

Prólogo

Cary Sneider PhD

Los educadores en ciencias en los Estados Unidos se han esforzado por décadas para realizar una reforma educativa, y los resultados han sido esporádicos en el mejor de los casos. Hoy hay en el aire un nuevo optimismo de que una revolución silenciosa está cobrando impulso. Aunque el capítulo final de nuestra historia está aún por escribirse, creo fervientemente que estamos finalmente en un camino productivo. Y estoy especialmente complacido de que Jairo Botero y sus colegas hayan encontrado que nuestros esfuerzos son dignos de ser compartidos por el mundo de habla hispana. De todos modos, los problemas que enfrentarán nuestros estudiantes de secundaria cuando se gradúen serán problemas globales. Aunque cada país encontrará sus propios retos, con seguridad, juntos haremos mayores progresos.

Permítanme ser más específico sobre los motivos por los que creo que el movimiento educacional desde la ciencia hacia STEM es de importancia global. En 1950 había 2.600 millones de personas en la Tierra. En el año 2000 había 6.200 millones. Y ahora que escribo esto, hay 7.400 millones de bocas que alimentar. El hambre se ha extendido por muchas partes del mundo. Casi todas las tierras cultivables están subutilizadas y el cambio climático amenaza con hacer la vida todavía más difícil. Cuando nuestros niños sean adultos, la población mundial alcanzará los 9.000 millones, la capa de hielo ártica desaparecerá por completo y el mundo será más difícil de manejar que hoy. A pesar de que algunos de los legisladores

puedan ser persuadidos de que vale la pena invertir en la educación STEM para avanzar en la competencia económica, este propósito palidece en comparación con el objetivo mucho más importante de proveer de alimentos y agua potable a todos los habitantes del planeta, encontrar la cura para las enfermedades y prevenir las pandemias globales, inventar métodos para utilizar los recursos naturales y la energía para encauzar a la civilización sin destruir los últimos hábitats naturales que quedan y crear ciudades en donde la gente pueda disfrutar de una vida próspera y satisfactoria. Para lograr estas metas, habrá que resolver miles de problemas urgentes, y los niños y jóvenes en nuestras aulas y campos de verano tendrán que ser preparados para resolverlos. Prepararlos para el mundo del mañana, tal es nuestra tarea.

¿Cómo puede ayudar este libro? En primer lugar, porque muestra las raíces de una reforma educativa que se está realizando en los Estados Unidos, y que puede ofrecer el tipo de educación necesario para que las próximas generaciones afronten los problemas que hemos mencionado.

En el capítulo 1, *¿Qué es STEM?*, el libro describe los fundamentos de esa revolución, el cambio de la ciencia hacia STEM. En palabras de Stephen Pruitt, el líder del equipo que ha desarrollado los nuevos estándares, y actualmente comisionado para la educación en el estado de Kentucky: “Lo que importa no es lo que los estudiantes saben, sino lo que hacen con lo que saben”. Como se explica en este capítulo, vivimos en un mundo dominado por la tecnología, y es esencial que todos puedan entenderla, usarla, tomar decisiones sobre ella, y mejorarla por medio de la ingeniería. Es esencial aprender sobre el mundo natural mediante la ciencia (la S de STEM), pero para los ciudadanos del siglo XXI no es suficiente. También se requieren la tecnología, la ingeniería y las matemáticas (las TEM de STEM).

El capítulo 2, *Los Nuevos Estándares de Ciencias (Next Generation Science Standards – NGSS)*, cuenta lo que se está desarrollando en los Estados Unidos. A diferencia de la gran mayoría de los países del mundo, que tienen un ministerio de educación central, fuerte, los Estados Unidos fueron creados a partir de una colección de colonias británicas, que finalmente se convirtieron en un conjunto de estados parcialmente independientes. La responsabilidad de fijar las políticas educativas en los Estados Unidos, descansa en las legislaturas y en los comités de educación de cada estado. Hasta el año 2000, no había estándares estatales de ciencia, y los esfuerzos iniciales dieron como resultado estándares muy diferentes en calidad. Con los NGSS, creo que finalmente hemos doblado la esquina. Ahora, treinta y seis de los cincuenta estados han adoptado los estándares basados ya sea en los NGSS o en su marco de referencia (el proyecto para los NGSS), y se espera que otros ocho o diez estados lo sigan y se acomoden a estos en uno o dos años. Inclusive los estados que no tienen intención de tener estándares de ciencia y que al

parecer están influenciados por un movimiento nacional, han comenzado a incluir la ingeniería y materias similares. Esto significa que los profesores de ciencias que reciben su formación en un estado pueden enseñar en otro. Y aún más importante es que los desarrolladores de currículos pueden crear los mejores materiales para temas, métodos y niveles específicos, en lugar de desarrollar cincuenta currículos que no funcionan bien para ninguno.

El capítulo 3, *Los Estándares para la Instrucción en Tecnología*, se refiere a un conjunto de estándares diferentes pero relacionados entre sí, desarrollados para un subconjunto de estudiantes en aulas especiales y en algunos casos de colegios especiales, con enfoque en la tecnología y la ingeniería. Aunque en décadas anteriores este segmento de nuestro sistema educativo preparaba a los jóvenes para oficios como la plomería, reparación de automotores y trabajos eléctricos, la celeridad del cambio tecnológico y la necesidad de técnicos altamente capacitados originó nuevos cursos en áreas como la programación de computadores, la robótica y la tecnología médica. Se espera que los estudiantes de esos programas cumplan con los estándares estatales, además de los Estándares para la Instrucción en Tecnología, desarrollados por Asociación Internacional de Docentes de Tecnología e Ingeniería (*International Technology and Engineering Educators Association – ITEEA*).

El capítulo 4, *La Ingeniería en el currículo*, es la clave de la iniciativa de reinventar la educación en ciencias. En el pasado, la solución de problemas en los colegios se refería a resolver los problemas matemáticos de los libros de texto, lo que se conocía como el método de instrucción “drill and kill”. En lugar de eso, en los nuevos estándares la ingeniería es un enfoque sistemático hacia la identificación y la solución de problemas del mundo real. Lejos del diseño de nuevos aparatos, la ingeniería incluye una visión sistemática del mundo, el reconocimiento de que todo está conectado con todo, y el darse cuenta de que las decisiones tecnológicas pueden tener resultados imprevistos o predecibles. Si hacemos una buena labor en la mejora de los currículos y en preparación de docentes para ponerlos efectivamente en práctica, nuestros graduados de las futuras décadas tendrán el saber técnico y la sabiduría para colaborar con sus colegas en todo el mundo para abordar los problemas de un planeta que se calienta, destruye los bosques y aumenta cada vez su población.

El capítulo 5, *Integración de las asignaturas*, va más allá, para vislumbrar cómo la educación STEM puede dar los mejores resultados. El estado de California ha hecho de la integración de las asignaturas la finalidad preferida de su puesta en práctica, y ha establecido directrices para cómo combinar de diversas maneras los nuevos estándares en todos los niveles del sistema educativo, incluyendo el nivel de secundaria, reconocido como el más difícil de cambiar.

El capítulo 6 comienza con los aspectos más prácticos del libro, los pasos que es necesario dar en un colegio, una vez que se ha tomado la decisión de hacer el cambio de ciencias a la educación STEM. Aunque parecería que tal decisión concierne solo a los profesores de ciencias, lo expuesto en este capítulo reconoce que el cambio incluye a toda la comunidad escolar. Esto es ciertamente obvio en los niveles elementales, en los que los profesores enseñan todos los temas, pero también en la educación secundaria hay oportunidades de integración con las otras asignaturas, que no deben ser pasadas por alto. En las áreas de ciencias sociales, por ejemplo, ya que los grandes desarrollos tecnológicos han tenido efectos profundos en la sociedad, desde la invención de los buques marítimos hasta los satélites y los teléfonos celulares. La lectura y la escritura no se relacionan solo con la ficción, sino con las capacidades de evaluar la información de Internet, la comunicación de ideas y la investigación, que no solo incluye textos, sino presentaciones y video. Las matemáticas también pueden ser enseñadas con mayor provecho si los estudiantes pueden ver el valor de estas para resolver problemas reales. Los consejeros y administradores escolares también tienen su parte en la transformación, así como la comunidad de los líderes en los negocios y en el gobierno. La importancia de la participación de los padres y su apoyo no puede menos de ser enfatizada, ya que estos tienen una profunda influencia en sus hijos, en sus actitudes hacia el colegio y en la carrera que aspiran a seguir.

Desde luego, los cambios más radicales serán en el aula STEM, que es el tema del capítulo 7, *Cómo llevar la educación STEM a la práctica*. Este capítulo contempla la perspectiva del docente en el aula, el desarrollo del currículo y la naturaleza de la instrucción diaria, con el enfoque del aprendizaje basado en proyectos. Este está cobrando popularidad en los Estados Unidos, como una forma de reorganizar el currículo a partir de los temas de ciencias, para conectar la ciencia con la ingeniería, y en algunos casos, incluir también otras disciplinas.

Puesto que la evaluación impulsa la instrucción, el capítulo 8, *Evaluación de actividades STEM*, pone el tercer eje de una sólida plataforma educativa: currículo-instrucción-evaluación. Dado que los nuevos estándares de ciencias - NGSS están concebidos en términos de expectativas de desempeño, la evaluación también requiere basarse en el desempeño, para que los estudiantes muestren lo que son capaces de *hacer*, no solamente lo que *saben*. El campo de la evaluación basada en la actuación es todavía joven, pero se están haciendo progresos. Este capítulo hace énfasis en que el propósito de la evaluación no es simplemente otorgar notas, sino más bien para que el docente sepa cómo están aprendiendo los estudiantes, y ajustar la instrucción. Esto significa que la evaluación se da continuamente en el aula, antes, durante y después de la instrucción.

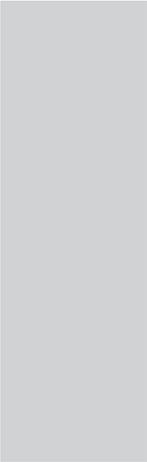
Los capítulos 9 y 10 me parecen especialmente interesantes, pues muestran cómo se desarrolla la educación hoy en Colombia. El equipo de trabajo ha invertido un tiempo considerable en viajes para visitar colegios, museos y parques de ciencia, lugares en donde ha comenzado el cambio de ciencias a STEM. En estos capítulos tenemos la oportunidad de conocer a los pioneros de la educación en Colombia.

He oído la analogía de que los sistemas educativos son como los grandes trasatlánticos. Cambiar su curso es difícil, porque hay que superar su enorme inercia, pero nos guste o no, ya estamos en el viaje. Es de esperar que este cambio de curso nos llevará a un fascinante puerto, en donde nuestros estudiantes no solo aprenderán en forma más eficiente, sino que pensarán en forma diferente. Al cambiar la ciencia por STEM, estamos dando a nuestros estudiantes la oportunidad de entender cómo evolucionan tanto el mundo natural como el mundo tecnológico y las herramientas para progresar en la sociedad global del mañana. Para aquellos de nosotros que nunca enseñamos el mismo curso en la misma forma porque siempre estamos aprendiendo, esto promete un viaje emocionante.

Cary Sneider PhD

*Cary Sneider es profesor asociado de la Universidad Estatal de Portland en Portland, Oregón y asesor de fundaciones benéficas que trabajan para resolver problemas ambientales y educativos. También es miembro de la **National Assessment Governing Board** (Comité asesor del Gobierno de los Estados Unidos), el cual establece las políticas para el **National Assessment of Educational Progress – NAEP** (Evaluación nacional para el progreso en educación), también conocido como *The Nation's Report Card*.*

*En años recientes trabajó en los comités para la **National Academy of Engineering** (Academia nacional de ingeniería) y lideró el equipo de ingeniería para el desarrollo del "Marco de Referencia para la Enseñanza de las Ciencias y sus respectivos estándares curriculares **Next Generation Science Standards – NGSS** (Estándares de ciencias para la próxima generación).*



Introducción

Vivimos en un mundo con diversos y grandes problemas que a veces no vemos la manera de resolver, y que a la vez está deslumbrado por los desarrollos tecnológicos y los nuevos horizontes que se nos abren. Sin embargo, estos mismos desarrollos presentan posibilidades y oportunidades de gran importancia para la humanidad, como son los viajes interplanetarios, la posibilidad de abandonar la dependencia de los combustibles fósiles, de utilizar fuentes de energía que no atenten contra el futuro del planeta, de tener un mundo completamente interconectado, y muchos otros desarrollos de la invención y la innovación. Las nuevas generaciones deben prepararse para tomar parte en estos cambios, con el convencimiento de que la prosperidad económica y social de un país está fundamentada en la ciencia y la tecnología, y de que el desarrollo de estas determina su independencia y liderazgo a nivel global.

Pero en la educación se sigue enseñando lo mismo y de la misma manera como se hacía hace muchos años. Ciencias, lenguaje, matemáticas, historia, geografía, artes, educación física, se dictan de manera magistral y aislada unas de otras. Por este motivo, muchas veces los estudiantes no le encuentran sentido a lo que aprenden y lo que aprenden es de corta duración, solo para el examen, y en algunos casos desarrollan cierto rechazo por asignaturas como matemáticas y ciencias. Pero el mundo actual es interdisciplinario y los problemas de la vida también. Cuando una persona se enfrenta a problemas de la vida diaria debe poder utilizar conocimientos de diversas disciplinas para lograr tomar decisiones adecuadas y proponer soluciones viables. Por otra parte, el avance tecnológico y el desarrollo de la red Internet brindan

acceso inmediato a las fuentes de información, y en esta forma el docente dejó de ser el dueño único del conocimiento. Esta situación lo invita a desempeñar una variedad de nuevos roles dentro del aula para lograr hacer cambios en la forma de enseñar y en el aprendizaje de sus alumnos.

Con las formas consuetudinarias de enseñar, los estudiantes hacen su carrera escolar sin enfrentarse a los problemas, llegan a grado once o doce, optan por una determinada carrera, pero aun como especialistas en el área de su profesión, su labor está alejada de la innovación y la inventiva. Sin embargo, los gobiernos y los países siguen aplazando un cambio necesario en la educación. Es ya hora de no perder más tiempo.

El acrónimo STEM, que hace referencia a *Science-Technology-Engineering-Mathematics* (Ciencias, Tecnología, Ingeniería y Matemáticas), es una nueva forma de ver la educación y representa una alternativa de preparar a nuestra juventud para el siglo XXI. STEM es un término ya utilizado a nivel mundial, y los países que han tenido los mejores resultados en las pruebas internacionales consideran que estas asignaturas son de importancia definitiva en de la formación de los estudiantes. La educación STEM propone una nueva instrucción en las asignaturas, que cambia la forma de aprendizaje. Ahora la instrucción en estas asignaturas no es solamente para los estudiantes que más se identifican con ellas, sino para todos.

En los Estados Unidos se está realizando una gran transformación en la enseñanza de las ciencias al poner en práctica los *Next Generation Science Standards* – NGSS, (Estándares de ciencias para la próxima generación) que transforman de forma radical la experiencia de los estudiantes al aprender sobre ciencia. Con los NGSS se abre la puerta a la instrucción de ingeniería en el salón de clase, dado que esta manera de enseñar interactúa de forma directa en las prácticas de ciencias y desarrolla hábitos mentales de suma importancia para un ciudadano que deberá participar de forma activa en los asuntos importantes de su país y tomar decisiones bien fundamentadas en todos los problemas de su vida. Por su parte, la instrucción en tecnología tiene un nuevo significado. El aporte de los *Standards for Technological Literacy* – STL (Estándares para la instrucción en tecnología), más que enseñar a los estudiantes cómo manejar o programar un equipo de última tecnología, contribuyen a un entendimiento más completo de lo que implica la tecnología. Además de entender cómo se desarrolla y se utiliza una tecnología, los estudiantes deberán estar preparados para considerar cómo afectan estas tecnologías al medio ambiente y a la sociedad. Los beneficios de una tecnología pueden ser obvios en muchos casos, pero las desventajas, los riesgos o amenazas no son tan evidentes. La relación de la tecnología con otras disciplinas es muy estrecha. Lo vemos en el deporte, en las investigaciones arqueológicas, en las facilidades para el estudio de idiomas, los

descubrimientos científicos, las soluciones a problemas mediante la ingeniería, todas las áreas del conocimiento humano se apoyan y benefician de los avances en la tecnología.

Algo muy interesante que trae la educación STEM es la inclusión de la ingeniería en el salón de clase. No es una disciplina más con su propio currículo, sino que representa la adquisición de la habilidad para solucionar problemas y lograr cumplir los objetivos a través del proceso de diseño, como una forma sistemática e iterativa. Los estudiantes que desarrollen las habilidades de solución de problemas estarán en la capacidad de enfrentar situaciones nuevas, desarrollarán su inventiva y se interesarán por transformar sus soluciones en otras más eficientes. La ingeniería desarrolla hábitos mentales y ayuda a los estudiantes a pensar como ingenieros, de tal forma que entiendan la conexión entre las ciencias y la tecnología, y sepan cómo responder a las necesidades de la sociedad y del medio ambiente.

La nueva instrucción en matemáticas busca sembrar en los estudiantes una inclinación por estas como apreciables, útiles y necesarias para desenvolverse en los problemas, tanto profesionales como de la vida. La educación STEM conecta eficazmente las ciencias y las matemáticas a través del proceso de diseño en ingeniería, y la tecnología juega un papel definitivo en la relación de estas disciplinas. Los *Standards for Mathematical Practice* (Estándares para la práctica de matemáticas) se han alineado con la educación STEM y participan de forma paralela con las prácticas de ciencia e ingeniería en los NGSS.

En los equipos de trabajo profesionales son necesarias habilidades para el buen desempeño en una actividad o proyecto. Se requieren personas con habilidades de comunicación y colaboración, que sean creativas en la solución de problemas. ¿Por qué hay que esperar a que se tengan muchos años de experiencia profesional para desarrollar estas habilidades? ¿No es mejor desarrollar estas habilidades desde la educación básica? Ese es uno de los pilares de la educación STEM, que a través de la integración de las asignaturas promueve el desarrollo de las habilidades para el siglo XXI: Solución de problemas, pensamiento crítico, investigación, creatividad, comunicación y colaboración.

Todas estas transformaciones inspiran la presente obra. Con ella esperamos llevar el mensaje a toda la comunidad educativa de habla hispana, para exponer lo que significa la educación STEM. Hemos encontrado que el uso del acrónimo se está haciendo en ocasiones de forma impropia, pues muchas instituciones manifiestan que su modelo académico es STEM, que su herramienta tecnológica es STEM, que sus iniciativas interdisciplinarias también lo son, e inclusive los proyectos de la institución, sin que ello sea efectivamente así. Por lo tanto, se hace necesario explicar

las bases que definen la educación STEM para aclarar los conceptos y poderlos usar para realizar una innovación educativa. El fundamento teórico incluido no solo ayuda a dar claridad a lo que realmente implica un desarrollo de la educación STEM integrada, y también muestra cómo importantes entidades académicas a nivel mundial la han puesto en marcha. La educación STEM no es una moda ni una simple transformación cosmética, es la respuesta a las necesidades del mundo de hoy y sienta las bases para una educación que define al profesional del futuro.

¿Cómo poner en marcha la educación STEM en el salón de clase? La presente obra brinda al lector un camino para entender las acciones necesarias para hacer una auténtica educación STEM integrada. Se propone la forma de llevar un proyecto en una institución educativa, luego se muestra cómo son las unidades y actividades y qué criterios se deben emplear para su planeación. También se presentan los criterios para una evaluación adecuada y se traen varios ejemplos de instituciones que han decidido comenzar con esta forma de enseñar.

La conexión de los temas del currículo con los asuntos de la vida real le da relevancia a lo que los estudiantes aprenden. Sin embargo, esta experiencia no se limita al salón de clase. Hay actividades fuera del salón que contribuyen de forma importante a despertar el interés y la curiosidad de los estudiantes. Las actividades extracurriculares en el colegio, pero sobre todo fuera de este, hacen que aprender sea divertido y que los problemas del planeta y en general se tornen interesantes. Los parques de ciencia y los museos se convierten en piezas claves en la formación escolar. Existen instituciones que ya lo hacen, y que están convencidas del nuevo papel que deben desempeñar

Consideramos que este libro puede contribuir de forma importante a la transformación de la experiencia educativa de docentes, estudiantes, y en general de toda la comunidad educativa, y servirá de guía para dar los primeros pasos en una nueva formación. El docente tendrá la oportunidad de darle a su desempeño profesional un nuevo significado y la satisfacción especial de brindar a sus alumnos una experiencia educativa inolvidable.

¡Bienvenidos a esta aventura educativa!