



Diseño y desarrollo de una serie de textos escolares de Ciencias Naturales con talleres STEM para la educación básica primaria y secundaria en Colombia

Darwin Leonardo Vargas Sánchez
Universidad Distrital Francisco José de Caldas

ARTICLE INFO

Received: 22 July 2020

Accepted: 15 August 2020

Available on-line: 30 November 2020

Keywords: Educación Básica primaria, Educación Básica secundaria, textos escolares, STEM, Ciencias Naturales.

E-mail addresses: Incluir las direcciones electrónicas de cada autor.

ISSN 2007-9847

© 2020 Institute of Science Education.
All rights reserved

ABSTRACT

The Political Constitution in Colombia in article 67, defines and develops the organization and provision of formal education at its preschool, basic (primary and secondary) and middle levels. The basic cycle is organized in nine levels (five levels for primary and four levels for basic secondary). The design and development of the series of school texts that was carried out in this work, wants to impact the nine levels that correspond to basic education in the area of Natural Sciences. The basic competency standards published by the Ministry of National Education in 2004, establish the concrete thinking and production actions that students must develop in each of the schooling cycles. Thinking actions that lead to the appropriation of concepts from biology, ecology, Earth and universe, chemistry and physics are included in the component of managing knowledge of natural sciences. Therefore, the textbooks and STEM workshops designed in this proposal will address each of these areas of knowledge.

La Constitución Política en Colombia en el artículo 67, define y desarrolla la organización y la prestación de la educación formal en sus niveles preescolar, básica (primaria y secundaria) y media. El ciclo de básica está organizado en nueve niveles (cinco niveles para primaria y cuatro niveles para básica secundaria). El diseño y el desarrollo de la serie de textos escolares que se realizó en el presente trabajo, quiere impactar los nueve niveles que corresponden a la educación básica en el área de Ciencias Naturales. Los estándares básicos de competencias publicados por el Ministerio de Educación Nacional en el año 2004, establecen las acciones de pensamiento y de producción concretas que los estudiantes deben desarrollar en cada uno de los ciclos de escolaridad. En el componente de manejo de conocimientos propios de las ciencias naturales se incluyen acciones de pensamiento que llevan a la apropiación de conceptos de biología, ecología, Tierra y universo, química y física. Por ello, los textos escolares y los talleres STEM diseñados en esta propuesta, abordarán cada una de estas áreas del conocimiento.

I. INTRODUCCIÓN

La serie de textos escolares llevan el nombre de Savia Ciencias Naturales, fueron publicados bajo el sello de la editorial SM en Colombia. Desde la macroestructura de los textos se puede evidenciar que en primaria se abordan 4 unidades o bloques de contenido y en secundaria se abordan 8 unidades de contenido. Los talleres STEM fueron diseñados bajo el STAR Legacy Cycle propuesto por Cordray, Harris y Klein, en el año 2009.

Este ciclo parte de un contexto familiar para los estudiantes, del cual deben abstraer uno o varios problemas y luego a manera de reto proponer una solución. Para ello, los estudiantes deben abordar el problema, generar ideas, reconocer

múltiples perspectivas, investigar y revisar, poner a prueba la solución planteada y por último publicar y comunicar la solución que definieron.

Los talleres llevan el nombre de Ciencias manipulativas, aparecen al final de cada una de las unidades de contenido como actividades integradoras de aprendizaje y son un escenario que ayuda a los estudiantes a motivarse y a involucrarse de manera colaborativa en la resolución de un problema de la vida real.

II. UN PUNTO DE PARTIDA

¿En qué mundo vivirán nuestros estudiantes al terminar su etapa escolar en el colegio? ¿Qué habilidades deben desarrollar para desempeñarse como ciudadanos científicamente alfabetizados?

¿En qué actividades y labores se desempeñarán cuando sean adultos? ¿Cuáles serán sus respuestas ante desafíos éticos, políticos, morales, democráticos y científicos?

Algunas de estas preguntas son las principales preocupaciones que tenemos los docentes, todas apuntan a reflexionar si la educación que están recibiendo nuestros estudiantes en la actualidad, será pertinente para las exigencias del futuro.

Según Rivas para definir qué hay que enseñar, es necesario partir de una visión proyectada del presente. Los educadores, los diseñadores del currículo, los políticos de la educación no pueden evitar proyectar el mundo: es su trabajo central. Hacerlo no implica caer en un futurismo astrológico o en fabulaciones de ciencia ficción. Anticipar el futuro es un trabajo imposible pero necesario: nadie sabe qué pasará en 2030, pero debemos usar todas las herramientas científicas y epistemológicas para anticipar cómo será ese mundo en el cual vivirán nuestros estudiantes cuando les toque adentrarse en la mayoría de edad (2019, p. 15).

En este marco, es necesario mirar los cambios educativos teniendo en cuenta tendencias que han sido proyectadas por especialistas en el área y que atienden a necesidades contextuales específicas del futuro, partiendo de algunas dimensiones como el trabajo y la economía, el mundo social y cultural, y el mundo político y ciudadano.

En la actualidad estamos atravesando por la cuarta revolución industrial que se construye sobre la base de la electrónica, la informática y sobre los sistemas de información. Podemos ver cómo las tecnologías emergentes, la inteligencia artificial, la realidad virtual, la nanotecnología y la robótica empiezan a brindar diferentes posibilidades económicas, sociales y productivas. El sistema educativo y los miembros que lo conforman, deben estar preparados para las nuevas dinámicas que estamos viviendo, esto significa que los estudiantes deben desarrollar unas competencias y unas destrezas que les permita ser competitivos y les facilite su adaptación a los cambios.

En el contexto de la cuarta revolución industrial, se cree que el 75% de los empleos que tendrán en el futuro los niños que están actualmente en primaria, no existen todavía, pero estarán relacionados con profesiones STEM (Science, Technology, Engineering & Mathematics). Algunas de las profesiones del futuro pueden ser ingenieros de datos, ingenieros de nanorobots médicos, terapeutas de inteligencia artificial, entre otras. STEM es un enfoque interdisciplinario de aprendizaje que elimina las barreras tradicionales que separan dentro del currículo las ciencias, la tecnología, la ingeniería y las matemáticas; y las integra dentro del mundo real por medio de experiencias de aprendizaje rigurosas y relevantes para los estudiantes.

La metodología STEM surge de la necesidad de incentivar en los niños y jóvenes, desde la escuela, el interés por la resolución de problemas científico- tecnológicos, ya que en los últimos años se ha observado una significativa disminución en el número de profesionales en áreas relacionadas con ciencia y tecnología. El desinterés por estas disciplinas se debe principalmente a la actitud negativa que se tiene hacia ellas, pues en muchos casos los estudiantes piensan que hacer ciencia o tecnología es algo complejo que se encuentra lejos de su realidad y por tanto no las reconocen dentro de su cotidianidad.

Por tanto, desarrollar habilidades básicas en ciencia, tecnología, ingeniería y matemáticas (STEM) ha despertado un interés creciente a nivel mundial durante la última década, pues más allá de los resultados positivos que pueda traer

en cuanto a los procesos de enseñanza-aprendizaje en el aula, se cree que la educación STEM constituye una herramienta de alfabetización, que además de hacer que los estudiantes tengan nuevas perspectivas e ideas ante la ciencia y la tecnología, puede conducir a la formación de futuros profesionales más productivos, independientemente si trabajan o no en un campo relacionado con STEM, ya que todas las personas necesitan tener algún grado de conocimiento científico y tecnológico para llevar una vida productiva como ciudadanos.

II.1 STEM y la escuela

El enfoque curricular STEM no solo ayuda al sistema educativo y a los diseñadores del macrocurrículo a pensar en el futuro, también lleva al profesorado a reflexionar sobre los cambios que se tienen que dar desde la escuela y desde los diseños microcurriculares para desarrollar en los estudiantes competencias STEM, que en teoría les deberían ayudar a tener mayores oportunidades en el futuro.

Dentro de las competencias STEM encontramos la creatividad, el pensamiento lógico, el pensamiento computacional, la resolución de problemas, la improvisación, la comunicación, el aprendizaje a partir de los errores, el trabajo en equipo y el liderazgo. Dichas competencias tienen que permear el ambiente educativo a nivel curricular, a nivel de formación del profesorado, desde el punto de vista de la evaluación de los aprendizajes y evidentemente en los materiales escolares que se utilicen en la escuela.

Pensar en el enfoque STEM aterrizado al aula de clase, debería contemplar la triada del sistema didáctico conformada por el profesor, el estudiante y el contenido. En este caso particular, el contenido tiene especial relevancia dado que será abordado a nivel microcurricular con un nuevo enfoque interdisciplinario. En Colombia, el enfoque STEM ha tomado especial relevancia durante los últimos cinco años. Muchas instituciones de educación básica primaria y secundaria e instituciones universitarias han puesto su mirada sobre este enfoque.

La industria editorial colombiana tampoco ha sido ajena a esta propuesta y durante los últimos tres años se han diseñado textos escolares y materiales digitales que tienen en su estructura algún componente STEM.

Una de las propuestas editoriales pioneras en Colombia, en incorporar el enfoque STEM en los libros de texto fue publicada por la editorial Ediciones SM. El sello editorial SM nace en el año 1938 a partir de la iniciativa de un grupo de profesores marianistas por publicar sus apuntes de enseñanza, para ello, crearon en 1945 una imprenta en Madrid (España), en la que empezaron a imprimir y publicar materiales escolares. En la actualidad, el sello editorial SM está en nueve países, entre ellos Colombia.

Partiendo de la necesidad de diseñar materiales educativos que respondan a las particularidades del sistema educativo Colombiano, en el año 2018 se publica la serie de textos escolares Savia Ciencias Naturales dirigida a la educación básica primaria y básica secundaria.

Dentro de estos textos se incluyeron talleres diseñados bajo el enfoque STEM, los cuales recibieron el nombre de ciencias manipulativas.

II. 2 Sobre la estructura de los libros

La propuesta editorial de los libros Savia Ciencias Naturales está dirigida para los grados de básica primaria (1 a 5) y básica secundaria (6 a 9). A continuación, se presenta una descripción de la macroestructura y mesoestructura de los libros de texto y una descripción microestructural de los talleres diseñados bajo el enfoque STEM.

Macroestructura de los libros de texto: En básica primaria los libros de texto están estructurados en cuatro unidades de contenido y en básica secundaria están estructurados en 8 unidades de contenido. Cada una de las unidades responde a los componentes conceptuales propuestos por los estándares básicos de competencia establecidos por el Ministerio de educación Nacional.

En las siguientes tablas se presenta la correspondencia entre cada unidad y el contenido que aborda tanto en primaria como en secundaria.

TABLA I. Unidades básicas de primaria y de secundaria.

Unidades básicas primaria			
Entorno vivo		Entorno físico	
Unidades 1 y 2		Unidad 3	Unidad 4
Biología		Ecología	Química Física Tierra y universo
Unidades básicas secundaria			
Entorno vivo		Entorno físico	
Unidades 1 a 4	Unidades 5 y 6	Unidad 7	Unidad 8
Biología	Ecología	Química	Física

Mesoestructura de los libros de texto: Los bloques de contenido del libro de texto, inician con una portada que posee una lectura que pretende desarrollar en los estudiantes diferentes niveles de comprensión (textual, inferencial y crítico). Cada tema presenta una ruta didáctica con unos momentos establecidos: el primer momento se denomina Activa y presenta una actividad de exploración y activación de ideas previas, el segundo momento se denomina Analiza y presenta por medio de textos, gráficos, imágenes y esquemas contenidos conceptuales y procedimentales, el tercer momento se denomina Aplica, aquí se presentan diversidad de actividades por competencias en las que los estudiantes ponen a prueba los conocimientos que han aprendido a lo largo del tema. En primaria, se incluye un momento adicional en la ruta didáctica denominado Aprende que tiene como objetivo formalizar y resumir los contenidos abordados en el tema.

Los bloques de contenido finalizan con un examen acumulativo denominado Ponte a prueba que tiene como objetivo evaluar los aprendizajes que los estudiantes han conseguido con el estudio de la unidad, para ello se proponen actividades que evalúan las competencias científicas establecidas en la prueba saber (indagar, explicar fenómenos y usar comprensivamente el conocimiento científico). Por último, la unidad cierra con un taller denominado Ciencias Manipulativas, actividad que propone una práctica de aplicación y contextualización del conocimiento diseñada por medio del enfoque interdisciplinario STEM.

Microestructura de los talleres STEM: Desde el diseño microcurricular, estos talleres tienen como objetivo presentar a los estudiantes los contenidos científicos de forma aplicada y contextualizada. Con ello se está mostrando que la ciencia es una actividad humana, que se construye por medio de unos procedimientos que pueden ser discutidos y validados. Para el diseño de los talleres se partió de la estructura del ciclo STAR Legacy que provee de un escenario que permite a los estudiantes involucrarse de manera colaborativa en la resolución de un problema o reto relevante para ellos, al tiempo que les brinda la oportunidad de autoevaluarse (Rowe y Klein, 2007). Las etapas del ciclo se presentan en la siguiente imagen.

En el Star Legacy Cycle se parte de un reto que es propuesto a los estudiantes, posteriormente de forma individual o grupal hacen una lluvia de ideas para abordar el reto a nivel conceptual y a nivel procedimental, de esta forma, tienen un acercamiento al reto desde múltiples perspectivas. Posteriormente, los estudiantes deben hacer consultas e investigaciones teóricas que les permitan fundamentar y proponer sus ideas para resolver el reto. Para finalizar, se debe proponer una solución, probarla, identificar si es funcional, si responde al reto y en caso que no responda al mismo, explicar por qué no responde, en qué se falló y cómo se puede mejorar esa solución.

Es importante aclarar que el Star Legacy Cycle, fue una inspiración para plantear los talleres, sin embargo, el diseño de los mismos no sigue estrictamente los pasos propuestos en este ciclo. Se espera que con el desarrollo de estos talleres diseñados bajo el enfoque STEM los estudiantes y docentes encuentren un espacio donde puedan aprender y enseñar; y sobre todo puedan construir conocimiento científico – tecnológico, mediante la creatividad en la solución de problemas; y el trabajo grupal y colaborativo.



FIGURA 1. Imagen 1. STAR Legacy Cycle (Cordray, Harris y Klein, 2009).

Los objetivos propuestos para el desarrollo de estos talleres se mencionan a continuación:

- Desafiar a los estudiantes a construir conocimiento científico-tecnológico.
- Conectar conceptos que parecen inconexos.
- Combinar el enfoque basado en problemas y el enfoque basado en proyectos.
- Enfatizar en las habilidades del siglo XXI.
- Establecer relevancia (mundo real y problemas globales).

Fomentar el interés, la creatividad y la actitud crítica hacia las disciplinas que componen STEM (ciencia, tecnología, ingeniería y matemáticas).

II. 3 Momentos del taller

En la siguiente tabla se describen uno a uno los momentos del taller de ciencias manipulativas y los elementos del método de indagación científica y del proceso de diseño en ingeniería. Estos momentos fueron incluidos tanto en el diseño de los talleres de primaria como en los de secundaria.

TABLA I. Otras ideas de proyectos STEM.

Momento del taller	Descripción y objetivo	Elemento del método de indagación científica	Elemento del proceso de diseño en ingeniería	Elemento del modelo de integración auténtica
Analiza el problema	Se plantea una situación de contexto del mundo real donde el estudiante debe identificar el problema y plantear ideas para su posible solución.	<ul style="list-style-type: none"> • Preguntar • Recoger ideas y suposiciones 	<ul style="list-style-type: none"> • Identificar el problema • Pensar 	Aplicación a contextos del mundo real
Diseña y construye	El estudiante debe diseñar un prototipo, un artefacto o un modelo, que le ayude a resolver el problema.	<ul style="list-style-type: none"> • Probar y experimentar • Observar y describir 	<ul style="list-style-type: none"> • Diseñar • Construir 	Tareas desafiantes
Examina y mejora	El estudiante debe poner a prueba su diseño y hacer los ajustes que crea necesarios para obtener resultados de alto nivel.	<ul style="list-style-type: none"> • Probar y experimentar • Observar y describir 	Ensayar y evaluar	Desarrollo del conocimiento, integración y aplicación.
Modifica el diseño	Basado en sus observaciones y resultados, el estudiante debe modificar su diseño.	<ul style="list-style-type: none"> • Probar y experimentar • Observar y describir • Documentar los resultados 	<ul style="list-style-type: none"> • Volver a diseñar • Construir 	<ul style="list-style-type: none"> • Indagación enfocada para un aprendizaje profundo. • Tareas desafiantes.
Comunica	El estudiante debe pensar en una forma de comunicar sus resultados haciendo uso de la argumentación.	<ul style="list-style-type: none"> • Documentar los resultados • Discutir resultados 	Exponer la solución	Desarrollo del conocimiento, integración y aplicación.
Casos similares	El taller STEM cierra con la presentación de un caso de la vida real en donde su diseño puede ser utilizado. En este momento también se da un espacio para el intercambio de ideas y la argumentación.			<ul style="list-style-type: none"> • Desarrollo del conocimiento, integración y aplicación. • Aplicación a contextos del mundo real.

II.4 Mapas de progresión de contenido

Como las unidades tanto en primaria como en secundaria son bastante amplias, para seleccionar los contextos y los contenidos que se iban a abordar en los talleres, se realizaron unos mapas de progresión de contenido. En el centro del mapa, aparece un tema transversal que abarca todos los contenidos de la unidad y a la derecha y a la izquierda todos los subtemas relacionados. Los talleres fueron diseñados partiendo del tema general propuesto en el mapa de contenido de cada unidad. A continuación, se presenta un ejemplo de mapa realizado para la unidad 1 de grado sexto. Ejemplo:

Carolina es una joven de 11 años que sufrió un accidente casero. Un día sus padres estaban tomando café en la sala de su casa y, por error, la bebida se regó sobre la mesa central y también sobre las piernas de Carolina. Como la bebida estaba muy caliente, sufrió quemaduras de primer y segundo grado en sus piernas. El médico dijo a los padres de Carolina que para curar las quemaduras era necesario tener un vendaje con características especiales, por ejemplo, un vendaje parecido a la piel humana para ayudar al proceso de cicatrización.

¿Qué deben diseñar?

Ayuda a los padres de Carolina a diseñar y hacer un vendaje para la cicatrización de las quemaduras de su hija. Ten en cuenta: Los vendajes deben tener un porcentaje de humedad adecuado para ayudar al proceso de cicatrización de las quemaduras.

Los vendajes podrían tener una sustancia llamada colágeno, ya que este ayuda a la regeneración de las células en la región en donde ocurrió la quemadura.

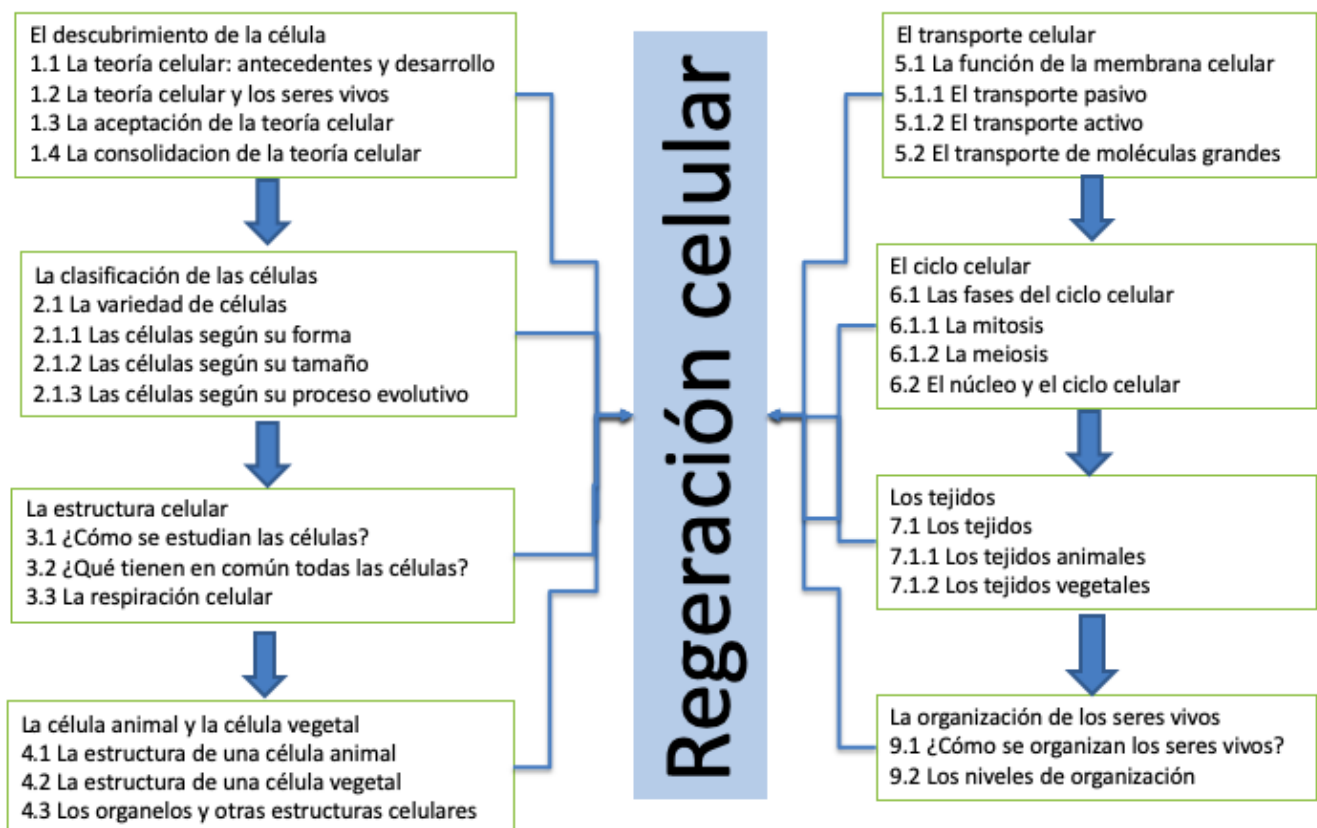


FIGURA 2. Mapa de progresión de contenidos, unidad 1 grado sexto.

Partiendo que el tema general en el anterior mapa de contenido es la regeneración celular, se propone dentro del taller abordar la siguiente situación contextualizada.

Examina el diseño

Con el fin de que compruebes si la venda servirá para sanar la piel herida, ten en cuenta los siguientes aspectos. Recuerda que la piel es una barrera frente a diferentes contaminantes, cuando esta no está bien, como en el caso de Carolina, debes revisar que la venda que elaboraste no permita que se contaminen las heridas.

Revisa que las sustancias que incluíste en el vendaje actúen de forma similar a las que produce el cuerpo humano o que estimulen su producción para que el proceso sea más efectivo.

Lleva la venda que elaboraste a la enfermería del colegio para que la prueben en algún compañero que tenga heridas leves como raspaduras en las rodillas.

Realiza algunas pruebas con la venda sobre tu propia piel para asegurarte de que no produce daños o alergias.

Casos similares

Uno de los aspectos que los cirujanos deben tener en cuenta luego de practicar alguna cirugía, es el cierre de las heridas. En la mayoría de los casos se usan suturas o grapas para unir la piel en la que se hacen los cortes; sin embargo, en algunos hospitales ya han empezado a utilizar pegamento quirúrgico que no solo une la piel, sino que evita la formación de cicatrices gruesas llamadas queloides. ¿Qué diferencias se pueden encontrar entre la sutura tradicional y el pegamento quirúrgico?

Otras ideas para abordar. En la siguiente tabla se presentan otras ideas de proyectos STEM que se pueden realizar articulados con los contenidos propios de las Ciencias Naturales.

TABLA II. Ideas de proyectos.

Grado	Proyecto sugerido	Bloque o unidad de contenido
Segundo	Diseña y elabora un elemento de protección de los brazos que pueda usar un niño para evitar fracturas.	Biología- Cuerpo humano.
Tercero	Diseña y elabora una estructura con materiales reciclables que pueda soportar el peso de un niño.	Física - Fuerzas
Sexto	Diseña y elabora un filtro de agua que permita mejorar el perfil físico y químico del agua de la lavadora.	Química – Propiedades de la materia
Sèptimo	Diseña y construye un aparato que pueda utilizar una persona de la tercera edad para realizar ejercicios respiratorios.	Biología. La respiración.
Octavo	Diseña y construye un nido artificial que tenga todas las condiciones necesarias para que pueda vivir un ave en peligro de extinción.	Ecología- Animales en vía de extinción.

III. CONCLUSIONES

La aparición de diferentes propuestas editoriales que abarcan el enfoque STEM desde el área de Ciencia Naturales en Colombia, despiertan un interés particular por conocer cómo cambian los diseños microcurriculares, cómo se abordan los contenidos, cómo se hace la integración de la tecnología, la matemática y la ingeniería con los contenidos propios de las ciencias naturales, qué visión de ciencia y tecnología construirán los estudiantes que aprendan con estos materiales y que visión sobre el enfoque STEM tienen y construirán los profesores.

Los docentes que empezaron a abordar los talleres de ciencias manipulativas diseñados bajo el enfoque STEM, manifestaron que tuvieron la necesidad de abrir el esquema tradicional de las clases de ciencias para facilitar la participación de los estudiantes. Muchos de ellos empezaron a trabajar bajo la modalidad de aprendizaje basado en proyectos y el aprendizaje basado en retos.

En el diseño de la serie fue necesario elaborar un mapa de progresión de contenidos en cada una de las unidades para facilitar la conexión entre la situación abordada en los talleres STEM y la transferencia del conocimiento propuesto en

los estándares del Ministerio de Educación. Este proceso fue complejo porque implica pensar un tema transversal que integre todos los contenidos abordados.

Los docentes valoran dentro de los talleres la inclusión de los apartados Comunica y Casos similares. En el apartado Comunica, los estudiantes pueden ver cómo a la misma situación se pueden llegar a múltiples soluciones (unas que responden mejor que otras a la situación planteada). Por otro lado, el apartado Casos similares, facilita la transferencia de la experiencia y de los conocimientos alcanzados por los estudiantes a casos reales donde los científicos se han enfrentado a problemas similares.

Desde el punto de vista del enfoque STEM, este tipo de talleres permiten descentralizar el papel de la tecnología, en especial de la robótica. Dado que una de las visiones marcadas de los profesores en la visión Tecnocentrista de STEM es la que la tecnología es una aplicación de los conocimientos científicos.

REFERENCIAS

Cordray, D. S., Harris, T. R., y Klein, S. (2009). *A Research Synthesis of the Effectiveness, Replicability, and Generality of the VaNTH Challenge-based Instructional Modules in Bioengineering*. *Journal of Engineering Education*, 98(4), 335-348.

National Research Council (2012). *A Framework for K-12 Science Education: Practices, Crosscutting Concepts, and Core Ideas*. Committee on a Conceptual Framework for New K-12 Science Education Standards. Board on Science Education, Division of Behavioral and Social Sciences and Education. Washington, DC: The National Academies Press.

Rivas, A. (2019). *¿Qué hay que aprender hoy? De la escuela de las preguntas a la escuela de las respuestas*. Argentina: Editorial Fundación Santillana.

Rowe, C., y Klein, S. (2007). *A study of Challenge-Based Learning techniques in an introduction to engineering course*. Recuperado de: http://www.icee.usm.edu/icee/conferences/asee2007/papers/105_A_STUDY_OF_CHALLENGE_BASED_LEARNING_TECH.pdf.