Crafts, and Constructions*, 1(1), pp. 46–61.
- Brown, J.** 2016. The current status of STEM education research. *Journal of STEM Education*, 17(4), pp. 52–56.
- Bush, S. B., & Cook, K. L.** 2016. Constructing Authentic and Meaningful STEAM Experiences Through University , School , and Community Partnerships, 51(1).
- Chai, S., & Chun, S.** 2015. The Effects of STEAM-based Programming Education with Robot on Creativity and Character of Elementary School Students. *Journal of The Korean Association of Information Education*, 19(2), pp. 159–166.
- Chiu, A., Price, C. A., & Ovrachim, E.** 2015. Supporting Elementary and Middle School Stem Education at the Whole-school level: A Review of The Literature. In *In NARST 2015 Annual Conference*. Retrieved from

https://www.msichicago.org/fileadmin/assets/educators/science_leadership_initiative/SLI_Lit_Review.pdf

- Cho, B., & Lee, J.** (n.d.). The Effects of Creativity and Flow on Learning through the STEAM Education on Elementary School Contexts.
- Cilleruelo, L., & Zubiaga, A.** 2014. Una aproximación a la Educación STEAM. Prácticas educativas en la encrucijada arte, ciencia y tecnología. *Augustozubiaga.Com*, 1–18. Retrieved from <http://www.augustozubiaga.com/site/wp-content/uploads/2014/11/STEM-TO-STEAM.pdf>
- Cline, J. E., & Smith, B. A.** 2016. Water Play. *Journal of STEM Arts, Crafts, and Constructions*, 1(2), pp. 16–22.
- Cools, S., Ciocci, M., & Design, P.** 2016. Development of a tangible medium to foster STEAM education using storytelling and electronics Sanne Cools.
- Engelman, S., Magerko, B., McKlin, T., Miller, M., Edwards, D., & Freeman, J.** 2017. Creativity in Authentic STEAM Education with EarSketch. *Proceedings of the 2017 ACM SIGCSE Technical Symposium on Computer Science Education - SIGCSE '17*, pp. 183–188. <https://doi.org/10.1145/3017680.3017763>
- Erwin, H. E.** 2017. Full STEAM Ahead in Physical Education. *Journal of Physical Education, Recreation & Dance*, 88(1), 3–4. <https://doi.org/10.1080/07303084.2016.1249759>
- Fulton, L., & Simpson-Steele, J.** 2016. Reconciling the Divide: Common Processes in Science and Arts Education. *Steam*, 2(2), 1–8. <https://doi.org/10.5642/steam.20160202.03>
- García, Y., Burgos, F., & Reyes, D.** 2017. Actividades STEM en la formación inicial de profesores: nuevos enfoques didácticos para los desafíos del siglo XXI. *Diálogos Educativos*, 18, pp. 37–48. Retrieved from <http://www.dialogoseducativos.cl/revistas/n33/garcia>
- García, Y., & Reyes, D.** 2012. Robótica educativa y su potencial mediador en el desarrollo de las competencias asociadas a la alfabetización científica. *Educación Y Tecnología*, 2, pp. 42–55.
- Gates, A. E.** 2017. Benefits of a STEAM Collaboration in Newark, New Jersey: Volcano Simulation Through a Glass-Making Experience. *Journal of Geoscience Education*, 65(1), pp. 4–11. <https://doi.org/10.5408/16-188.1>
- Graham, N. J., & Brouillette, L.** 2016. Using Arts Integration to Make Science Learning Memorable in the Upper Elementary Grades: A Quasi-Experimental Study. *Journal for Learning through the Arts*, 12(1), 1–17.
- Gray, P., Rule, A. C., Gentzsch, A., & Tallakson, D. A.** 2016. Shadow Puppet Plays in Elementary Science Methods Class Help Preservice Teachers Learn about Minority Scientist. *Journal of STEM Arts, Crafts, and Constructions*, 1(1), pp. 27–45.
- Gray, P., Rule, A. C., Kirkland, G., Logan, S., Alert, A., & Mason, C.** 2016. Learning Form and Function by Dance-Dramatizing Cultural Legends to Drum Rhythms Wearing Student-Made Animal Masks. *Journal of STEM Arts, Crafts, and Constructions*, 1(1), pp. 75–97.
- Gross, K., & Gross, S.** 2017. Transformation: Constructivism, Design, Thinking and Elementary Steam. *Art Education*, 69(6), 36–43. <https://doi.org/10.1080/00043125.2016.1224869>
- Hong, K.-C., & Shim, J.-K.** 2013. A Study of STEAM Education for Elementary Science Subject with Robots. *정보교육학회논문지*, 17(1), pp. 83–91.

- Hong, M., Hwang, B., & Choi, J.** 2012. The Development of STEAM Education Textbook on Water Pollution. *Journal of the Environmental Sciences*, 21(8), pp. 909–929.
- Jazdi, N.** 2014. Cyber physical systems in the context of Industry 4.0. *2014 IEEE Automation, Quality and Testing, Robotics*, 2–4. <https://doi.org/10.1109/AQTR.2014.6857843>
- Jeon, M., Fakhrhosseini, M., Barnes, J., Duford, Z., Zhang, R., Ryan, J., & Vasey, E.** 2016. Making Live Theatre with Multiple Robots as Actors. *Human-Robot Interaction*, (1), pp. 445–446.
- Kiel, D., Arnold, C., Collisi, M., & Voigt, K.-I.** 2016. The impact of the industrial internet of things on established business models. *IAMOT 2016 - 25th International Association for Management of Technology Conference, Proceedings: Technology - Future Thinking*, (July).
- Kim, B. H., & Kim, J.** 2016. Development and Validation of Evaluation Indicators for Teaching Competency in STEAM Education in Korea. *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, 12(7), 1909–1924. <https://doi.org/10.12973/eurasia.2016.1537a>
- Kim, H., & Chae, D. H.** 2016. The Development and Application of a STEAM Program Based on Traditional Korean Culture. *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, 12(7), 1925–1936. <https://doi.org/10.12973/eurasia.2016.1539a>
- Kim, J.-W., & Won, H.-H.** 2015. Examination of the Practical Model for STEAM Education through Case Studies. *JFM SE*, 27(6), pp. 1676–1684.
- Kim, P. W.** 2016. The Wheel Model of STEAM Education Based on Traditional Korean Scientific Contents. *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, 12(9), 2353–2371. <https://doi.org/10.12973/eurasia.2016.1263a>
- Kuhn, M., Greenhalgh, S., & Mcdermott, M.** 2016. Using Creativity from Art and Engineering to Engage Students in Science. *Journal of STEM Arts, Crafts, and Constructions*, 1(2), 9–15.
- Lee, S.-H.** 2011. STEAM Education through the Education of Energy and Climate Change. 1(1), pp. 1–11.
- Lee, S.-H.** 2013. Development of Eco-STEAM Educational Programs Based on Smart Learning. 2(3), pp. 250–259.
- Leong, J.** 2017. *Teaching Through A STEAM Network*. Queensland University of Technology.
- Magerko, B., Freeman, J., McKlin, T., Reilly, M., Livingston, E., McCoid, S., & Crews-Brown, A.** 2016. EarSketch: A STEAM-based approach for underrepresented populations in high school computer science education. *ACM Transactions on Computing Education*, 16(4). <https://doi.org/10.1145/2886418>
- Na, S., & Kwon, N.** 2014. Exploring Domestic and International Elementary School Convergence Science Education Program. (2), pp. 231–241.
- Park, H., Byun, S., Sim, J., Han, H., & Baek, Y. S.** 2016. Teachers' Perceptions and Practices of STEAM Education in South Korea. *EURASIA Journal of Mathematics, Science & Technology Education*, 12(7), pp. 1739–1753. <https://doi.org/10.12973/eurasia.2016.1531a>
- Rule, A. C.** 2016. Welcome to the Journal of STEM Arts, Crafts, and Constructions: What the Journal is All About. *Journal of STEM Arts, Crafts, and Constructions*, 1(1), pp. 1–9.
- Rule, A. C., Atwood-Blaine, D., Edwards, C. M., & Gordon, M. M.** 2016. Art-Integration through Making Dioramas of Women Mathematicians' Lives Enhances Creativity

- and Motivation. *Journal of STEM Arts, Crafts, and Constructions*, 1(2), pp. 84–103.
- Samarakoon, D., & Smith, L. L.** 2016. Who Moved Those Rain Clouds to Town? Making Windbirds to Learn about the Power of Wind. *Journal of STEM Arts, Crafts, and Constructions*, 1(2), pp. 23–37.
- Stoycheva, D., & Perkins, L.** 2016. Three- and Four-Year Olds Learn about Gears through Arts Journal of STEM Arts , Crafts , and Constructions. *Journal of STEM Arts, Crafts, and Constructions*, 1(2), pp. 67–83.
- Teske, J., & Pittman, P.** 2016. Eighth Graders Explore Form and Function of Modern and Fossil Organisms. *Journal of STEM Arts, Crafts, and Constructions*, 2(1), pp. 79–94.
- Thomas, J. W.** 2000. A Review of Research on Project-Based Learning. *The Autodesk Foundation*, 1–45. <https://doi.org/10.1007/s11528-009-0302-x>
- Trilling, B., & Fadel, C.** 2009. *21st Century Skills: Learning for Life in Our Times* (First Edit). United States of America: Jossey-Bass. <https://doi.org/10.1145/1719292.1730970>
- Tsupros, N., Kohler, R., & Hallinen, J.** 2009. STEM Education in Southwestern Pennsylvania the missing components. Retrieved from <https://www.cmu.edu/gelfand/documents/stem-survey-report-cmu-iu1.pdf>
- Tsurusaki, B. K., Tzou, C., Conner, L. D. C., & Guthrie, M.** 2017. 5th - 7th Grade Girls' Conceptions of Creativity: Implications for STEAM Education. *Creative Education*, 8(2), 255–271. <https://doi.org/10.4236/ce.2017.82020>
- Watanabe, T.** 2016. Why is “Space Science” Good for STEAM Education? 第60.回宇宙科 <https://doi.org/10.1515/9783110824469.X>
- WEF.** 2015. New Vision for Education: Unlocking the Potential of Technology. *World Economic Forum*, pp. 1–32.
- Yakman, G., & Lee, H.** 2012. Exploring the Exemplary STEAM Education in the U.S. as a Practical Educational Framework for Korea. *J Korea Assoc. Sci. Edu*, 32(6), pp. 1072–1086.
- Zande, R. Vande, Warnock, L., Nikoomanesh, B., & Van Dexter, K.** 2014. The Design Process in the Art Classroom: BUILDING Problem-Solving Skills for Life and Careers. *Art Education*, 67(6), pp. 20–27. <https://doi.org/10.1080/00043125.2014.11519294>