CAPITULO I

LA EDUCACIÓN STEM/STEAM COMO ALTERNATIVA PARA LAS REFORMAS EDUCATIVAS: UNA APROXIMACIÓN A SU ESTADO DEL ARTE DESDE LA PERSPECTIVA FILOSÓFICA

Norman Moreno Cáceres

Profesor-Investigador del Departamento de Ciencias Básicas de Unipanamericana. Correo electrónico: ndmorenoc@unipanamericana.edu.co. ORCID <https://orcid.org/0000-0003-1582-4785>.

Nelly Bautista Sapuyes

Profesora-Investigadora del Departamento de Ciencias Básicas de Unipanamericana. Correo electrónico: nybautistas@unipanamericana.edu.co. ORCID <https://orcid.org/0000-0002-4358-0856>.

Resumen

La presente revisión tiene como propósito identificar las características filosóficas que tienen los documentos realizados sobre la educación STEM/STEAM, esto con el fin de ampliar su comprensión en el contexto de las reformas educativas que tienen lugar desde los gobiernos para formular políticas de educación hasta los replanteamientos que puede hacer un docente sobre sus prácticas de aula. La metodología fue abordada mediante el método de análisis documental, se realizó un análisis fundamentado en la propuesta de los investigadores Chesky y Wolfmeyer quienes proponen un análisis filosófico a partir de las categorías de Axiología, Epistemología y Ontología de la educación STEM/STEAM. El material recopilado fue clasificado a partir del énfasis que se pudiera hacer desde las distintas categorías, también se reconocieron finalidades y contextos de la educación STEM/STEAM, a partir de lo cual, se identificaron algunas tendencias que permitieron llegar a resultados que se considera son de gran utilidad para aquellos que desean emprender transformaciones educativas desde la perspectiva de la educación STEM/STEAM. El análisis documental permitió identificar que existen publicaciones en el marco de las categorías: Axiología, Epistemología y Ontología, siendo esta última la menos referenciada en los documentos recopilados. Teniendo en cuenta lo anterior se evidencia una tendencia transformadora hacia la globalización de ciudadanos con habilidades, destrezas y competencias que permitan afrontar las problemáticas actuales y no centradas en la construcción de idealizaciones, esto evidencia distintas concepciones de la educación STEM/STEAM. Finalmente, entre las conclusiones se resalta que la educación STEM/STEAM no se trata de definiciones y procedimientos, sino que abre perspectivas de transformación en dinámicas que emergen de la transdisciplinariedad.

Palabras clave: Axiología, Educación STEM/STEAM, Epistemología, Ontología, Transdisciplinariedad.

STEM / STEAM EDUCATION AS AN ALTERNATIVE TO EDUCATIONAL REFORMS: AN APPROACH TO YOUR STATE OF ART FROM THE PHILOSOPHICAL PERSPECTIVE

Abstract

The purpose of this review is to identify the philosophical characteristics of the documents made on STEM / STEAM education, in order to broaden their understanding in the context of educational reforms that take place from governments to formulate education policies to the replacements that a teacher can make about their classroom practices. The methodology was approached through the documentary analysis method, an analysis based on the proposal of the researchers Chesky and Wolfmeyer who proposed a philosophical analysis from the categories of Axiology, Epistemology and Ontology of STEM / STEAM education. The compiled material was classified based on the outstanding that it could do from the different categories, it was also recognized the purposes and contexts of STEM / STEAM education, from which, some trends were identified that allowed reaching results that are considered to be of very useful for those who want to undertake educational transformations from the perspective of STEM / STEAM education. The documentary analysis identifying the stocks published within the categories: Axiology, Epistemology and Ontology, the latter being the least referenced in the collected documents. Taking into account the above, a transforming trend towards the globalization of citizens with skills, abilities and competences that face current problems and not focused on the construction of idealizations is evident; this shows different conceptions of STEM / STEAM education. Finally, among the conclusions it is highlighted that STEM / STEAM education is not about criticism and procedures, but rather opens perspectives for transformation in dynamics that emerge from transdisciplinarity.

Keywords: Axiology, STEM/STEAM Education, Epistemology, Ontology. Transdisciplinarity.

Introducción

En el marco del proyecto de investigación en educación STEM (acrónimo en inglés de ciencia, tecnología, ingeniería y matemáticas) denominado: “Construcción de Experiencias Teórico- experimentales para el aprendizaje de las ciencias a partir del modelado de sistemas mecánicos con Arduino.” Apoyado por la Fundación Universitaria Panamericana (Unipanamericana, Bogotá, Colombia) se trabajó teniendo como propósito la consolidación de prácticas alternativas de aprendizaje, en ese trayecto la educación STEM/STEAM (ciencia, tecnología, ingeniería y matemáticas/ciencia, tecnología, arte y matemáticas) se ha convertido en un dinamizador en los pensamientos y procesos de transformación educativa.

Durante el último siglo se han intensificado las búsquedas que permitan a los seres humanos lograr mejores aprendizajes, es decir, que sean más significativos, innovadores, creativos y críticos, que no estén centrados, por ejemplo, en la memorización. Esa

intención se ha visto delimitada por tendencias de teorías pedagógicas que se asumen como modelos del ser humano ideal, al mejor estilo de Emilio de Rousseau. Llegando a la zona de desarrollo próximo de Vygotsky, al aprendizaje significativo de Ausubel inclusive a la biología del amor de Maturana (Rosas y Balmaceda, 2008) y el bioaprendizaje de Gutiérrez (1973). Pasando por el conductismo, por el constructivismo y el cognitivismo, que se retoman y vuelven a retomar con variaciones en sus nombres (Rosas y Balmaceda, 2008). Sin embargo, entre los problemas que se plantean hoy y siempre, está: ¿Cómo lograr mejores aprendizajes?, etc. Es decir, por un lado, estaría suficientemente fundamentada la teoría pedagógica y educativa, por otro lado, las experiencias prácticas sistemáticamente documentadas y científicamente analizadas, que en conjunto Teoría-Práctica, presentan variedades que se pueden contemplar históricamente, por ejemplo, a través de la resolución de problemas, aprendizaje activo, aprendizaje basado en proyectos, gamificación, por mencionar algunas estrategias consolidadas en distintos ámbitos por estos días.

Este auge de modalidades de prácticas de aprendizaje crea en algunos participantes del acto educativo espejismos sobre “las recetas” para lograr el mejor método para aprender (Prieto, 2015). Desde esta perspectiva se considera que un gran aporte a las investigaciones que se hacen en el mejoramiento de prácticas de aprendizaje y en general de la educación, tiene que ver con la filosofía de la educación. (Chesky & Wolfmayer, 2015).

Al mismo tiempo, algo perfectamente establecido por estos días, es la necesidad de transformar las formas, métodos y saberes necesarios para resolver problemas, afrontar situaciones, predecir comportamientos, por mencionar algunas necesidades en nuestras sociedades. Tal es el caso que referencia (Storksdieck, 2016), quien describe sobre cómo los modelos de negocio de las instituciones educativas se están volviendo insostenibles, en muchos casos los aportes estatales y de empresas privadas no son suficientes. Adicionalmente, propone: “Si las instituciones educativas no abordan las preocupaciones sobre la calidad de la educación (STEM) y adoptan soluciones potenciales de manera activa, prudente, urgente y basadas en evidencia, las soluciones con el potencial de resultados cuestionables pueden imponerse externamente” (Storksdieck, 2016, p. 16). En este sentido, esta investigación se permitió pensar en que las reformas necesarias no pueden ser adoptadas de manera lineal dada la complejidad de los problemas y las dinámicas en las que se configuran sistemas que identifican las características de un acto educativo. Esta tarea de reforma educativa, que es de una altísima complejidad, es decir, no es suficiente pensar en “maquinas Newtonianas” de comportamientos de causa-efecto, lineal y estático, ni siquiera multivariado, es por eso que se hace necesario pensar en sistemas dinámicos no lineales que impliquen una transdisciplinariedad en el pensar, en el actuar, pero sobre todo en el vivir de los seres humanos. (Maldonado, 2015).

En este trasegar de las teorías, problemáticas, intereses, valores y demás necesidades de la humanidad, nos encontramos con la educación STEM/STEAM, por ahora el gran ejemplo de una educación pensada desde disciplinas científicas porque apuntalan a la resolución de problemas con un carácter transdisciplinar. ¿Y por qué insistir en lo transdisciplinar más que en lo multidisciplinar y lo interdisciplinar? Esto tendrá que ser una consecuencia de la mirada que se dé a los problemas y las necesidades de reformar políticas y estrategias educativas con miras a la formación de competencias de siglo XXI.

Es en este sentido, que la propuesta de (Chesky y Wolfmayer, 2015) al plantear tres categorías filosóficas: Axiología, Epistemología y Ontología, ofrece la posibilidad de establecer fronteras entre el “entusiasmo” que causa el propósito de reformar las políticas educativas o de reestructurar las actividades en un ambiente de aprendizaje, con la connotación y la denotación científica de pensar en alternativas a la crisis educativa, en el nivel micro o nivel macro.

Por otro lado, la justificación de la investigación desarrollada se plantea desde la importancia de hacer una revisión de publicaciones a nombre de la educación STEM, de tal manera que pueda mostrarse un panorama de intención y realidad en torno a lo que para algunos es la apuesta educativa más relevante de los últimos años. Para esta tarea se siguen los principios de (Guadarrama, 2009), quien propone un estado del arte o revisión de antecedentes para una investigación desde tres niveles de información: primer nivel, teorías o elementos teóricos existentes; segundo nivel, información empírica secundaria o indirecta que provienen de distintas fuentes. En el caso del presente escrito fuentes referenciadas en bases de datos. Un tercer nivel, corresponde a información empírica o directa la cual se obtiene mediante un acercamiento con la realidad.

Adicionalmente, un interés particular de este escrito consiste en consolidar una aproximación a una fuente de primer nivel a partir de la cual se generen otros acercamientos que “nutran” la riqueza de las reformas educativas pensadas desde la educación STEM. Por esta razón, se trabajó un diseño cualitativo de análisis documental con la intención de consolidar dimensiones o subcategorías que se deriven de las representaciones axiológicas, epistemológicas y que en las diferentes publicaciones relacionen los contenidos de las publicaciones consultadas, con las categorías filosóficas antes mencionadas.

Consideraciones teóricas

Necesidad de comprender la correlación del saber filosófico y el saber científico para extender las oportunidades de la educación STEM

El pensamiento desarrollado en el trasegar histórico de la humanidad propone diferencias que nos presenta coyunturas ideológicas que involucran a diferentes sectores de la sociedad, y por supuesto a la educación. De acuerdo con (Guadarrama, 2009) es con el pensamiento moderno donde se produce un cambio que nos condiciona como sociedad en nuestras formas de pensar y actuar, en algunos sitios con más arraigo que otros. Se superan, afirma Guadarrama, prevalencias filosóficas de carácter metafísico hacia una transformación de privilegio de la actividad científica.

Por otro lado, el investigador (Maldonado, 2015), diferenciando el pensar del pensamiento, afirma que el pensar sucede por dos vías: rupturas y quiebres, y síntesis. Pero nunca sucede por acumulación. Las rupturas y quiebres han estado desde la modernidad en la historia y la filosofía de las ciencias, por otro lado, los momentos de síntesis, los que para (Gell-Mann, 1995), son eventos congelados, se habían tratado como eventualidades hasta el desarrollo de lo que (Maldonado y Gómez, 2011), nombran como ciencias de la complejidad o simplemente complejidad (en inglés: Complexity). De acuerdo con lo

anterior, la intención es ubicar la perspectiva de la educación como escenario renovado, en un campo de acción y reflexión denominado educación STEM.

En todo nuestro devenir histórico-científico como especie humana, (Guadarrama, 2009), recuerda que la ciencia desplegó su atención a los fenómenos más allá de la naturaleza, lo que contribuyó a nuevos campos de desarrollo de la cultura humana. Por otro lado, parece obligado, citar la coyuntura social sucedida desde lo que se denomina primera revolución industrial, para la cual la técnica y su desarrollo primaron sobre la ciencia, hasta los cambios en el siglo XIX, por los avances en la Física y la Química que despertaron gran interés, nuevamente, por la ciencia. Posteriormente, se consolidó lo que se denomina la cuarta revolución industrial con nuevos y avanzados desarrollos tecnológicos. A continuación, en el cuadro 1, se ilustra algunas características que diferencian las distintas revoluciones.

Tabla 1. Síntesis histórica de las Revoluciones Industriales.

Época	Orden	Características
1800	Primera Revolución industrial	Mecanización y primeras máquinas de vapor
1900	Segunda Revolución industrial	Electricidad y Producción en serie
2000	Tercera Revolución industrial	Automatización y Tecnologías de la Información y la Comunicación
Actual	Cuarta Revolución industrial	Internet de las cosas, La Nube, Robótica.

Fuente: elaboración propia (2019), adaptado de Dominguez, Oliveros, Coronado y Valdez (2019).

De acuerdo con el cuadro anterior, se consideran las preguntas; ¿cuál era el estado de las políticas educativas a nivel global, si existían, en la primera revolución?, ¿o será este, el momento histórico en el que somos conscientes de la cuarta revolución industrial y de las necesidades educativas que ello demanda? Una cuarta revolución industrial que como mencionan (Dominguez, Oliveros, Coronado y Valdez, 2019) sucede en la actualidad y está relacionada con el internet de las cosas, la nube entre otros que sucede a las tres anteriores caracterizadas por las tecnologías de la información, las redes eléctricas y la mecanización, en un periodo comprendido desde 1800 hasta la actualidad.

Por ahora, un hecho a destacar es que la educación “aprendió” de la ciencia y de la industria con tendencias como la formación en competencias. Sin embargo, hay quienes afirman que se dejan de lado algunas dimensiones humanas para primar lo material, como se nota en lo que se bautizaron como habilidades blandas y duras. Por ejemplo (Calvo, 2013) deja entre ver que la urgencia de favorecer un sistema social-económico determinado ha incidido entre el mapa que se define en la escuela y el territorio en el que se desarrolla la vida de cada ser humano.

Es en este punto, la “palabra” STEM constituye un concepto, significativamente, reconocido de integración entre ciencia, tecnología, ingeniería y matemáticas. Muchos países, como Estados Unidos, Reino Unido, Australia, Singapur, China, Japón y otros, ponen más énfasis en las políticas de ciencia y tecnología que otros campos de estudio, a diferencia de los países latinoamericanos que limitan esos recursos y se convierten en usuarios del conocimiento.

Regularmente no se cuestiona el importante papel de los campos STEM en la investigación y el desarrollo con respecto a los empleos futuros y la mejora de los puntajes de clasificación global, así como en las reformas educativas. La abundancia de políticas orientadas a STEM, sin embargo, para algunos investigadores oscurece la importancia de otras disciplinas como las humanidades y las ciencias sociales. Al respecto, ha habido un llamado a la colaboración interdisciplinaria basada en STEM y otras disciplinas (Hawkins, Yamada, Yamada y Jacob, 2018). Es posible encontrarse con referencias de tipo STEM+A, STEAM + H, donde se consideran los aportes de las Artes (agregando una A) y de las humanidades (agregando H). De ahí, se deduce una intención común para todas las tendencias, que es abarcar un interés particular en el trabajo interdisciplinar o transdisciplinar.

Sin importar las propuestas educativas muchos países diseñan políticas para aumentar el número de estudiantes universitarios, así como estudiantes graduados en campos STEM y para conectar la investigación universitaria con la industria de manera que se pueda crear una base para los mercados laborales futuros. Este sería un rasgo general de la intención de una reforma educativa que contribuya a desarrollos sustentables. Con relación a lo anterior, los investigadores Hawkins, Yamada, Yamada y Jacob (2018), proponen una perspectiva de posibilidades en torno a las experiencias mundiales sobre educación STEM. Por un lado, el caso japonés que planteó una reestructuración de la educación en humanidades y ciencias sociales y su relación con las áreas STEM, como prioridad en la política educativa nacional.

Por otro lado, mencionan, cómo la evolución y la dinámica compleja de la globalización y la economía basadas en el conocimiento, han impactado el auge de políticas STEM orientadas a recursos humanos en perspectivas comparativas, examinando la necesidad de competencias más globales y no solamente locales. Es decir, se propone una perspectiva para ciudadanos globales y no personas localizadas en una comunidad específica, con problemáticas específicas, dado que se abordan estrategias de resolver, además de identificar.

La tendencia en Educación STEM ha mostrado diferentes posibilidades en diferentes contextos, desde las escuelas iniciales hasta las universidades, abriendo campos de interés y examinado diferentes perspectivas. Teniendo en cuenta la coyuntura histórica de evaluación de las instituciones de educación, la evolución de los enfoques educativos también ha servido para establecer resultados y criterios dinámicos, que de alguna forma muestran los rezagos y adelantos en términos de reformas y transformaciones educativas. (Hawkins, Yamada, Yamada y Jacob, 2018).

Adicionalmente, es posible encontrar enfoques críticos al optimismo relacionado con la educación STEM y tiene que ver con las cuestiones de desigualdad derivadas de políticas, enfoques y prácticas STEM en diferentes niveles: individuales, institucionales y políticos de orden nacional. Adicionalmente, la relación de la educación STEM con las ciencias sociales y humanidades se hace más necesaria, por el ejemplo en los países asiáticos como Korea y Japón. (Hawkins, Yamada, Yamada y Jacob, 2018).

Desde esta perspectiva la educación como actividad cumbre de las actividades de cualquier civilización, y mayor aún, hoy en día con las alertas que comprometen el futuro de la especie humana, por ejemplo, por temas ambientales. No debería tratar de aceptar y retomar los valores clásicos de las sociedades antiguas. La educación debe comprometerse

como medio eficaz para la paz y la armonía entre las personas y los pueblos. Desde la educación STEM esto se gesta reconociendo que la ciencia, históricamente ha sido la fuente de satisfacción a la curiosidad por los fenómenos naturales, y ahora, de las proyecciones sociales, económicas y políticas, proporcionando fundamentos para nuevas ingenierías y tecnologías. (Dori, Mevarech y Baker, 2018), Chesky y Wolfmayer (2015), proponen un método filosófico para estudiar la filosofía de la educación STEM. En el cuadro 2, que se presenta a continuación, es una adaptación de la versión original de los autores con el propósito de hacer claridad y diferenciar los elementos filosóficos concernientes a la educación STEM.

Tabla 2. Propuesta de la Filosofía de la Educación STEM.

	Filosofía	Educación
Axiología	La rama de la filosofía que trata con la naturaleza de los valores que están en La Moral, La Estética, La Religión y La Metafísica.	Para la educación, esto se encuentra en los supuestos normativos acerca de los propósitos a los que la educación STEM debería servir en los discursos públicos y los documentos de políticas.
Epistemología	La rama de la filosofía que está interesada en comprender el conocimiento, cómo lo adquirimos y si es falible o válido más allá de la comprensión humana.	Para la educación, esto se encuentra en las teorías pedagógicas sobre la mejor manera de la educación STEM, las creencias cognitivas acerca de los procesos humanos, los conceptos STEM, cuáles son los significados STEM.
Ontología	La rama de la filosofía que está interesada en explorar cuestiones de existencia, ser y realidad. Pregunta cuáles son los componentes subyacentes de la realidad y qué implicaciones tienen estos conceptos en nuestro lugar como seres humanos que viven en un mundo que intentamos comprender.	Para la educación, esto se encuentra en los supuestos subyacentes sobre lo que el contenido de STEM puede decirnos sobre la “realidad” y cómo influye tal comprensión en la forma en que percibimos el mundo que nos rodea.

Fuente: Chesky y Wolfmayer (2015).

El marco filosófico para la educación STEM se justifica, según Chesky y Wolfmayer (2015), desde la necesidad de incrementar las investigaciones en el campo de políticas educativas, buscando entender los mensajes explícitos e implícitos incorporados en documentos. Lo presentan con un nivel de meta-análisis dada la complejidad de los problemas y la importancia de las propuestas que algunos aprovechan para inundar de retóricas insulsas que recaen en el desgaste de la creatividad educativa y en impulsos entusiastas pero carentes de contenido útil. Es en este sentido, se considera que realizar un análisis desde el punto de vista de las publicaciones que hoy en día circulan, consiste en un aporte importante para el trabajo colaborativo de los interesados en investigar sobre la educación STEM en sus diferentes posibilidades.

¿Qué es educación STEM?

Para este título, se busca hacer énfasis en la complejidad del concepto asociado a la educación STEM, teniendo que en cuenta que es un concepto dinámico, alternativo que permite recoger, vincular y articular, investigaciones, trabajos y tareas de la educación científica que hoy trasciende fronteras, modelos y teorías, buscando desarrollar ciudadanos para el siglo XXI.

Sin embargo, una consolidación de la intención de la educación STEM es considerarla como un esfuerzo por combinar algunas o todas las cuatro disciplinas de la ciencia, la tecnología, la ingeniería y las matemáticas en una clase, unidad o lección que se basa en las conexiones entre las asignaturas y los problemas del mundo real. (Moore *et al*, 2014). En este orden los impactos en diferentes estadios de la educación como componentes curriculares y estrategias para el aula o los diferentes ambientes de aprendizaje, están ligados a la flexibilidad del trabajo interdisciplinar. Es decir, es una motivación estructural para la innovación educativa.

Para algunos como Wong, Dillon & King (2016), quienes analizan la experiencia en Inglaterra, proponen un ejercicio de revisión con dos elementos que deben ser tenidos en cuenta a la hora de pensar en la educación STEM/STEAM más allá de las posibilidades que estas ofrecen a la innovación educativa. Por un lado, proponen analizar la confusión acerca de la procedencia y el significado de la educación STEM/STEAM. Por otro lado, la percepción dicotómica de quienes están dudando de las ventajas por lo que se aplica el término, pero no se estudia la compatibilidad de los objetivos de una educación más incluyente, participativa, etc. Los autores lo plantean como una problemática en la que se debe investigar para proponer la educación STEM/STEAM como una agenda científica coherente y consciente de la política educativa de un país, una institución o un aula de clase.

Lo que sí es un hecho plausible es que existe una necesidad de que la investigación se centre en la educación STEM (Ciencia, Tecnología, Ingeniería y Matemáticas) para equipar a estudiantes y profesores con las habilidades necesarias para un futuro rápidamente cambiante. (King & English, 2016). Adicionalmente, las políticas educativas deben enriquecerse en otras perspectivas, metas y acciones enfocadas al éxito educativo.

Metodología

Diseño para el análisis documental

En esta investigación cualitativa se utilizó un análisis documental que consistió en un procedimiento de búsquedas relacionadas con las palabras clave: educación STEM y educación STEAM. Las bases de datos consultadas fueron Scopus, WoS y Springer. Los criterios de selección utilizados fueron:

1. Los documentos más citados.
2. Documentos publicados en los últimos 5 años. Sin carácter excluyente, es decir si el documento es de los más citados pero no fue publicado en los últimos cinco años se incluía en la lista de pertinencia.

3. Posteriormente, se diseñaron cuadros que incluyeron los resúmenes de cada documento para evaluar su coherencia con el objetivo de la investigación y su precisión con la educación STEM.
4. El resultado de esta selección fueron sesenta documentos.
5. El análisis documental se realizó a partir de instrumentos denominados: “Resumen Analítico Especializado” (RAE) donde se concentraron características de los documentos como: Resumen, Objetivos, resultados y conclusiones.
6. Finalmente, estos fueron los documentos utilizados para la etapa de análisis cualitativo. Donde emergieron dimensiones relacionadas con las categorías filosóficas: Axiológicas, Ontológicas y Epistemológicas. Esta construcción se realizó utilizando palabras indicadoras y palabras recurrentes, asociadas a frases, siendo estas las unidades básicas para el análisis cualitativo (se utilizó el software Atlas Ti).

Dimensiones emergentes del análisis documental: ¿cuáles pueden ser las características Filosóficas de la educación STEM?

De las referencias sobre la educación STEM se construyeron códigos para hacer referencia a las categorías filosóficas, ampliamente mencionadas en palabras anteriores: 1. La efectividad de la educación, lo que se representa en prácticas exitosas, se establece como uno de los propósitos más utilizados para hacer referencia a uno de los intereses más destacados en las publicaciones seleccionadas. 2. Las necesidades de la educación en contextos de competitividad y de modernización de la educación, apuntándole a nuevos retos de sociedad y el dominio de los conceptos y principios, de las ciencias, la tecnología, la ingeniería y las matemáticas, que se trabajan. 3. También es importante destacar que varias publicaciones utilizan la estrategia de comparación entre lo que se produce con STEM y lo que no. Por otro lado, estudios que muestran lo que sucede antes y después del proceso de implementación de estrategias mediadas en trayectos de educación STEM.

Adicionalmente, se requiere encontrar enfoques exitosos que conecten las cuatro disciplinas (STEM) en formas que mejoren los resultados de los estudiantes (Díaz y King, 2007); Honey *et al.*, 2014). Una propuesta para lograrlo es a través de experiencias de ingeniería alojadas en contextos del mundo “real” que contextualizan los conceptos de matemática, ciencia y tecnología. (King & English, 2016), de acuerdo con esta experiencia, los estudiantes, los nuevos ciudadanos deben resolver los nuevos problemas.

Por otro lado, atendiendo el rol del docente, un estudio que hacen Smith, Vinson, Smith, Lewin y Stetzer, (2014) concluye que esencialmente no es posible clasificar a los profesores entre los que hacen educación tradicional y lo que hacen educación altamente interactiva, para ellos el análisis debe incluir una serie de características continuas que los llevan de un extremo a otro, sin calificar la pertinencia de uno u otro, se exhibe un continuo de características que buscan potenciar planes de desarrollo profesional para los profesores. Es decir, las reflexiones para del acto educativo desde una perspectiva STEM/STEAM, no son una garantía de éxito, pero si posibilitan la reflexión desde los diferentes referentes de problematización que buscan mejorar aprendizajes.

En síntesis, se construyeron documentos estructurados bajo la denominación de Resumen Analítico Estructurado (RAE), de los cuales se realizó un análisis cualitativo con el software Atlas TI. Permitiendo la asociación de categorías filosóficas y las dimensiones construidas desde la lectura y análisis de los textos. Lo cual se resume en la tabla 3.

Tabla 3. Dimensiones emergentes de las relaciones del análisis documental.

Dimensiones		Características
Axiología	Necesidades	Se determina esta relación dado que el componente axiológico se relaciona con políticas y transformaciones en los diferentes niveles y las necesidades de la educación están presentes en cualquier intención de reforma. Por otro lado, las competencias/habilidades han adquirido importante reconocimiento en las tendencias de pensar y preparar ciudadanos y ciudadanas para la sustentabilidad en el siglo XXI.
	Competencias / Habilidades	
Epistemología	Efectividad	Se determina esta relación pensando en que los intereses de hacer más eficiente el acto educativo en términos de pertinencia y coherencia de los aprendizajes significativos. Se revitalizan las teorías pedagógicas y sus posibilidades de pensarse en el mundo desde entornos individuales a conciencias colectivas.
	Comparación	
Ontología	Conceptos y Principios	¿Qué se debe estudiar?, ¿qué conceptos?, ¿qué tanto se debe profundizar profundos? Estas preguntas se interpretaron como la invitación a repensar y revisar lo que esconden las estructuras teóricas a la luz de miradas educativas contemporáneas.

Fuente: elaboración propia (2019).

Características Filosóficas: resultados del Análisis Documental

Los resultados del análisis documental se presentan a continuación como análisis de las referencias consultadas en el marco de las categorías Filosóficas: Axiología, Epistemología y Ontología; y las dimensiones emergentes de la tabla 3.

Axiología: necesidades, competencias/habilidades de la educación

Se refiere a las necesidades educativas que durante el presente siglo y finales del siglo anterior no han sufrido grandes transformaciones. La diferencia radica esencialmente, en la gama difusa de los extremos entre “los que creen” y “los que no creen” que sean necesarias las transformaciones o “los que creen” que es suficiente con implementar prácticas del pasado en las que los comportamientos de los seres humanos eran más éticos y respetuosos, en apariencia, pero a lo mejor otros dirán que solamente eran menos sinceros, menos libres, etc. La tendencia que muestran las investigaciones es que el componente axiológico en la educación STEM/STEAM es cada vez más prioritario.

En términos de STEM/STEAM, los autores y autoras consultados plantean que las prácticas educativas, que el acto educativo, evidencian prácticas y necesidades sociales, locales y globales para que un ciudadano de Colombia, por ejemplo, entienda y aporte al contexto global, desde sus perspectivas sociales y culturales, pero con un desarrollo de competencias y habilidades científicas y tecnológicas. Es decir, en el desarrollo específico de los conocimientos, conceptos, métodos y prácticas, de la ciencia, la tecnología las matemáticas y la ingeniería como ejemplo histórico, de construcción y pensamiento crítico, para renovarse y aplicarse a los problemas del mundo contemporáneo.

Lo sugestivo es que hay un dinamismo y un entusiasmo en impactar los diversos contextos en aras de fortalecer aprendizajes para examinar y evidenciar problemas, pero también, dilucidar estados del conocimiento de prácticas educativas prometedoras, aclarando, que no se construyen ni divulgan con la intención de producir “recetas” o “algoritmos de confianza” para trabajar en el aula o para incluir en un documento de política educativa. Más bien, se convierte en un consolidado de conocimientos y experiencias que se alimentan de la historia y la práctica; y que activan la posibilidad de pensar en diversos propósitos y objetivos que generen procesos emergentes desde los ciudadanos para que la búsqueda de soluciones e ilusiones no sea exclusiva de “potencias”.

Epistemología: éxito y comparación

El éxito o la efectividad del acto educativo ha retomado la intención de que los estudiantes sean el centro de interés en los procesos, claramente esto no es una innovación ni siquiera una novedad. Sin embargo, se presentan propuestas a la luz de las necesidades y aspiraciones del mundo contemporáneo, lo cual es abiertamente una profunda diferencia. Aclarando, se busca resolver problemas del mundo actual y no construir el mundo ideal, incluyendo detalles como la necesidad de superar presentaciones magistrales y exámenes de respuesta restringida y única.

La comparación de experiencias aporta a la necesidad de ampliar espacios de interés en las reflexiones y construcciones sobre las investigaciones que existen y la que se puede generar. Adicionalmente, la búsqueda de formular nuevos problemas de investigación lejos de las restricciones metódicas y predictivas y más a la generación de datos significativos y ampliar para la posibilidad de implementar técnicas de análisis con grandes volúmenes de información recopilada sistemáticamente y que gracias a los avances de las ciencias computacionales ya no son más estudios de muestras estadísticas reducidas que recibían más críticas que utilidades.

Ontología: conceptos y principios

A diferencia de lo que algunos opinan, los conocimientos no están entrando en desuso, sino que, por el contrario, están adquiriendo un uso más técnico y científico, dicho de otra forma, deben ser más profundos y duraderos. La diferencia está, en que no se repiten como producto único de la memorización, ni se resuelven pseudo-problemas. Sino que, por el contrario, se aplican en contextos de interés con fines de estructuración de formas de pensar analítica, crítica y complejamente. Es aquí, donde se incluye el pensamiento computacional como necesidad de pensamiento contemporáneo para superar la crisis y afrontar la transformación de los paradigmas mecanicistas de una vez por todas.

La ciencia como ejemplo, como espejo de transformación, crítica y diversa, cuya naturaleza evidencia que emergen estructuras, paradigmas que actualmente la humanidad pretende hacer conciencia de la necesidad de superar como un conjunto interdisciplinar de saberes que nos ponen en un accidente congelado privilegiado por la conciencia de los hechos. Pero, también está la urgencia de superar problemas que antes no se contemplaban como extremos, calentamiento y sobre población por mencionar algunos.

Conclusiones

La educación STEM, se presenta, hoy en día como una alternativa eficiente para las búsquedas incansables de la educación en las últimas décadas, para nadie es un secreto que se ha buscado un referente para resolver problemas de manera interdisciplinar, porque los problemas de la sociedad evolucionaron, o dicho de otra forma se complejizaron en el mejor sentido, científico, de la complejidad. Aquí se destaca que las experiencias referidas a la educación STEM/STEAM son un gran ejemplo de la posibilidad de formar ciudadanos desde enfoques transdisciplinares y emergentes para la crisis educativa global.

Ahora bien, buenos ejemplos se han tenido siempre, pero la desconexión entre las políticas educativas, metodologías de aula y las investigaciones en temas de educación han sido recurrentes y se relegaron a temas de especialistas e investigadores que trabajaron en áreas temáticas que resultan siendo jerarquizadas en niveles de importancia: Las políticas educativas tienen más importancia que las experiencias de aula, incluso con objetivos diferentes. Sin embargo, actualmente, la educación STEM/STEAM aparece como una de las alternativas que permite integrar y complejizar los niveles de la educación con una gran perspectiva de transformación y en ese sentido se apuntalan las publicaciones permitiendo proyectar un gran aumento de comunidades académicas, regionales y globales que trabajen por las transformaciones educativas. Entonces, si lo que se quiere es trabajar en gamificación, es posible; si lo que se quiere es trabajar en resolución de problemas es posible o inclusión, etc. Es posible desde la educación STEM/STEAM, como un componente epistemológico en el marco de las categorías utilizadas en esta investigación.

Por otro lado, como componente investigativo se reflejan consecuencias de miradas a las diferentes problematizaciones de la educación en general en un marco de políticas educativas o estrategias educativas combinando características axiológicas y epistemológicas, donde cuenta el hecho dinámico y transdisciplinar que implica pensar la educación como sistema complejo y no como sistema mecánico lineal que se dinamiza en la transdisciplinariedad de la investigación y no en la jerarquización, lo que nos hace pensar que en consecuencia nuestros estudiantes podrán enriquecerse con nuevas experiencias y ambientes de aprendizaje que requieren experiencias en contextos del “mundo real”.

Cabe recalcar que la educación STEM/STEAM no está exenta de caer y recaer en las retóricas optimistas y comerciales, principalmente es importante destacar que no se constituye un discurso acabado que más bien es complejo, y por tal razón involucra dinámicas de innovación y creatividad permanentes, es decir no es estático, no se define a partir de una ¿qué es? sino que se define a partir de un ¿qué puede ser? y se alimenta desde las experiencias y se analiza desde las posibilidades axiológicas, epistemológicas y ontológicas por ejemplo.

En una época donde se habla de paradigmas emergentes, sistemas y problemas complejos, la educación debe transformarse a través de la investigación científica para ampliar la comprensión de cómo la intersubjetividad de la naturaleza permite asimilar nuevas informaciones y convertirlas en conocimientos significativos, innovadores, creativos y críticos. Es este sentido, La metacognición es una frontera relativamente nueva en la educación en general y en la educación STEM en particular.

Agradecimientos

A Luz Mary Mora D. Magister en Literaturas y Culturas Europeas ERASMUS MUNDUS Universidad de Haute - Alsace, Francia, Licenciada en Lenguas Castellana, inglés y francés. A la Universidad de la Salle – Bogotá, por su contribución en la traducción del resumen y sus aportes en el estilo del documento.

Referencias bibliográficas

- Calvo, C. (2013). *Del Mapa Escolar al Territorio Educativo*.
- Chesky, N. & Wolfmayer, M. (2015). *Philosophy of STEM Education A critical Investigation*. New York: PALGRAVE MACMILLAN. doi:10.1057/9781137535467.
- Dominguez, P., Oliveros, M., Coronado, M. y Valdez, B. (2019). *Retos de ingeniería: enfoque educativo STEM+A en la revolución 4.0*. Innovacion Educativa, 15-32.
- Dori, Y., Mevarech, Z. & Baker, D. (2018). *Cognition, Metacognition, and Culture in STEM Education*. Springer.
- Gell-Mann, M. (1995). *The Quark and the Jaguar: Adventures in the Simple and the Complex*. Macmillan.
- Guadarrama, P. (2009). *Dirección y asesoria de la investigación científica*. Bogotá: Magisterio.
- Gutiérrez, F. (1973). *El Lenguaje Total: Una Pedagogía de los Medios de Comunicación*. Buenos Aires: Humanitas.
- Gutiérrez, F. y Prieto, D. (1999). *La Mediación Pedagógica. Apuntes para una Educación a Distancia alternativa*. Buenos Aires: Ediciones La Crujía.
- Hawkins, J., Yamada, A., Yamada, R. & Jacob, W. (2018). *New Directions of STEM Research and Learning in the World Ranking Movement A Comparative Perspective*. Cham, Suiza: Palgrave Macmillan.
- King, D. & English, L. (2016). Engineering design in the primary school: applying stem concepts to build an optical instrument. *International Journal of Science Education*, 2762-2794. doi: <https://doi.org/10.1080/09500693.2016.1262567>.
- Maldonado, C. (2015). *Pensar en la Complejidad, pensar como síntesis*. Cinta de Moebio(54), 313-324. doi:<http://dx.doi.org/10.4067/S0717-554X2015000300008>.

- Maldonado, C. y Gómez Cruz, N. (2011). *El mundo de las ciencias de la complejidad*. Bogotá: Universidad del Rosario.
- Moore, T., Stohlmann, M., Wang, H., Tank, K., Glancy, A. & Roehrig, G. H. (2014). Implementation and integration of engineering in K-12 STEM education. En S. Purzer, J. Strobel, & M. Cardella, *Engineering in Pre-College Settings: Synthesizing Research, Policy, and Practices* (págs. 35-60). West Lafayette: Purdue University Press.
- Prieto, D. (2015). *Elogio de la pedagogía universitaria*. Mendoza : Facultad de Filosofía y Letras. Universidad Nacional de Cuyo.
- Rosas, R. & Balmaceda, S. (2008). *Piaget, Vigotski y Maturana: constructivismo a tres voces*. . Buenos Aires: Aique Grupo Editor.
- Smith, M. K., Vinson, E. L., Smith, J. A., Lewin, J. D. & Stetzer, M. R. (2014). A Campus-Wide Study of STEM Courses: New Perspectives. *Life Sciences Education*, 624-635.
- Storksdieck, M. (2016). Transforming Undergraduate STEM Education: Responding to Opportunities, Needs and Pressures. En G. C. Weaver, W. D. Burgess, A. L. Childress, & L. Slakey, *Transforming insTiTuTions Undergraduate STEM Education for the 21st Century*. West Lafayette, Indiana: Purdue University Press .
- Wong, V., Dillon,, J.& King,, H. (2016). STEM in England: meanings and motivations in the policy arena. *International Journal of Science Education*, 2346-2366. doi:10.1080/09500693.2016.1242818.