

Referencia al citar este artículo:

Useche, G., & Vargas, J. (2019). Una revisión desde la epistemología de las ciencias, la educación STEM y el bajo desempeño de las ciencias naturales en la educación básica y media. *Revista TEMAS*, III(13), 109-121.

<https://doi.org/10.15332/rt.v0i13.2337>

Una revisión desde la epistemología de las ciencias, la educación STEM y el bajo desempeño de las ciencias naturales en la educación básica y media¹

Gilberto Useche Gutiérrez²

Javier Vargas Guativa³

Recibido: 29 de marzo de 2019. Aceptado: 25 de abril de 2019

Resumen

El artículo presenta una revisión sistemática de literatura a partir de los conceptos de modelización, epistemología y didáctica de las ciencias, con el propósito de obtener los fundamentos teóricos para la construcción de un modelo didáctico que aporte a la enseñanza de la educación STEM.

El problema de investigación propuesto se estableció desde la perspectiva del bajo desempeño de los estudiantes en ciencias naturales y matemáticas. Siendo esta problemática de interés mundial estudiada por académicos, investigadores e instituciones educativas.

A partir del análisis de la literatura y los resultados de las pruebas censales nacionales y muestrales internacionales, se infiere que no existe una cabal comprensión de los conceptos científicos y matemáticos, y hay una tendencia a disminuir el número de estudiantes que estudian carreras en las que dichos conceptos se aplican. Finalmente, se concluye que la integración de la epistemología y la educación STEM permiten construir una alternativa didáctica desde la modelización que aporte a la enseñanza de las ciencias.

Palabras clave

Didáctica de las ciencias, epistemología, educación STEM, modelización.

A review from the epistemology of the sciences, STEM education and the low performance of the natural sciences in basic and secondary education

Abstract

The article presents a systematic review of literature based on the concepts of modeling, epistemology and didactics of science, with the purpose of obtaining the theoretical foundations for the construction of a didactic model that contributes to the teaching of STEM education.

The proposed research problem was established from the perspective of the low performance of students in natural sciences and mathematics. This problem is of worldwide interest and has been studied by academics, researchers and educational institutions.

1. Artículo de revisión.

2. Doctorando en Educación, Universidad Católica de Manizales. Correo electrónico: gilbertouseche3@gmail.com

3. Doctor en Ciencias de la Educación. Correo electrónico: electro_anvar@hotmail.com

From the analysis of the literature and the results of the national census and international sample tests, it is inferred that there is not a complete understanding of the scientific and mathematical concepts, and there is a tendency to decrease the number of students who study careers where these concepts are applied. Finally, it is concluded that the integration of epistemology and STEM education allow for the construction of a didactic alternative from modeling that contributes to science teaching.

Keywords

Didactics of science, epistemology, STEM education, modelling training.

Introducción

El problema del bajo desempeño en ciencias naturales y matemáticas está profusamente estudiado y es un hecho, en virtud de lo reportado por las pruebas internacionales, las pruebas censales nacionales, y las investigaciones de aula realizadas por académicos en diversos contextos, espacios y tiempos, esta problemática es de interés mundial estudiada por académicos, investigadores e instituciones educativas.

Se presenta la revisión sistemática de literatura sobre los conceptos de modelo, modelización, epistemología y educación STEM (acrónimo en inglés para Ciencia, Tecnología, Ingeniería y Matemáticas) que permita establecer el estado del arte que brinden el insumo necesario para la construcción de un modelo didáctico para la educación STEM.

Los resultados obtenidos muestran que existe un alto grado de correlación entre los indicadores de las pruebas censales nacionales y muestrales internacionales y los resultados encontrados por académicos e investigadores que evidencia que, en Colombia, en particular, y en el mundo, en general, existe bajo desempeño en el área de las matemáticas y las ciencias. En el caso específico de esta investigación se analizaron como fuentes terciarias los resultados de las pruebas PISA y TIMSS como referentes internacionales y los resultados de las pruebas Saber (3, 5, 9 y 11) como referentes nacionales que soportan el problema planteado.

Del análisis realizado se concluye que tradicionalmente se ha privilegiado en la enseñanza de las ciencias la transmisión de contenidos, lo que ha generado los pobres resultados en las pruebas estandarizadas; también se colige que a partir del estudio de la epistemología se pueden construir didácticas que posibilitan revertir la situación y hay una tendencia mundial de afrontar de manera holística la enseñanza de las áreas denominadas como STEM.

A continuación, se describen para Colombia los resultados obtenidos en las pruebas internacionales (PISA, TIMSS), de las pruebas nacionales (Saber 3º, 5º, 9º y 11º) y de las investigaciones de aula realizadas por diferentes académicos. Determinando que existe una necesidad de continuar con investigaciones que aporten a esta área del conocimiento.

Pruebas internacionales

En Colombia se aplican pruebas de carácter internacional que evalúan diversos aspectos; se reconocen PISA, TALIS, CIVICA, TIMSS y PIRLS; de estas pruebas solo PISA (<http://www.oecd.org/pisa/> y TIMSS <http://www.iea.nl/timss>) evalúan el desempeño en matemáticas y ciencias.

Cerca de 540.000 estudiantes de 15 años realizaron las pruebas PISA en 2015; este número se constituye en una muestra de los 29 millones de jóvenes de 15 años de las escuelas de los 72 países y economías participantes. En este año, tuvo como áreas de profundización las ciencias

y, las demás áreas evaluadas, lectura, matemáticas y resolución colaborativa de problemas fueron áreas secundarias.

Los resultados obtenidos muestran a Singapur como el país con mejor desempeño, seguido de Japón, Estonia, China Taipéi y Finlandia.

Las pruebas PISA, se aplican cada 3 años, desde el año 2000 (desde 2006 en Colombia), participan los países miembros de la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE) y algunas naciones de los cinco continentes que se vinculan a este estudio. Las áreas evaluadas son: lectura, matemáticas y ciencias; en la aplicación correspondiente a los años 2006 y 2015 la prueba de profundización fue en ciencias; ocho países latinoamericanos participaron en 2015, Colombia, Brasil, Chile, Costa Rica, México, Perú, Uruguay y República Dominicana; los países participantes se agrupan en tres grandes categorías para facilitar el análisis: Latinoamérica, No-OCDE y OCDE; las cifras muestran que el promedio obtenido por Colombia en 2015 en Ciencias (416), a pesar de haber superado por primera vez el promedio latinoamericano (406), persiste la brecha con los países No-OCDE (437) y con los países OCDE (488). En Colombia, el 66% de los estudiantes muestran un desempeño bajo en matemáticas mientras el 49% muestran desempeño bajo en ciencias, después de una mejora de 8 y 7 puntos porcentuales, respectivamente, comparado con el año 2012.

PISA muestra que los colegios privados tienen resultados más altos que los colegios oficiales.

Colombia ha participado en dos versiones del Estudio Internacional de Tendencias en Matemáticas y Ciencias

(TIMMS, por sus siglas en inglés)⁴ que tiene el propósito de conocer el nivel de la educación en ciencias y matemáticas en lo internacional, e identificar las principales deficiencias que están determinando el estado actual de la enseñanza de estas áreas. Los resultados fueron publicados en 2007⁵ y participaron 425.000 estudiantes de 59 países de todos los continentes; Colombia y el Salvador fueron los únicos países latinoamericanos en presentar la prueba. En Colombia se evaluó una muestra de 4873 alumnos de grado octavo y 4801 de grado cuarto. Entre las principales conclusiones se destaca el hecho de que los promedios de los estudiantes de colegios privados son superiores a los de quienes asisten a colegios oficiales. En cuanto a los niveles de desempeño, en Colombia solamente el 1% de los estudiantes de cuarto llegó al nivel avanzado, el 5% al nivel alto, y el 16% al nivel medio. El 49% se quedó en el nivel inferior. En octavo el 1% llegó al nivel avanzado, el 3% al nivel alto, y el 18% al nivel medio. El 41% se quedó en nivel inferior (ICFES, 2007). La aplicación de las pruebas evidencia que, en ciencias naturales, aproximadamente la mitad de los estudiantes del país presentan dificultad en el manejo de los conceptos básicos del área; además, todos los resultados son mejores en el sector privado y en la zona urbana. También, tanto TIMSS como PISA han identificado un mejor desempeño de los hombres con respecto a las mujeres en ciencias.

Pruebas nacionales

También las pruebas nacionales como Saber (3º, 5º, 9º y 11º) y Saber-Pro han identificado que en la enseñanza de las

4. Consultado del Informe Ejecutivo realizado por el ICFES. Corresponde a la aplicación del 2007 realizada en el área de ciencias en los grados 4º y 8º.

5. Se realiza cada cuatro años, desde 1995, 2007 fue el último año en el que Colombia se presentó.

ciencias y las matemáticas no se logra una verdadera comprensión.

Desde el 2012 el ICFES aplica la prueba Saber en los grados 3° (8 años), 5° y 9° con el objetivo de evaluar la calidad de la educación básica en las áreas de lenguaje, matemáticas, ciencias naturales y competencias ciudadanas. Es una prueba de carácter censal y su último año de aplicación fue el 2017 para matemáticas y 2016 para ciencias.

Los resultados de dichas pruebas en 2016 en el grado noveno muestran para ciencias naturales que apenas el 30% de los estudiantes alcanzaron el nivel de desempeño satisfactorio o avanzado con una ventaja significativa de los colegios privados (57%) sobre los colegios públicos (27%). En grado quinto el porcentaje muestra que el 39% alcanzaron los niveles de satisfactorio o avanzado; la diferencia entre los colegios privados y públicos muestran la misma tendencia: 64% contra 35%.

En matemáticas⁶ la situación no es menos grave; solo el 26% de los estudiantes de noveno alcanzaron los niveles satisfactorio y avanzado en tanto el 22% obtuvo insuficiente y el 53% el nivel mínimo. En grado 5 el 43% obtuvo el nivel insuficiente y el 29% el nivel mínimo. Comparando los colegios públicos y privados el panorama es el siguiente: el 43% de los estudiantes oficiales alcanzó el nivel insuficiente mientras el 23% de los privados obtuvo este nivel.

Saber 11 es una prueba censal estandarizada aplicada semestralmente por el ICFES a los estudiantes que cursan el grado 11°; su objetivo es monitorear la calidad de la educación. Los resultados de la prueba aplicada en agosto de 2018

muestran para ciencias y matemáticas, los siguientes resultados:

En ciencias, el 67% de los estudiantes se ubicaron en los niveles 1 y 2, mientras que apenas el 34% de los estudiantes se ubicaron en los niveles 3 y 4. La manera de interpretar estos datos, la provee el ICFES⁷. Es oportuno indicar que es deseable que los estudiantes se ubiquen en los niveles 3 y 4, puesto que es allí donde deducen y combinan procedimientos para realizar tareas determinadas.

En matemáticas, el 46% de los estudiantes se ubicaron en los niveles 1 y 2 mientras que el 54% en los niveles 3 y 4.

Investigaciones de aula

Las evaluaciones realizadas por los docentes como medio para confirmar el aprendizaje en los cursos de ciencias en las instituciones educativas de educación básica y media muestran que no existe una adecuada comprensión de los conceptos científicos y, por ende, se origina el fracaso de los estudiantes en dichas áreas. Si se indaga a los docentes del área sobre las razones de dicho resultado, suelen identificar como causas probables la dificultad intrínseca del área, las malas bases matemáticas y el desinterés por su aprendizaje de los estudiantes. Lo anterior, nace de prácticas inadecuadas de los docentes y de la ausencia de una estrategia didáctica eficaz para la enseñanza de las ciencias (Escobedo & Useche, 1999).

Hoy, el marcado interés en completar ciertos contenidos pone al docente en el dilema de privilegiar el cumplimiento de programas en detrimento de la comprensión o el enfatizar en el dominio de ciertos conceptos, so pena de no dar cuenta de la totalidad de estos (Escobedo & Useche,

6. El último año de aplicación de la prueba Saber 5, 9 en matemáticas fue en 2017, los datos citados aquí corresponden a ese año.

7. Tomado de <http://www2.icfesinteractivo.gov.co/resultados-saber2016-web/pages/publicacionResultados/agregados/saber11/>

1996). Un elemento que contribuye a que los docentes de ciencias opten por esta alternativa es que los exámenes aplicados normalmente son escritos y se diseñan para evaluar los contenidos aprendidos (García-Carmona et al., 2014, p. 7); el docente de ciencias adopta la actitud de cumplir con los contenidos programados debido a la presión ejercida por la aplicación de pruebas estandarizadas como las pruebas Saber, realizadas por el ICFES; hecho que se replica en otros países, tal como lo reporta García-Carmona & Cruz-Guzmán (2014) citando a Shayer, Denise y Coe:

'han constatado que los escolares de Primaria británicos han disminuido su capacidad explicativa en cuestiones de Ciencias desde que se instauraron las pruebas de evaluación de diagnóstico nacionales'... y 'los maestros se dedican casi exclusivamente a preparar a los alumnos para... pasar exitosamente... los exámenes tipo test con estrategias de aprendizaje superficial (p. 12).

Los padres reconocen que el aprendizaje de las ciencias juega un papel determinante en el éxito en los estudios superiores de sus hijos y es por lo que, tal como lo reporta el Ministerio de Educación "... el profesor de ciencias hace una equivalencia entre enseñar una determinada área de conocimiento científico con la exposición clara, ordenada y lógica de los resultados teóricos y experimentales del área de conocimiento en cuestión" (Figueredo, 1998).

De otro lado, es común que no se le dé la debida importancia a la pedagogía, con el pretendido silogismo de que el profesor de ciencias solo requiere un adecuado dominio de los saberes de su área y, por tanto, es allí donde se debe garantizar su máxima formación (Vasco, 1990); en contraposición, Tan (1985) encontró que hasta los profesores de física con mucha experiencia pueden frecuentemente fallar

en el intento de comunicar significados de conceptos y principios básicos y, además, gran parte del fracaso de los alumnos no se debe a limitaciones intelectuales, sino a fallas en la comunicación dentro del aula.

Los estudiantes aprenden a responder de una determinada manera ante ciertas circunstancias, sin haberse apropiado de un lenguaje, y, ante todo, del sistema teórico que este expresa. Los estudios sobre las actitudes de los estudiantes hacia las ciencias dejan unos preocupantes resultados; el interés de los estudiantes empieza pronto, pero decrece a medida que la escolaridad aumenta, dado que consideran aburrida la ciencia escolar y poco relevante en sus vidas: además, se han identificado estereotipos de género que indican que los hombres tienen mayores capacidades para el desarrollo de tareas científicas (Mellado et al., 2014).

Indagando sobre las circunstancias en las cuales los aprendizajes no se dan como debieran, Mellado encuentra que se ha abusado de la transmisión de la ciencia como un conjunto de verdades acabadas e indiscutibles, alejadas no solo de las inquietudes de los alumnos, sino también de la emoción que supuso en su momento histórico la construcción del conocimiento. Esta forma de plantear el aprendizaje científico genera en muchos alumnos actitudes y emociones negativas hacia determinadas materias (Mellado et al., 2014).

Ruiz (2007) refiere que una pregunta que aparece cuando el docente asume la dirección de un curso de ciencias es ¿Cómo enseñar ciencias significativamente?, no con el ánimo de instrumentalizar la didáctica sino por la búsqueda de elementos teórico-prácticos para la enseñanza y el aprendizaje de las ciencias.

Esto ha desembocado en que la didáctica de las ciencias se ha propuesto explicar de manera racional los procesos

de enseñanza-aprendizaje y ha logrado consolidarse como una disciplina emergente compartida por una comunidad de profesores e investigadores (Adúriz-Bravo & Izquierdo, 2002).

La escuela ha venido abusando en la consideración de la ciencia como conjunto de verdades acabadas e indiscutibles que deben ser transmitidas a los alumnos; este hecho se aparta de la emoción que implicó la construcción de dicho conocimiento en la historia y ha producido aversión en los estudiantes hacia dichas asignaturas (Mellado et al., 2014).

En España se ha encontrado que el cambio del paradigma docente en el que la enseñanza de las ciencias se ejerce de manera expositiva y superficial por uno que implique una visión constructivista del aprendizaje es un proceso complejo que demanda tiempo; un factor que determina la complejidad de este hecho es la evaluación que tradicionalmente ha convertido a los exámenes que valoran los aprendizajes declarativos y superficiales en el instrumento decisivo para evaluar los aprendizajes; de esta manera, aprobar dichos exámenes requiere el aprendizaje memorístico de contenidos a base de repeticiones mecánicas. De igual manera, Shayer, Denise y Coe (2007) “han constatado que los escolares de Primaria británicos han disminuido su capacidad explicativa en cuestiones de Ciencias desde que se instauraron las pruebas de evaluación de diagnóstico nacionales” (García-Carmona et al., 2014, p. 12).

Krüger, citado por Rodríguez (2007) presenta la curiosa evolución de las concepciones metodológicas de profesores de ciencias y matemáticas; dicha evolución se da en 6 niveles, estando en el nivel 1 el profesor que se limita a la transmisión verbal de contenidos, sin tener en cuenta las ideas previas de los alumnos; en el nivel 2 está el docente que realiza una transmisión verbal

con alguna participación de los estudiante; en el nivel 3 el profesor realiza actividades inductivas sin considerar ideas previas de los alumnos; en el nivel 4 se dan actividades centradas en el interés del estudiante; en el nivel 5, el docente diversifica las actividades y el alumno es protagonista; en el nivel 6 se da un proceso de investigación escolar de problemas relevantes. De acuerdo con esta clasificación, se puede inferir que en el más alto nivel se encuentran los profesores que tienen una concepción metodológica que favorece el desarrollo de competencias investigativas en los estudiantes, es decir, el docente que cualquier institución quisiera.

Las anteriores tres perspectivas permiten fundamentar la afirmación de que no se logra una verdadera comprensión de los conceptos de las ciencias y las matemáticas y esto se aplica no solo en el ámbito local, sino que es un resultado a nivel internacional. Empero, lo anterior se constituye en una invitación a la comunidad académica para que se exploren nuevas propuestas didácticas, innovadoras y eficaces que lleven a la “exclusión de los centros educativos y de los procesos de enseñanza... la visión rígida y tradicional del método científico... rechazando todo lo que significa invención, creatividad, duda” (Fernández, Gil y Carrasosa, 2006 citado por Ruiz, 2007).

En la actualidad existe una fuerte corriente que lleva a buscar la solución a la problemática de la ausencia de una didáctica efectiva desde dos fuentes: la epistemología y la educación STEM⁸ (Peñero de Juan, 2018).

Abordaje desde la epistemología de las ciencias

En el proceso seguido por la didáctica de las ciencias en su desarrollo se han abordado cuestiones aún no resueltas que

8. Acrónimo de Science-Technology-Engineering-Mathematics.

hoy se constituyen en verdaderas líneas de investigación:

¿Qué papel juega la historia y la epistemología en la enseñanza-aprendizaje de las ciencias?

¿Cómo la naturaleza de las ciencias influye en los procesos de enseñanza, aprendizaje y evaluación de las ciencias?

¿Cómo se aprende ciencias?

¿Qué papel juega la historia y la epistemología en el aprendizaje de las ciencias? Zambrano et al., 2013, p. 83).

Estas preguntas acercaron el ejercicio de la didáctica con la filosofía de la ciencia, aunque en no pocas ocasiones se la acusó de orientación positivista en la medida en que se dejaban al margen los factores sociales, culturales o afectivos considerados impropios de la ciencia en la medida en que se oponen a su objetividad pero que tienen gran relevancia para los fines de la didáctica (Jiménez et al., 2014).

Este hecho propició la búsqueda de una alternativa menos positivista, encontrándose en el racionalismo una alternativa forjada desde la razón, la lógica y la argumentación. Desde esta perspectiva se tiene que el conocimiento es un constructo de la mente y por lo tanto no se encuentra en la realidad y no surge de un proceso de observación. La enseñanza tradicional de las ciencias ha sido catalogada epistemológicamente de racionalista (Amador, & Adúriz-Bravo, 2011).

Para el racionalismo, la razón es la fuente del conocimiento válido, es allí donde los hechos de la naturaleza o fenómenos son interpretados; los hechos son observables solo a través de sistemas teóricos previamente contruidos desde una lógica universal (Jiménez & Carracedo, 1993), (Porlán, Rivero, & Martín del Pozo, 1998).

Los especialistas en didáctica de las ciencias recurrieron a otras perspectivas para interpretar las situaciones de aula. Es así como aparece en escena una producción intelectual fructífera a partir de los postulados del popperianismo y la nueva filosofía de la ciencia (Kuhn, Lakatos, Toulmin...) incorporados a los planteamientos de la didáctica. Esta última vertiente epistemológica se fue volviendo referencia ampliamente aceptada para fundamentar el ejercicio de la didáctica innovadora. A juicio de Amador Rodríguez y Adúriz Bravo, las anteriores ideas corresponden a un esfuerzo teórico de interpretar epistemológicamente la didáctica de las ciencias; este ha sido un esfuerzo con resultados parciales y sigue siendo necesario continuar la discusión en la comunidad para tratar de poner "fundamentos epistemológicos" a la didáctica (Amador, & Adúriz-Bravo, 2011).

Acometer la tarea del abordaje desde la epistemología es indagar la manera como la ciencia construye su conocimiento para poder, como lo plantean Amador y Adúriz-Bravo (2011), establecer una posible relación entre la epistemología y la didáctica de las ciencias.

Popper & Adorno (1978) manifiestan la necesidad de abordar las discrepancias entre el saber y el no saber, a partir del trabajo en torno a problemas concebidos como la contradicción entre nuestro conocimiento y los hechos; de esta manera surge el conocimiento. Los permanentes intentos de solución forjan un modelo explicativo en la mente del individuo; dicho modelo es provisional hasta que una nueva discrepancia lleve a mejorar el modelo explicativo o a su completa sustitución. El conocimiento no es otra cosa que soluciones provisionales a las discrepancias entre los hechos y los modelos explicativos contruidos a instancias de estos.

El conocimiento, visto desde esta perspectiva, no es más que un conjunto de propuestas de solución provisionales a las discrepancias entre nuestro saber y un conjunto de hechos. Para García & Rentería (2013) un problema es

una situación enfrentada por un individuo o un grupo... que presenta una oportunidad de poner en juego los esquemas de conocimiento, exige una solución que aún no se tiene para la cual no se conocen medios o caminos evidentes y en la que se deben hallar interrelaciones expresas y tácitas entre un grupo de factores o variables, lo que implica la reflexión cualitativa, el cuestionamiento de las propias ideas, la construcción de nuevas relaciones, esquemas y modelos mentales, es decir... la elaboración de nuevas explicaciones que constituyen la solución al problema... que significa reorganización cognitiva, involucramiento personal... y desarrollo de nuevos conceptos y relaciones generando motivación e interés cognitivo (p. 3).

Por su parte, Lara-Barragán & Cerpa (2014) consideran que el término “problema” hace referencia “al análisis de casos en los que han de evaluarse situaciones para una toma de decisiones” (p. 3). No se trata solo de encontrar incógnitas a partir de manipulaciones algebraicas en los que se aplican datos numéricos dados en un enunciado. La solución de un problema favorece la formación del pensamiento crítico, lo cual no se logra a través de la enseñanza tradicional donde “solo aprenden a memorizar o a repetir información que muchas veces no comprenden, y a resolver problemas numéricos de manera mecánica” (p. 3).

Lakatos, I. (1971) formula los llamados programas de investigación, según el cual los conocimientos establecidos por una comunidad constituyen un núcleo duro (modelo explicativo de un hecho o

conjunto de ellos) estructurado a través de un conjunto de principios básicos, convencionalmente aceptados por dicha comunidad; el núcleo duro obedece a dos reglas metodológicas: una de ellas establece los caminos investigativos que se deben evitar, y la otra indica los caminos que se deben seguir. Esta última permite la construcción de cinturón de hipótesis que actúa como escudo protector del núcleo duro ante las anomalías previstas por Kuhn.

Kuhn (2006) establece la existencia de una ciencia normal construida por la comunidad científica, constituida por paradigmas (entendido como un sistema de aproximaciones compartidas) que son sometidos a crisis producidas por anomalías detectadas en el acervo teórico que, si son numerosas, producen un desquiciamiento del paradigma lo cual lleva a la sustitución de este, produciéndose la llamada revolución científica, entendida como un cambio en la visión del mundo, configurándose una nueva ciencia normal.

Abordaje desde la educación STEM

En la actualidad la economía se sustenta en el conocimiento y en su aplicación; en este orden de ideas se requiere de recurso humano altamente calificado con habilidades en ciencias, tecnología, ingeniería y matemáticas. Es así como se requieren habilidades para la resolución de problemas, la comprensión de conceptos científicos y matemáticos y el conocimiento práctico de *hardware* y *software*; todas estas habilidades son desarrolladas en la educación STEM (Tsupros et al., 2009).

La educación STEM (del inglés Ciencia, Tecnología, Ingeniería y Matemática) surge como una propuesta para responder a estos nuevos requerimientos; privilegiando la enseñanza de las ciencias, atendiendo a sus aplicaciones en el mundo real. Algunos autores como Cilleruelo & Zubiaga (2014)

insisten en la importancia de incorporar las artes al modelo integrador y proponen el enfoque STEAM.

Se han propuesto algunos requisitos para que un tema de estudio se considere integrante de STEM: el primero de ellos (y el más obvio) es pertenecer a los dominios de la ciencia, de la tecnología, la ingeniería o las matemáticas; el segundo, que el tema pueda ser clasificado dentro de las llamadas disciplinas duras, entendida como aquella que es acumulativa, enfatiza en lo cuantitativo, ha construido leyes de carácter universal y en su aplicabilidad se orienta a la producción de tecnofactos (máquina, instrumento, herramienta, etc.), técnicas y procedimientos estandarizados (Vo et al., 2017).

De igual manera, se han propuesto requisitos para que una propuesta educativa sea considerada dentro de la propuesta de educación STEM: i. El proceso de aprendizaje debe estar centrado en el estudiante, él es quien construye sus conocimientos y su herramienta es la resolución de problemas del mundo de la vida (no imaginados por el profesor o sugeridos en los textos). ii. Debe integrar los componentes STEM en un ejercicio de interdisciplinariedad en la resolución del problema y iii. Los fenómenos, objetos de estudio o experiencias deben ser del dominio de las disciplinas duras y las áreas STEM (Vo et al., 2017).

Se puede afirmar que el objetivo de la educación STEM es preparar al estudiante para el mundo del trabajo, formándolo como persona solucionadora de problemas creativos e innovadores. En la educación STEM, la resolución de problemas es el elemento central por cuanto se propicia la participación activa de los estudiantes en su proceso de aprendizaje que se da de manera más significativa, en la medida en que lo enfrenta con situaciones del mundo real (García et al., 2017).

En Colombia la prueba TIMSS detectó una menor participación de los docentes en la incorporación de las tecnologías de la información y comunicación a las prácticas de enseñanza en ciencias y matemáticas. Sobre el impacto de la tecnología en el aprendizaje, los estudiantes que tienen computadores en sus casas mostraron un mejor desempeño que el promedio nacional y que aquellos que no poseen esta herramienta. Además, tener computador en casa, reduce significativamente las diferencias de resultados entre estudiantes de zona urbana y rural y entre hombres y mujeres (TIMSS, 2007).

Si bien los modelos explicativos son construidos por los científicos a partir de situaciones idealizadas, es precisamente una visión holística la que les permite conocer la manera de aislar un fenómeno. La educación STEM permite tener una aproximación a un fenómeno, de una manera integrada, tal y como se presenta en la naturaleza. Observar un fenómeno se convierte en un ejercicio cotidiano y se comprende como un todo, invitando a encontrar soluciones también integradas y no simplificadas como usualmente ocurre en los laboratorios escolares; para Cilleruelo & Zubiaga (2014) la educación STEM propone un nuevo marco de aprendizaje en el que, a partir de problemas cotidianos, se estimule la curiosidad y el interés personal como motor y guía del conocimiento, siendo el inicio de la solución a estos problemas.

Ruiz (2007) refiere que una pregunta que aparece cuando el docente asume la dirección de un curso de ciencias es ¿Cómo enseñar ciencias significativamente? La búsqueda de una respuesta a esa pregunta alimenta el presente esfuerzo de construir una propuesta para la enseñanza de las ciencias en la que se integren los elementos de la didáctica, la epistemología y la educación STEM. El abordaje del

problema descrito permitiría la modernización de la educación, acelerar el avance científico y tecnológico, consolidar la capacidad para el crecimiento económico, impulsar sosteniblemente la ciencia, la educación y el desarrollo en forma tal que se aseguren el bienestar y el progreso democrático de todos los colombianos.

Finalmente, se determina que la construcción de didácticas alternativas para la enseñanza de las ciencias y las matemáticas surge como respuesta para el problema del bajo desempeño en estas áreas; adicionalmente, enseñarlas de manera como se presentan en la realidad requiere de la configuración de didácticas holísticas y evitar presentar el conocimiento de manera parcelada como se insiste en hacerlo en las instituciones educativas; construir un modelo didáctico invita a la revisión del concepto de modelo.

El concepto de modelo tiene varias connotaciones, Ferrater (2009) presenta acepciones desde perspectivas metafísica, estética, ética y epistemológica.

Metafísicamente el modelo se presenta como equivalente a la realidad, aunque en estado de perfección, un ideal al que tiende la realidad.

Desde lo estético, el concepto se refiere a lo que un artista intenta reproducir atendiendo a su percepción.

Éticamente tiene un valor axiológico por cuanto el modelo se convierte en algo digno de ser imitado, a lo cual se aspira.

Epistemológicamente, el modelo puede ser entendido como la manera en que se explica la realidad física, los trabajos de científicos como Galileo o Newton caerían dentro de esta categoría; también se designa como modelo, desde la perspectiva epistemológica, la representación de alguna realidad o conjunto de ellas,

por ejemplo, un plano o una maqueta. Así mismo, es común utilizar una realidad como modelo para explicar otra realidad, un ejemplo de esto es cuando se utiliza el funcionamiento de la instalación hidráulica de una vivienda para explicar el funcionamiento de un circuito eléctrico. Para el proyecto que se presenta aquí, el concepto de modelo hace referencia a la perspectiva epistemológica.

De otro lado, construir un modelo no consiste solamente en expresar una percepción de la realidad, además, existen exigencias epistemológicas, para ello:

- Separar fenómeno y nómeno: la representación no es igual a lo representado.
- Representar incluye construir un sistema formal.
- Es posible predecir el comportamiento de un sistema a partir del modelo (García y Rentería, 2013, p. 300).

Para Moreira et al., (2002) el mundo no se aprehende de manera directa, sino a través de las representaciones construidas en nuestras mentes. Desde esta perspectiva, las teorías científicas son representaciones (modelos) que buscan describir el mundo y pueden aplicarse sobre él. De allí que se puedan representar a través de principios, leyes, formulaciones matemáticas y definiciones. Aprender ciencias significativamente implica recrear y apropiarse de un sistema de representaciones; el alumno no es un pasivo repositorio de información, sino un constructor de su conocimiento (Moreira et al., 2002).

Las personas desarrollan y utilizan modelos explicativos sobre la realidad que le rodea; aunque esta acción se realiza de manera natural, es un proceso complejo, en el que cobra relevancia las experiencias individuales, las interacciones con otras personas y las capacidades de razonamiento (Hinojosa y Sanmartí, 2014).

Ahora bien, una cosa es el modelo y otra es la acción de construir modelos o modelizar; el proceso de modelización inicia con el planteamiento de una situación problemática real que puede ser o no científica, y que se desea simplificar, estructurar e idealizar y, por supuesto, formalizar (construcción del modelo). El desarrollo de la habilidad para modelizar adquiere gran importancia en el proceso de resolución de problemas, ya que permite apropiarse del problema, comprenderlo, identificar sus relaciones, sus variables y permite describir sus propiedades con enunciados breves y claros. Desde esta perspectiva, la modelización se convierte en un proceso para la resolución de problemas, es decir, para el aprendizaje; el sujeto que aprende lo hace a través de la creación y la modificación de modelos y no simplemente con la adquisición de modelos previamente contruidos (García & Rentería, 2013).

Muchos autores, desde Piaget hasta Kuhn, han planteado la importancia del cambio de modelos a través de provocar conflictos cognitivos (desquiciamiento de paradigmas). Es cierto que los modelos no cambian por el simple hecho de provocar un conflicto, sino que es necesario reconstruirlos; este proceso suele ser largo y exige el apoyo de pequeños “conflictos” y reflexiones como resultado de aplicarlos en otras situaciones.

En el ámbito educativo, cuando un estudiante ha construido un modelo a partir de sus experiencias, debe ser capaz de utilizarlo en situaciones nuevas; en este caso se habla de transferencia como proceso mediante el cual se pone a prueba el modelo construido no solo para aplicarlo a la nueva condición, sino para revisar el modelo y, eventualmente, reformularlo (Hinojosa y Sanmartí, 2015).

Francisco Javier Ruiz ha identificado modelos didácticos para la enseñanza de las ciencias:

Modelo por transmisión: Este modelo aún aparece en las instituciones educativas, se identifica con prácticas tradicionales y tiene muchos defensores y practicantes.

Modelo por descubrimiento: El docente procura que el estudiante descubra el conocimiento, esta acción se puede hacer a través la guía del maestro, quien ejerce la función de crear condiciones o sugerir problemas y orienta hacia la solución, se habla entonces de modelo por descubrimiento guiado. También puede suceder que el estudiante construye sus propias conclusiones a partir de la información provista por las condiciones existentes, y en este caso hablamos de descubrimiento autónomo.

Modelo recepción significativa: Se incorpora a las aulas desde la perspectiva ausubeliana del aprendizaje significativo.

Modelo de cambio conceptual: Incorpora elementos de la teoría ausubeliana, busca el cambio conceptual considerando los presaberes y el conflicto cognitivo.

Modelo por investigación: Identifica claramente la incompatibilidad entre el conocimiento cotidiano y el científico. Este modelo asume una postura constructivista y se caracteriza por el uso de problemas de orden científico para la enseñanza de las ciencias; este último elemento orienta la secuenciación de los contenidos curriculares en las instituciones educativas. Para este modelo es crucial alcanzar el cambio conceptual, parte de concepciones alternativas, siendo puestas en crisis al ser confrontadas con situaciones conflictivas. Se trata de lograr el cambio conceptual como una sustitución de los presaberes por conceptos científicos o teorías más potentes (Ruiz, 2007).

Conclusiones

- En la enseñanza de las ciencias se ha venido privilegiando la transmisión de contenidos y de allí se derivan los

pobres resultados en las pruebas nacionales e internacionales. Existe una preocupación creciente generalizada en lograr una mayor comprensión de los conceptos de las ciencias naturales y las matemáticas, que según muestran las pruebas estandarizadas y diversas investigaciones de aula, ha alcanzado niveles críticos.

- El estudio de la historia y la filosofía de la ciencia (epistemología) presenta elementos que pueden y deben ser considerados para configurar modelos didácticos alternativos en la enseñanza de las ciencias; la acción de modelizar debe ser incorporada al quehacer docente como elemento cotidiano y transferir dicha competencia a sus estudiantes como acción a través de la cual se produce el aprendizaje.
- Existe un creciente interés en una educación holística, integradora de las áreas ciencias, tecnología, ingeniería y matemáticas (STEM); surge la necesidad de esforzarse en la construcción de didácticas que apunten en esta dirección.

Referencias

- Adúriz-Bravo, A., & Izquierdo, M. (2002). Acerca de la didáctica de las ciencias como disciplina autónoma. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, 1(3), 130-140. Recuperado el 10 de marzo de 2017, de https://www.researchgate.net/profile/Merce_Izquierdo/publication/28092803_Acerca_de_la_didactica_de_las_ciencias_como_disciplina_autonoma/links/54d49aae0cf25073d02998aa.pdf
- Amador, R. Y., & Adúriz-Bravo, A. (2011). A qué epistemología recurrir para investigar sobre la enseñanza de las ciencias. *Revista Virtual EDUCyT*, 3, 3-18. Recuperado el 19 de marzo de 2017, de <http://historiayespacio.univalle.edu.co/index.php/educyt/article/view/1840>
- Cilleruelo, L., & Zubiaga, A. (2014). Una aproximación a la educación STEAM. Prácticas educativas en la encrucijada arte, ciencia y tecnología. *Actas Jornadas de Psicodidáctica*.
- Escobedo, H., & Useche, G. (1996). *Un modelo de enseñanza de la física desde la perspectiva de una psicología constructivista*. Colciencias. Bogotá.
- Escobedo, H., & Useche, G. (1999). *Investigación en el aula de física: una estrategia para la cualificación de docentes y el mejoramiento de la comprensión de los estudiantes*. Colciencias. Bogotá.
- Ferrater, J. (2009). *Diccionario de filosofía* (Vol. 3). Barcelona: Ariel S. A.
- Figueredo, H. E. (1998). *Lineamientos curriculares. Ciencias Naturales y Educación Ambiental*. Bogotá: Magisterio.
- Fourez, G. (2000). *La construcción del conocimiento científico. Sociología y ética de la ciencia* (3ª ed.). Madrid, España: Narcea.
- García, Y., González, D. S. R., & Oviedo, F. B. (2017). Actividades STEM en la formación inicial de profesores: nuevos enfoques didácticos para los desafíos del siglo XXI. *Diálogos Educativos*, (33), 35-46.
- García, J., & Rentería, E. (2013). Resolver problemas y modelizar –un modelo de interacción–. *Magis: Revista Internacional de Investigación en Educación*, 5(11), 297-333. Recuperado el 20 de marzo de 2017, de <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=4773598>
- García-Carmona, A., Cruz-Guzmán, M., & Criado, A. (2014). ¿Qué hacías para aprobar los exámenes de ciencias, qué aprendiste y qué cambiarías? *Investigación en la escuela* (84), 31-46. Recuperado el 20 de marzo de 2017, de https://www.researchgate.net/profile/Antonio_Garcia-Carmona/publication/272352511_Que_hacias_para_aprobar_los_examenes_de_Ciencias_que_aprendiste_y_que_cambiaras_Preguntamos_a_futuros_docentes_de_Educacion Primaria/links/5708d5e108ae8883a1fa49d9.pdf
- Hinojosa, J., & Sanmartí, N. (2015). La autorregulación metacognitiva como medio para facilitar la transferencia en mecánica. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 12(2), 249-263. doi:10498/17250.
- ICFES. (2007). Resultados de Colombia en TIMSS 2007. Recuperado el 31 de julio de 2017, de <http://aplicaciones2.colombiaprende.edu.co/ntg/ca/Modulos/magnitudes/docs/ResultadosdeColombiaenTIMSS2007.pdf>
- Jiménez, V. M., & Carracedo, D. (1993). Contribuciones de la filosofía de la ciencia a la didáctica de las ciencias. Enseñanza de las ciencias: Revista de Investigación y Experiencias Didácticas, 11(3), 331-339.
- Jiménez, V. M., Borrachero, A. B., Brígido, M., Melo, L. V., & Dávila, M. A. (2014). Las emociones en la enseñanza de las ciencias. *Enseñanza de las ciencias: Revista de Investigación y Experiencias Didácticas*, 32(3), 11-36.
- Kuhn, T. S. (2006). La estructura de las revoluciones científicas (3 ed.). (C. Solís, Trad.). México D. F., México: Fondo de Cultura Económica.
- Lakatos, I. (1971). History of Science and its Rational Reconstructions. En Buck y Cohen (Eds.) (1971). *PSA 1970, Philosophy of Science Association, East Lansing*, 91-135.
- Lara-Barragán, A., & Cerpa, G. (2014). Enseñanza de la física y desarrollo del pensamiento crítico. *Lat. Am. J. Phys. Educ.*, 8(1), 52-59. Recuperado el 20 de marzo de 2017, de https://www.researchgate.net/profile/Antonio_Lara-Barragan_Gomez/publication/286420238_Ensenanza_de_la_Fisica_y_desarrollo_del_Pensamiento_Critico/links/5668b21108ae7dc22ad38644.pdf
- Mardones, J. M. (1994). *Filosofía de las ciencias humanas y sociales*. Barcelona, España: Anthropos.
- Mellado, V., Borrachero, B., Brígido, M., & Melo, L. (2014). Las emociones en la enseñanza de las ciencias. Enseñanza de las Ciencias, 11-36. Recuperado de https://scholar.google.com/scholar?start=10&q=modelos+did%C3%A1cticos%2Bciencias+naturales&hl=es&as_sdt=0,5&as_ylo=2013

- Moreira, M. A., Greca, I. M., & Rodríguez, M. L. (2002). Modelos mentales y modelos conceptuales en la enseñanza y aprendizaje de las ciencias. *Revista brasileira de investigación en educación en ciencias* 2(3), 84-96. Recuperado el 12 de marzo de 2017, de <https://www.if.ufrgs.br/~moreira/modelosmentalesymodelosconceptuales.pdf>
- Pelejero de Juan, M. (2018). *Educación STEM, ABP y aprendizaje cooperativo en tecnología*. Trabajo de grado, Universidad Internacional de La Rioja.
- Popper, K., & Adorno, T. (1978). *La lógica de las ciencias sociales*. México: Grijalbo.
- Porlán, R., Rivero, A., & Martín del Pozo, R. (1998). Conocimiento profesional y epistemología de los profesores, II: Estudios Empíricos y Conclusiones. *Enseñanza de las Ciencias. Revista de Investigación y Experiencias Didácticas*, 16(2), 271-288.
- Rodríguez, E. (2007). *Modelo de intervención docente que posibilita evolución conceptual, metodológica y actitudinal*. Burgos: Universidad de Burgos.
- Ruíz, F. J. (2007). Modelos didácticos para la enseñanza de las ciencias naturales. *Revista Latinoamericana de Estudios Educativos* (Colombia), 3(2). Recuperado el 14 de marzo de 2017, de <http://www.redalyc.org/articulo.oa>
- Ruíz, F. J., Márquez, C., & Tamayo, O. E. (2014). Cambio en las concepciones de los docentes sobre la argumentación y su desarrollo en clase de ciencias. *Enseñanza de las Ciencias*, 32(3), 53-70. doi:10.5565/rev/ensciencias.985.
- Tan, S. A. (1985). *Study of the Learning and teaching of Physics Concepts in Various Types of Classroom Situations*. Unpublished P h. D. Thesis. P h. D. Thesis, Cornell University Department of Education, Ithaca, NY.
- Tsupros, N., Kohler, R., Hallinen, J. (2009). *STEM Education in Southwestern Pennsylvania the missing components*. Recuperado de <https://www.cmu.edu/gelfand/documents/stem-survey-report-cmu-iu1.pdf>
- Vasco, C. E. (1990). *Reflexiones sobre pedagogía y didáctica*. MEN. (M. d. Nacional, Ed.). Bogotá.
- Vasco, C. E. (1996). *Colombia, al filo de la oportunidad* (1 ed., Vol. 1). Bogotá: Tercer Mundo.
- Vo, H. M., Zhu, C., Diep, N. A. (2017). The effect of blended learning on student performance at course-level in higher education: A meta-analysis. *Studies in Educational Evaluation*, 53, 17-28. Recuperado de <https://doi.org/10.1016/j.stueduc.2017.01.002>
- Zambrano, A. C., Salazar, T. I., Candela, B. F., Villa, L. Y. (2013, junio-diciembre). Las líneas de investigación en educación en Ciencias en Colombia. *Revista Virtual EDUCyT*, 7, 78-109. Recuperado el 12 de marzo de 2017, de <http://bibliotecadigital.univalle.edu.co/bitstream/10893/8666/1/Las%20Lineas%20De%20Investigacion.pdf>