

Explorando el enfoque STEM

Reflexiones desde diversos contextos



Explorando el enfoque STEM

Reflexiones desde diversos contextos



© Editorial ITM
Ministerio de Educación Nacional

Explorando el enfoque STEM. Reflexiones
desde diversos contextos.

ISBN: 978-958-5122-85-7

DOI: <https://doi.org/10.22430/9789585122857>

Primera edición, 2024

AUTORES

Isabel Cristina Ángel-Uribe,
Universidad Pontificia Bolivariana
Jorge Manuel Escobar Ortiz,
Institución Universitaria ITM
Giovanni López Molina,
Corporación Centro de Ciencia y
Tecnología de Antioquia
Diana Milena Ramírez Hoyos,
Universidad de Antioquia
Alejandro Uribe Zapata,
Universidad Pontificia Bolivariana
Ana Sofía Vera Muñoz,
Universidad de Antioquia
Lina María Cano Vásquez,
Universidad Pontificia Bolivariana

ILUSTRACIONES

Mario Zapata White
Universidad de Antioquia

CORRECCIÓN DE TEXTOS

Olga Lucía Muñoz López
Institución Universitaria ITM

DISEÑO Y DIAGRAMACIÓN

Marcela Londoño Agudelo
Institución Universitaria ITM

EDICIÓN

Sello Editorial ITM
Calle 75 75-101
Medellín, Colombia
Teléfono: 604 440 51 00 ext. 5197
<http://catalogo.itm.edu.co>
fondoeditorial@itm.edu.co

Financiada con los recursos del proyecto de investigación «Apropiación social de la tecnología para la toma de decisiones en la implementación parcial y total del enfoque STEM en el municipio de Medellín», de la Convocatoria conjunta de proyectos de I+D+i, en el marco de la Agenda Regional de I+D+i.



CONTENIDO

Presentación

7

El proyecto y sus apuestas

11

Origen y evolución del
enfoque STEM en el mundo

16

21

La adopción de un camino curricular
interdisciplinario requiere
la participación de todos

26

Descripción del enfoque STEM
y los retos en el país

30

Estado y retos de la apropiación
del enfoque STEM en Medellín

CONTENIDO

Sería interesante contar con una autonomía real para ejecutar proyectos STEM

35

STEM va más allá de un concepto, es una práctica vivencial

39

Orientaciones para la implementación de la educación STEM

43

47

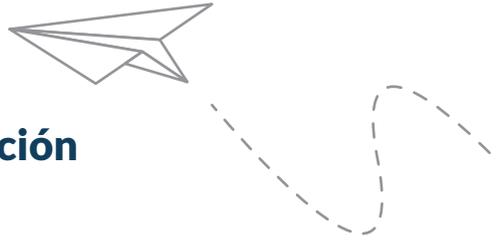
Sobre los autores

50

Referencias

55

Producción relacionada de los investigadores del proyecto



Presentación

Esta cartilla es una exploración sobre las visiones y diagnósticos que han motivado la apropiación del enfoque STEM (*Science, Technology, Engineering and Mathematics*) en la educación. Incluye algunas trayectorias y reflexiones sobre el estado actual de su implementación, así como los retos que se han identificado en diferentes contextos a partir de la investigación.

En el primer apartado, se presentan las apuestas y construcciones de sentido generadas en el desarrollo del proyecto «Apropiación social de la tecnología para la toma de decisiones en la implementación parcial y total del enfoque STEM en el municipio de Medellín», establecido en un convenio de cooperación entre la Universidad Pontificia Bolivariana, la Institución Universitaria ITM, la Universidad de Antioquia y el Centro de Ciencia y Tecnología de Antioquia (CTA), y financiado por la convocatoria conjunta de proyectos de I+D+i, en el marco de la Agenda Regional de I+D+i.

También se ilustran los principales hallazgos de la exploración del uso y apropiación social de las tecnologías en los procesos de implementación parcial y total del enfoque STEM entre estudiantes, profesores y directivos docentes de 75 instituciones educativas públicas de Medellín.

En la segunda parte se hace un recuento del origen y evolución de este enfoque educativo en el mundo, enunciando las circunstancias históricas que motivaron su incorporación en Estados Unidos y en otros países occidentales, así como las discusiones sobre la inclusión de las disciplinas que lo abarcan (ciencias, tecnología, ingeniería y matemáticas), y su relación con las artes y las humanidades. También se mencionan los retos que sugiere el enfoque educativo STEM para contribuir a la formación de ciudadanos que puedan resolver los problemas del mundo real, desde la comprensión de los contextos y los desafíos del siglo XXI.

En una entrevista realizada por el equipo de investigadores del proyecto con el académico Marcelo Caplan, experto en la implementación de la educación con enfoque STEM, este resalta el estado y las particularidades de la apropiación del enfoque STEM en diferentes escenarios, incluida América Latina, y narra experiencias que le han permitido acercar a sus estudiantes a las disciplinas STEM.

Un tercer apartado de esta cartilla se centra en el avance del enfoque educativo STEM en Colombia, identificando los retos para lograr su implementación a partir de las dinámicas de las instituciones educativas y los resultados de las experiencias realizadas.

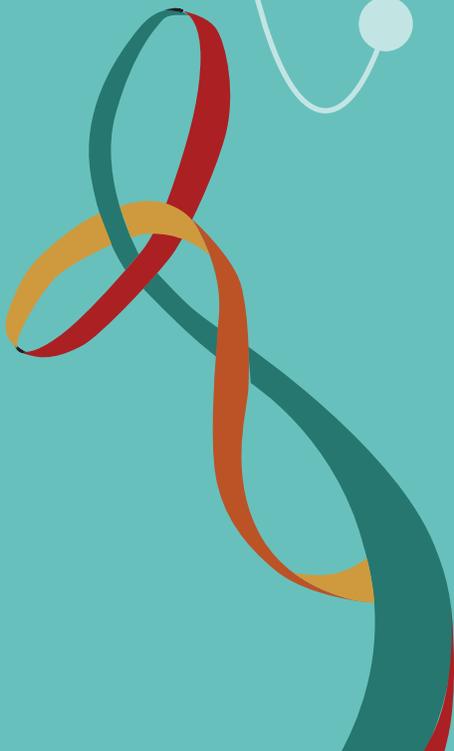
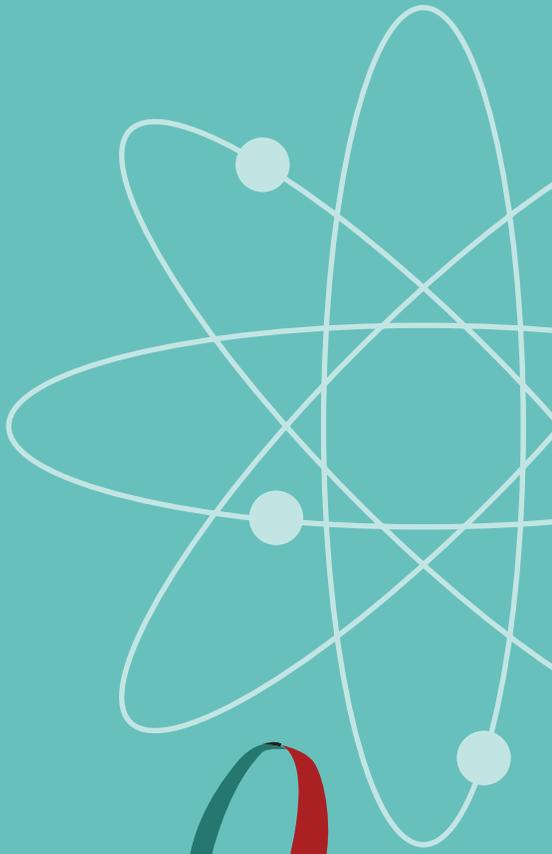
El estado de la implementación de la educación con enfoque STEM en Medellín se presenta a partir de la identificación de políticas o programas promovidos por el Estado y las

empresas, y las exploraciones realizadas en 75 instituciones educativas oficiales de la ciudad. Lo anterior permite evidenciar las particularidades de la comprensión del enfoque, bien sea que este se declare o no en sus documentos rectores.

La forma en que las instituciones educativas comprenden el enfoque STEM se ejemplifica en las entrevistas que hizo el equipo investigador a Liliam Patricia Villegas, rectora de la Escuela Normal Superior de Medellín, y al docente Víctor Fonseca, de la Institución Educativa INEM José Félix de Restrepo. Ambos son afines a esta apuesta, a partir de la cual abordan su quehacer educativo. En estas conversaciones describen actividades que consideran han dado resultados en cada una de las instituciones educativas en que se han desempeñado e insisten en que los programas que promueven la educación STEM en Medellín deben mantenerse y fortalecerse.

Y a manera de cierre, se presentan algunas orientaciones fundamentales para la implementación del enfoque STEM en la educación básica y media, que surgen de la experiencia de los miembros del equipo y de los resultados de la investigación.







El proyecto y sus apuestas

De manera global, se ha identificado la necesidad de potenciar las áreas STEM por razones educativas, de crecimiento económico y productividad, entre otras, dado el valor y el impacto de las carreras científicas, tecnológicas, ingenieriles y matemáticas en las sociedades contemporáneas. El proyecto «Apropiación social de la tecnología para la toma de decisiones en la implementación parcial y total del enfoque STEM en el municipio de Medellín», se enmarca en estos intentos por comprender y estimular el interés en dichas áreas y lograr un mayor desarrollo de las capacidades de los estudiantes de escuela y colegio en ellas.

En su formulación inicial, el proyecto apostó por un acercamiento a las áreas STEM fundamentalmente desde la perspectiva de los docentes y los directivos docentes. El punto central era entender las percepciones y los mecanismos que podrían permitir una mayor interiorización de estas áreas en dicha población, y cómo desde allí podrían reflejarse en el quehacer cotidiano de los estudiantes en las aulas de clase. El propósito era comprender en qué forma los diferentes usos de la tecnología intervienen en la implementación del enfoque STEM en educación, y qué alcances y limitaciones puede implicar.

El acercamiento a esta problemática evidenció la necesidad de aclarar algunos espacios de discusión que surgieron en el desarrollo de las líneas conceptuales del proyecto. Para empezar, los investigadores asumieron una perspectiva crítica del concepto «apropiación social», que se encuentra en la base de la formulación misma del proyecto. Más allá de los puntos de encuentro y desencuentro al abordar este concepto, el interés fue analizar con cuidado cómo discursos muy influyentes de la política científica y la política educativa colombianas, como la apropiación social de la ciencia y la tecnología y la apropiación social

del conocimiento, se materializan en las miradas de los docentes y los directivos docentes y en sus intentos por implementar el enfoque STEM en sus instituciones educativas.

Otro espacio de discusión sobre el que se avanzó en paralelo fue la conexión del enfoque STEM con las capacidades humanas y las competencias ciudadanas en su implementación. Esto permitió observar y justificar con más detalle la inclusión de la letra «A» en la sigla, como ocurre en muchas ocasiones. En otras palabras, el tránsito de STEM (*science, technology, engineering and mathematics*) a STEAM (*science, technology, engineering, arts and mathematics*). La letra «A» se interpretó en la sigla como una manera de aludir a la doble dimensión del término *arts* en inglés, refiriendo su traducción tanto a las *artes* como a las *humanidades*. La implementación del enfoque STEM se comprendió, por tanto, desde una perspectiva que no olvida la pertinencia de las artes y las humanidades, sino que la anima y potencia.

Un tercer espacio de discusión abordó las relaciones entre el enfoque STEM y la educación no formal e informal. Esta última categoría —o dos en realidad, si queremos ser más estrictos— apela a esos procesos educativos que tienen lugar por fuera de la escuela, es decir, por fuera de la educación formal, pero que inciden en ella e incluso condicionan muchos de sus énfasis, intereses y discusiones. El enfoque STEM no surge en un vacío ni puede implementarse de un modo exclusivamente autorreferente en la educación formal. Es fundamental tomar en cuenta ese contexto educativo que lo rodea y que puede contribuir a potenciar las decisiones que toman los docentes y los directivos docentes en la escuela.

Un último espacio de discusión surgió alrededor de las vocaciones científicas. Se reconoció de inmediato que esta temática se conecta orgánicamente con las anteriores, dado que el éxito en la implementación del enfoque STEM depende en gran medida de la capacidad de despertar y estimular las vocaciones científicas de niños, niñas y jóvenes.



La interpretación de esta temática se conectó con los discursos de «apropiación social», y cómo estos condicionan una función más amplia para las vocaciones científicas, enmarcándolas en un engranaje político y económico que pone el sistema educativo y el científico al servicio de las necesidades y las metas de crecimiento definidas por el sistema productivo.

Todos estos espacios de discusión se materializaron en productos de nuevo conocimiento, especialmente artículos publicados en revistas especializadas, nacionales e internacionales. Asimismo, se apostó por fortalecer la formación de estudiantes, no solo en STEM, sino en el desarrollo de sus habilidades investigativas en general. Esto con el propósito de contribuir a ampliar el número de personas interesadas en continuar ahondando en estas temáticas. El proyecto incorporó a cuatro estudiantes de pregrado: dos de la Universidad Pontificia Bolivariana, una de la Universidad de Antioquia y una del Instituto Tecnológico Metropolitano. Y a una estudiante de posgrado, de la Maestría en Educación de la Universidad Pontificia Bolivariana. Estas estudiantes, pues todas fueron mujeres, en algunos casos apoyaron la investigación y en otros, la mayoría de las veces, contribuyeron con sus propios intereses e inclinaciones en el desarrollo de nuevas líneas y nuevos espacios de discusión, que alimentaron las posibilidades teóricas del proyecto. La contribución de las estudiantes quedó reflejada en artículos de nuevo conocimiento y trabajos de grado que amplían los alcances y los aportes definidos inicialmente para el proyecto.

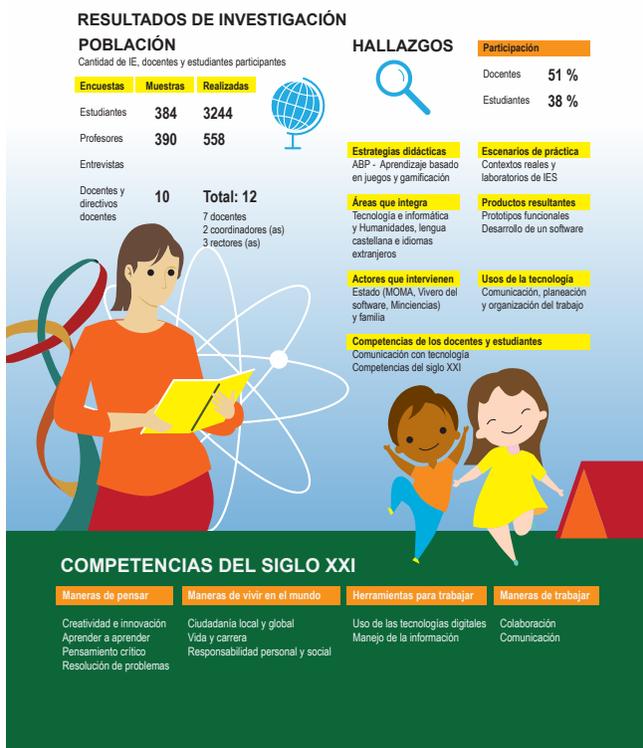
El proyecto, en definitiva, brinda un aporte sustancial a la producción contemporánea sobre el enfoque STEM. El foco sobre docentes y directivos docentes se amplía y deriva en discusiones y planteamientos que apuestan por otros desarrollos. Estos incluyen perspectivas críticas sobre los discursos de apropiación social, miradas a la dimensión humanística del enfoque STEM, abordajes de las dimensiones políticas y económicas de las vocaciones científicas, el problema de la brecha de género en STEM, entre otros asuntos relevantes y cruciales en la actualidad. Sin duda, el proyecto no cierra el debate ni es su pretensión



hacerlo. Más bien, abre nuevas posibilidades sobre cómo acercarse a este campo de estudio que ha llamado fuertemente la atención de educadores, académicos, tomadores de decisiones y la ciudadanía en general.

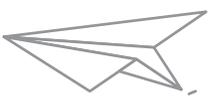
En la figura 1 se presentan los resultados principales de la investigación, en dos grandes categorías: la primera con las características de las experiencias STEM que han desarrollado los participantes, y la segunda con las competencias del siglo XXI que se desarrollan con base en la aplicación de estas experiencias.

Figura 1. Principales resultados de la investigación



Fuente: elaboración propia (2023).





Origen y evolución del enfoque STEM en el mundo



Entre las principales motivaciones para incorporar el enfoque STEM en la educación mundial se destaca la necesidad de promover una formación interdisciplinaria, la cual permite desarrollar competencias y habilidades para que los ciudadanos se enfrenten a los problemas reales del siglo XXI. Además, se busca fomentar vocaciones en estas disciplinas y aumentar el número de graduados, para impactar de manera positiva en la competitividad nacional.

En virtud de lo anterior, la inclusión del enfoque STEM en los currículos escolares implica la promoción de diferentes actividades educativas, que cubren todos los niveles de formación, la capacitación de docentes y el diseño de legislaciones que garanticen su desarrollo y financiación.

Aunque los desarrollos asociados a la incorporación del enfoque STEM (SMET en un comienzo) en la educación occidental son relativamente recientes, la literatura científica coincide en que su origen se remonta a los años 90, cuando la *National Science Foundation* (NSF) de Estados Unidos lo introdujo para fomentar la educación en las áreas mencionadas (Sanders, 2009).

Sin embargo, el interés por promover las disciplinas del enfoque STEM es anterior a la aparición del acrónimo. González y Kuenzi (2012) narran, entre otras circunstancias históricas, que las preocupaciones por las disciplinas STEM (aunque el concepto apareció mucho después), y la competitividad científica y tecnológica asociadas al progreso nacional, probablemente se empezaron a plantear desde la Segunda Guerra Mundial. De otro lado, Bautista (2021) señala que el término STEM nació en la década de 1980 por la necesidad de garantizar la competitividad de Estados Unidos frente a países como China, que

empezaba a verse como potencia mundial emergente por los beneficios económicos que trajo la globalización.

Como enfoque educativo, se puede señalar que fue la bióloga Judith A. Ramaley, subdirectora de la Dirección de Educación y Recursos Humanos de la NSF, quien lo definió en 2001 como un aprendizaje en contexto que brinda la posibilidad de resolver los problemas del mundo real a partir de la innovación (Watson y Watson, 2013). Posteriormente, se derivó el concepto STEM integradora o integrada, que involucra la enseñanza combinada de al menos dos áreas de estas disciplinas, teniendo en cuenta las fortalezas y necesidades de cada una para lograr mejores resultados a partir de las prácticas pedagógicas, sin desconocer el estudio de las ciencias sociales, las artes y las humanidades (Sanders, 2009).

La voluntad de apoyar políticas para profundizar la enseñanza STEM se afianzó tras observar los bajos resultados de los estudiantes estadounidenses en matemáticas y ciencias; el descenso de las matrículas en carreras en ciencias, tecnología, ingeniería y matemáticas; y el bajo número de maestros graduados o con especialización en estas disciplinas. Estas consideraciones aumentaron la preocupación de cómo ello pondría en riesgo la competitividad de Estados Unidos frente a otros países que mejoraban en estas áreas, como lo estaban mostrando los diferentes estudios de medición, pese a que EE. UU. seguía ocupando el primer lugar en el desarrollo de la ciencia y la tecnología (Watson y Watson, 2013; Kuenzi, 2008).

Para introducir la educación STEM en los currículos escolares se han diseñado acciones estatales que reúnen varias estrategias, tales como la formación de mentores para respaldar a los jóvenes en todo el proceso educativo, realizar jornadas escolares complementarias, forjar alianzas con el sector privado y formar a los docentes en posgrados relacionados con el área. Aunque son diversos los programas y normativas que intentan afianzar el enfoque STEM en Estados Unidos, incluso a nivel de los estados, destacan el programa *Educate to Innovate* y la ley *America Competes Act* de 2007 (Kuenzi, 2008).



A este impulso dado en el país que originó la educación STEM, se han sumado diversas iniciativas mundiales que buscan mejorar la prosperidad económica por medio de una fuerza de trabajo altamente educada en estas áreas y por medio de dinámicas de aprendizaje novedosas. Algunos autores destacan esos cambios a pequeña y gran escala, como el Proyecto Primas en Europa, el Proyecto w-STEM en la Unión Europea y la Ruta STEM y Pequeños Científicos en Colombia (Cano y Ángel, 2020; Kuenzi, 2008).

La conceptualización de la educación STEM ha tenido algunas variaciones a lo largo del tiempo, con respecto a si es suficiente con promover las competencias y habilidades integradoras en las disciplinas que conforman la sigla de este enfoque educativo. Por esta razón, en 2006 la investigadora y docente Georgette Yakman propuso la denominación «STEAM», luego de que algunos investigadores consideraran un sinsentido excluir las disciplinas artísticas (artes liberales, bellas artes, lenguaje artístico, educación, historia, psicología, sociología, teología, entre otras) (Cilleruelo y Zubiaga, 2014; Watson y Watson, 2013).

Yakman identificó cuatro puntos en los cuales las disciplinas artísticas son fundamentales para desarrollar la educación STEM: alfabetización funcional, constructivismo, estudios de ciencia y tecnología, y educación holística.

Su punto de vista es compartido por quienes sostienen que limitarse al enfoque STEM implica excluir la cultura humanista y otorgar una posición preponderante a la cultura científica por encima de las artes y las humanidades, cuando el pensamiento artístico y humanista también son esenciales para desarrollar la innovación, la creatividad y la transdisciplinariedad (Watson y Watson, 2013; Daugherty, 2013; Cilleruelo y Zubiaga, 2014).

Según Watson y Watson (2013), STEAM no solo se trata de agregar el arte al enfoque educativo STEM, sino que trasciende la idea de mejorar los puntajes en las pruebas educativas en las disciplinas de ciencias, tecnología, ingeniería y matemáticas. Además, promueve un



pensamiento inclusivo y un enfoque en el desarrollo de una fuerza laboral que no solo es competente, sino más innovadora.

En otros contextos, en lugar de usar la sigla STEAM, los actores que estudian el enfoque y la incorporación en la educación optan por la denominación STEM+H, especialmente en textos de habla hispana que pueden observarse en artículos de revistas científicas, planes de gobierno, proyectos educativos, entre otros. En el contexto local, cabe nombrar el diagnóstico *Medellín: territorio STEM+H* (Cano y Ángel, 2020), que derivó en el programa *Ser + STEM*, de la Secretaría de Educación (Alcaldía de Medellín, 2022).

A medida que el enfoque sigue su curso de desarrollo e implementación en la educación mundial, también se han identificado diferentes retos. En primer lugar, se encuentra la necesidad de conceptualarlo y consensuarlo con las comunidades educativas, el Estado, las empresas y la sociedad, así como la comprobación de sus aportes en la educación científico-tecnológica (Bogdan Toma y García-Carmina, 2021; Sanders, 2009). También se hace énfasis en el diseño de políticas de financiación, la formación de los docentes en estas áreas específicas y el papel de las instituciones educativas en la apropiación de políticas, así como en el acceso a los programas en los diferentes niveles educativos y en todos los territorios y grupos tradicionalmente excluidos de las disciplinas que se promueven.

Aquellos que investigan el alcance del enfoque STEM y los programas que de allí se derivan trabajan sobre estos retos, así como los asesores de las políticas que buscan asegurar que este enfoque educativo responda a la necesidad de formar ciudadanos que integren la ciencia y la tecnología en la resolución de problemas del mundo real, y que a su vez sean más comprensivos de los contextos y de los desafíos que el siglo XXI plantea para las personas y las sociedades.





“La adopción de un camino curricular interdisciplinario requiere la participación de todos”



Marcelo Caplan. Foto cortesía.

Entrevistamos a Marcelo Caplan, que con más de 20 años de experiencia en la implementación de procesos formativos con enfoque STEM, se ha convertido en un referente mundial en el tema. Marcelo es ingeniero eléctrico, egresado en 1990 del Technion – Instituto Tecnológico de Israel, ubicado en Haifa, y es profesor Asociado en el Departamento de Ciencias y Matemáticas del Columbia College Chicago en Illinois (Estados Unidos) desde el año 2007. También se desempeña como profesor del Portal Educativo de las Américas de la Organización de los Estados Americanos (OEA) y colaborador del Centro de Acceso y Éxito en Northeastern Illinois University (NEIU), con el programa STEAM Pathways. A continuación, presentamos su opinión sobre la educación con enfoque STEM.

- *¿Cuál es el estado actual del enfoque STEM en el mundo?*

La respuesta depende mucho de la comunidad de la cual se esté hablando. Por ejemplo, en Chicago la educación STEM no llega como tiene que llegar a las escuelas, y así ocurre en la mayoría de las localidades donde la educación es pública. No obstante, la educación STEM está siendo implementada en los suburbios, donde las escuelas, que también son públicas, tienen financiamiento local, acceso a más recursos y capacidades. ¿Qué significa esto? Que hacer cambios a nivel de barrio es factible por su tamaño y autonomía, mientras que cambiar todo un sistema es mucho más complejo. Son dos universos distintos. Por eso es importante mirar cada caso en particular y no generalizar.

Para tener la experiencia, hay que estar en los lugares, y no he tenido la oportunidad de estar en aquellos que reportan experiencias significativas. Solo puedo hablar de lo que yo he hecho y en lo que he participado. Y lo que he tratado de hacer, aquí en Chicago, ha sido una educación inmersiva donde los estudiantes trabajan junto con los docentes, con un objetivo común: hacer un proyecto que les sirva para algo. La gran mayoría de este trabajo tuvo lugar por medio de la educación informal, fuera del horario y de las limitaciones del *sistema* escolar.

- *¿Cuáles son los retos para la apropiación del enfoque STEM en América Latina?*

El reto fundamental es que la comunidad educativa quiera participar del proceso educativo. Entender que es un proceso integrado que involucra a los docentes, los estudiantes y la familia trabajando juntos. Ese es uno de los retos fundamentales para que la educación en STEM tenga posibilidades de ser implementada, tanto en espacios formales como informales. La adopción de un camino curricular interdisciplinario requiere la participación de todos, a todo nivel, y requiere introducir cambios estructurales en los paradigmas educativos vigentes.



El segundo reto es darle un lugar para que eso pase. La educación STEM suele tener éxito en el marco de lo informal, porque no tiene que estar lidiando con otras cosas que tienen que pasar con el estudiante y la escuela, al mismo tiempo. Tenemos que facilitarles los contextos a los estudiantes y a los docentes, en los que puedan hacer proyectos que los motiven y que tengan algún sentido. Tiene que haber una vinculación entre el enfoque STEM, que está basado en la experimentación e inmersión, y las evaluaciones sumativas que son usadas en el contexto escolar.

- *¿Qué buenas prácticas o lecciones aprendidas del enfoque STEM destacaría para lograr su apropiación?*

He aprendido que si uno no trabaja una temática que le interese al estudiante, está perdiendo el tiempo. Por ejemplo, hablar del descubrimiento de América puede no ser interesante para la mayoría. Pero preguntarles cuál pudo haber sido su motivación para explorar otros países, puede despertarles el interés. O sea, se trata de buscar una manera en que el estudiante aprenda, pero de una manera que sea interesante y llamativa. Luego, es necesario orientar ese interés para que los estudiantes aprueben los exámenes y desarrollen las capacidades y habilidades que se esperan de ellos. Finalmente, se trata de transformar sus necesidades de adquisición de habilidades y contenidos, en actividades concretas que puedan vivenciar y al final apropiarse de ellas.

- *¿Qué concluye sobre la apropiación del enfoque STEM?*

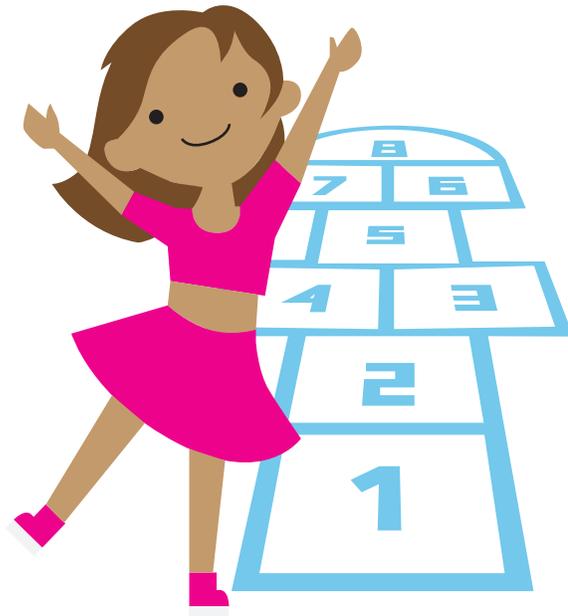
No hablo de democratización, sino de acceso, que es distinto. O sea que la población, a todo nivel, tenga un acceso a una educación con enfoque STEM de calidad, que le permita desarrollar las capacidades y habilidades necesarias para que pueda tomar decisiones basadas en hechos y realidades, sobre lo que pasa en su contexto diario.

La apropiación social de estas temáticas es lo que nos va a permitir trabajar en conjunto, teniendo un entendimiento común de los problemas, porque si no los entiendo, ¿cómo los voy a solucionar?



debemos tener un mínimo de habilidades y capacidades que nos permita identificarlos y entenderlos. Para lograr esa meta, hay que comprender el mundo que nos rodea, explorarlo a través de la lente *científica*, crear prototipos para la resolución de problemas a través de la *ingeniería*, utilizar las *matemáticas* para integrar y comunicarme con otras personas de manera inequívoca, y la tecnología para resolver las necesidades que son producto de los cambios en el medio ambiente. Ese es el concepto que yo llamo la *apropiación de la educación con enfoque STEM*. Un factor fundamental para el desarrollo del individuo y su comunidad.

Nota: Entrevista realizada en el Centro de Northeastern Illinois University de Chicago, el 27 de julio de 2022.





1 0 1 0
0 1 0 1
0 1 1 0
1 0 0 1





Descripción del enfoque STEM y los retos en el país



En Colombia el enfoque STEM se ha desarrollado mayormente con tendencia de arriba-abajo; es decir, se promueve desde entidades externas a las instituciones educativas (IE), como universidades, grupos de investigación, el Ministerio de Educación Nacional o las secretarías de Educación, etc. Esta estrategia de intervención permite una promoción amplia, pero puede dejar de lado las necesidades identificadas desde las IE (Instituciones Educativas), como lo señalan las experiencias documentadas sobre la implementación del enfoque en Colombia (Angulo González et al., 2022). Sin embargo, los análisis de caso también han demostrado que cuando se abordan dichas necesidades, la integración del enfoque educativo STEM en las IE alcanza un mayor impacto en los actores de la comunidad educativa. En ese sentido, identificamos por lo menos cuatro retos para trabajar en la adopción del enfoque en las IE.

Un primer reto se enfoca en lograr que las Instituciones Educativas identifiquen el enfoque STEM como una alternativa para el desarrollo de propuestas de aprendizaje que permiten los procesos de integración del conocimiento y un uso de las tecnologías, para resolver problemas de los contextos particulares. Esta iniciativa de aplicar STEM posibilita experiencias que se desarrollan partiendo de una necesidad específica y que puede ser significativa para estudiantes y comunidades educativas.

Un segundo reto se centra en los docentes, en primer lugar, porque al desarrollar el enfoque STEM se enfrentan, en principio, a un cambio de paradigmas en materia de aprendizaje, enseñanza y el sentido de las asignaturas, debido a que ellos no fueron educados ni formados con estas metodologías (Domenech et al., 2019). En segundo lugar, promover el trabajo colaborativo entre pares implica un trabajo adicional para

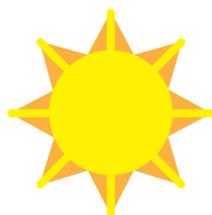
planear las clases en las diferentes asignaturas STEM, en gran medida por el estilo tradicional y consolidado de trabajar de forma individual; esta integración no debe crear compartimentos, trabajando desde cada una de las «letras» de forma separada. Es determinante consolidar espacios donde cada asignatura aporte su valor a las demás, sin dejar pasar el hecho de que cada asignatura posee un conocimiento específico, formas propias de hacer y pensar, por lo que el trabajo colaborativo es un reto en el STEM (Martín y Santaolalla, 2020). Y en tercer lugar, la relación con el uso de la tecnología debe ser eficaz y pertinente al proceso a desarrollar, se requieren habilidades y alfabetización digital para este enfoque educativo.

Un tercer reto se define en los procesos de formación de los docentes para la implementación del enfoque, en particular por la disponibilidad de tiempos para estos procesos, dadas las asignaciones de carga en las Instituciones Educativas y los espacios de formación distantes entre sí y con poca frecuencia, lo que limita la posibilidad de generar las capacidades necesarias. Para afrontar este reto, el enfoque STEM puede ofrecerse desde las Normales e Instituciones de Educación Superior (IES) que forman los docentes, sumando al conocimiento disciplinar las posibilidades de integración con las demás áreas; asimismo, promoviendo un alto nivel de competencias digitales que les permitan contar con bases para lograr formular y desarrollar proyectos STEM en las Instituciones Educativas.

Un cuarto reto se presenta con las herramientas o servicios de tecnología que se involucran en el desarrollo del enfoque, porque en algunas instituciones no se cuenta con herramientas mínimas y en otros casos porque se asume que sin herramientas tecnológicas no se puede aplicar el enfoque. Esta interpretación ha llevado a pensar que una institución educativa no puede ser STEM si no posee tecnología de vanguardia (impresoras 3D, robótica educativa, etc.), lo que ha promovido una visión elitista de este enfoque (Martín y Santaolalla, 2020).



Como en muchos procesos en los cuales se ve involucrada la tecnología en procesos educativos, el punto de partida deben ser las necesidades del contexto y las herramientas disponibles para diseñar procesos que respondan a estas oportunidades y usen estas herramientas, sin descartar los procesos de gestión para el mantenimiento y adquisición de nuevas tecnologías, en la medida que estas se integran y adaptan a las dinámicas de trabajo.





Estado y retos de la apropiación del enfoque STEM en Medellín

Cuando se indaga en la literatura científica por la educación STEM, es generalizada la mención a la integración de las áreas que componen la sigla: ciencias, tecnología, ingeniería y matemáticas. Sin embargo, cuando se rastrean experiencias que se han interesado en trabajar bajo este enfoque, la integración de saberes no siempre es clara. Se encuentran testimonios de profesores que, desde su área, se aproximan a la reflexión sobre una visión integradora del conocimiento; entretanto, otros proponen proyectos en común y aportar desde sus áreas, para conseguir un producto o solución específica.

No obstante, son pocos los casos en que las Instituciones Educativas apuestan por un trabajo curricular colegiado (entre profesores, estudiantes, directivos, comunidad, empresa y Estado), con estrategias didácticas que propendan por el aprendizaje colaborativo, mediado pedagógica y tecnológicamente por el uso de metodologías activas mediante las cuales no se separan los saberes y se forma para la toma de decisiones sobre problemas reales. No es recurrente identificar casos como el del Colegio Loyola para la Ciencia y la Innovación (2020), que plantean su Proyecto Educativo Institucional (PEI) como un proyecto de ciudad,

[...], con prácticas pedagógicas innovadoras que pretenden aportar al mejoramiento de la calidad de la educación de la ciudad y el país. Su fundamento didáctico es el Aprendizaje Basado en Proyectos (ABP), que se fortalece desde el trabajo en equipo, lo que incentiva en los estudiantes posturas críticas y argumentativas. (pp. 6-7)



De las 75 Instituciones Educativas oficiales de Medellín, participantes en el estudio¹, solo una declara el *STEM* en sus documentos rectores: se trata de la Institución Educativa Sol de Oriente, que «[...] adopta la estrategia *STEAMakers* como una propuesta de transformación escolar que integra la equidad educativa, el aprendizaje profundo, la metodología *ABP*, la educación interdisciplinar en ciencias, tecnología, ingeniería, artes y matemáticas (*STEAM*) y el movimiento *Makers*». O que, como la IE Asamblea Departamental, den cuenta de haber participado en experiencias de formación como la de *STEAM LABs* 2014 con la Universidad de San Antonio (Texas). Sin embargo, en la mayoría, se evidencia la apuesta por la investigación, el uso de las *TIC* y el aprendizaje basado en proyectos, siendo este último el más recurrente en estudios relacionados (Arteaga-Marín et al., 2022).

Para dar una posible explicación de por qué las IE de la ciudad no declaran de manera explícita la educación *STEM* como pilar de su estructura curricular, es necesario precisar que, si bien desde la década del 70 se propende por la implementación de una alfabetización interdisciplinaria para el desarrollo económico de los países, apenas en el primer decenio de los años 2000 se posiciona a nivel mundial. Y es en la segunda década del milenio, específicamente en el año 2017, cuando Medellín se declara como una «Ciudad Creativa» en el contexto de la Ley Naranja (Ley 1834 de 2017) y como «Territorio *STEM+H*». En ese mismo año es reconocida por la Unesco como «Ciudad del Aprendizaje» (Noticias Caracol, 2019) y en 2018 por el Innovation Cities™ Index de 2thinknow (2thinknow, 2018) por segunda vez como la «Ciudad más innovadora» (la primera vez fue en 2013 por The Wall Street Journal). También en 2018 se le declara «Ciudad Inteligente» (Pollmeier, 2018) y como Centro para la Cuarta Revolución Industrial o Industria 4.0 (Fernández, 2020). Para el año 2020, *STEM+H* deriva en el enfoque

1 Proyecto de investigación «Apropiación social de la tecnología para la toma de decisiones en la implementación parcial y total del enfoque *STEM* en el municipio de Medellín», realizado por la Universidad Pontificia Bolivariana, el Instituto Tecnológico Metropolitano de Medellín, la Universidad de Antioquia y el Centro de Ciencia y Tecnología de Antioquia y financiado por la Convocatoria conjunta de proyectos de I+D+I, en el marco de la agenda regional de I+D+I propuesta por las Universidades del G8.

Ser+STEM, el cual se conserva actualmente. Para los tomadores de decisión ha sido importante conocer el estado de la implementación de la educación STEM en la ciudad, por lo que en el año 2018 se realizó un diagnóstico (Cano-Vásquez y Ángel-Uribe, 2020) y en 2020 un marco de referencia del enfoque educativo *Ser+STEM* (Mova y Alcaldía de Medellín, 2020), con el propósito de orientar el acompañamiento a las Instituciones Educativas en el tema. Igualmente, la apuesta ha sido continuar las iniciativas relacionadas con la educación STEM, como el Vivero del Software, el Centro de Innovación del Maestro en Medellín (MOVA), Campamentos STEM, Valle del Software (Antioquia Informa, 2022), participar de propuestas de país como Ruta STEM Colombia (Ministerio de Educación, 2022) y en redes internacionales como la Red de Maestros Latinoamericana de la Fundación Siemens Stiftung (Fundación Siemens, 2022), entre otras.

Estas iniciativas tienen, entre otros, el propósito de conseguir la Apropiación Social de la Ciencia y la Tecnología (ASCyT). Con ellas se ha logrado el estudio del enfoque STEM y avanzar en la reflexión sobre su implementación (Quiceno, 2017; Londoño y Luján, 2020; Molina, 2021). Igualmente se reconocen retos investigativos, como tener definiciones del término y mediciones precisas sobre su incidencia en los aprendizajes, para determinar porqué, a pesar de los esfuerzos, no parece mejorar la apropiación (Escobar, 2017). Esto implica que, en futuros estudios, se trascienda la indagación desde las percepciones y se avance en el diseño de indicadores que les permitan a las administraciones tener líneas de base para proyectar planes de mejoramiento e intervención. En la misma línea, es necesario producir y divulgar nuevo conocimiento sobre los resultados y las dificultades en los procesos de implementación de experiencias STEM.

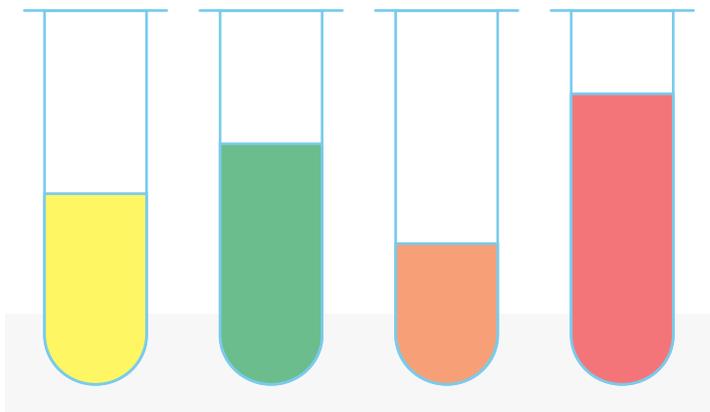
Desde la perspectiva disciplinar el reto es comprender la esencia de las áreas de la educación STEM, para que, en palabras de Marcelo Caplan (comunicación personal, 2022), todos (docentes y estudiantes) identifiquen su potencial como científicos. Ello implica entender el papel de estas áreas en lo cotidiano, su relación con otras áreas y saberes, y



su importancia para resolver las necesidades que se tienen al habitar el mundo. Para esto es importante saberse humano, social, con la necesidad y la responsabilidad de pensar y hacer, con el otro, para el bien propio y el común. Esto trasciende el desarrollo económico.

En la formación de docentes el reto es trascender la conceptualización del enfoque, y avanzar hacia la comprensión y aplicación de conocimientos desde la conexión entre disciplinas, a partir de la solución de problemas. Esto es, promover la formación de docentes en situaciones reales y contextualizadas, que permitan el abordaje integrado de las áreas con miras al diseño de ambientes de aprendizaje y al desarrollo de experiencias de aprendizaje activo - experiencial.

Finalmente, y no menos importante, el reto superior es lograr que la educación STEM desarrolle competencias científicas y tecnológicas en los estudiantes, para que las utilicen en la vida cotidiana y participen activamente en la toma de decisiones para enfrentar los problemas y retos del mundo actual, que, entre otras, requiere de sociedades y comunidades sostenibles.





“Sería interesante contar con una autonomía real para ejecutar proyectos STEM”



Victor Fonseca. Foto cortesía.

El docente Víctor Fonseca y el árbol solar en la Institución Educativa INEM José Félix de Restrepo (donado por Tronex), en Medellín. El INEM es la primera institución educativa en Colombia que cuenta con uno.

Víctor Fonseca es profesor hace 37 años, 27 de ellos los ha vivido en la institución educativa INEM José Félix de Restrepo en Medellín, y desde allí ha podido observar cómo la educación evoluciona y los docentes deben caminar a la par con ella. Desde su pregrado —Licenciatura en Electrotecnia, que fue discontinuado— hasta la actualidad, ha

intentado seguirle el paso a los avances tecnológicos y pedagógicos con el objetivo de aplicarlos en su aula de clase y formar estudiantes con los conocimientos que el contexto amerita.

Para Víctor, el enfoque STEM no tiene mucha diferencia con los cuatro pilares en los que se basa su institución educativa para transmitir conocimientos: el ser, el saber, el hacer y el hacer en contexto. Considera que si bien conceptualizar es importante, desde siempre ha sabido que relacionar todas las materias del currículo es necesario para crear ciudadanos competentes sin limitarse a una sola área del conocimiento, sumado a la necesidad de indagar sobre diferentes fenómenos en el aula, entendiendo que hacen parte de la cotidianidad y no solo de la academia. Escuchar a Víctor es permitirse crear un panorama sobre el estado en el que se encuentra la implementación del enfoque STEM en la ciudad.

- *¿Cómo considera que se viene implementando el enfoque STEM en Medellín?*

Es muy beneficioso e interesante que exista un boom relacionado con el enfoque, que se creen programas e incentivos que apunten al STEM, al hacer en contexto; sin embargo, se deben revertir los conocimientos a las necesidades del país. Por ejemplo, no quedarnos solo en hablar de Valle del Software, sino también proyectarnos hacia otros campos como las energías renovables, la agricultura 4.0 que es nuestra vocación por esencia y trae seguridad alimentaria, expandirnos hacia llevar desarrollo a las comunidades.

- *¿Cuáles considera son los principales retos que tienen las instituciones educativas para promover el enfoque STEM?*

Hemos visto que se ha logrado lo más difícil: convencer a la administración municipal y a las directivas, de mejorar los currículos y orientarlos hacia el enfoque STEM. El reto está en que desde los primeros grados se inculque y que las directivas tengan una autonomía real para ejecutar proyectos, no sujeto a la, a veces, baja financiación de la Secretaría de Educación. Hay una contradicción entre lo que se



dice y lo que se puede hacer. También es importante capacitar mejor a los docentes en el tema, no para que hagan una maestría de forma autónoma, sino para que se eduquen en las mismas instituciones.

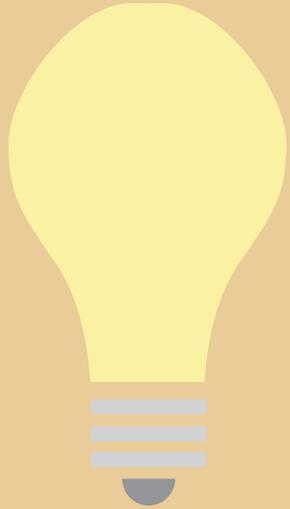
- *¿Qué ventajas traerá el enfoque STEM para el sistema educativo y todos sus actores?*

La deserción disminuiría al generar una cobertura mayor para los jóvenes en términos de motivación, los estudiantes tendrían más certeza a la hora de elegir una carrera universitaria. Si nosotros disparamos las potencialidades desde el STEM, el país crecería armónicamente en todos los aspectos; por ejemplo, los profesionales no tendrían que irse del país para poder crecer y dejaríamos de importar todos los elementos que tenemos capacidad de construir aquí.

- *¿Puede relacionar alguna experiencia significativa en relación con la adopción de este enfoque en su institución?*

En 2011 la Secretaría de Educación y Ruta N crearon un concurso llamado «Desafío Solar». Consistía en que nos daban un kit con una pequeña placa solar y nosotros debíamos construir un carrito funcional con ella; llevé 16 equipos de todos los grados y corrimos con la fortuna de ganar con tres chicos. El premio fue ir a Australia a una carrera de carros solares hechos por universitarios: mientras ellos competían nosotros estábamos en capacitaciones y conociendo la ciudad, que tiene gran uso de paneles solares y energías renovables. Gracias a ese viaje surgió el tema de energía solar fotovoltaica y comenzamos a trabajar con todas las placas solares que pudimos conseguir, a emplear el STEM y a participar en campeonatos nacionales y mundiales.





**“STEM va más allá de un concepto,
es una práctica vivencial”**



Liliam Patricia Villegas. Foto cortesía.

La rectora Liliam Patricia Villegas con un estudiante de primaria, en una clase sobre huertas.

Liliam Patricia Villegas Echavarría es rectora de la Escuela Normal Superior de Medellín y ha transcurrido los últimos años de su vida profesional empeñada en implementar el enfoque STEM en las instituciones donde trabaja, convencida de que es el camino pedagógico para llegar a los niños, adolescentes y jóvenes, con proyección a la comunidad. Ha obtenido reconocimiento de la Alcaldía de Medellín por su liderazgo pedagógico y didáctico, que ha transformado no solo los contenidos de las mallas curriculares sino la forma de enseñarlos e impactar contextos por medio de la educación.

La vocación de Liliam Patricia se siente en cada palabra que dice. Su oficina está llena de objetos variados que ha recolectado la Escuela Normal Superior como parte de su Museo Histórico y asegura sirven para aplicar el STEM: muestran las sensaciones, el reciclaje, las nuevas utilidades de los objetos, los temas de medición, las leyes naturales, los hitos históricos de la educación en Colombia.... Para esta rectora, la ciencia puede estar en todo y solo hace falta un maestro apasionado para aproximar las áreas entre sí y encontrar qué debe aportar cada una en un problema dado.

- *¿Cómo considera que se viene implementando el enfoque STEM en Medellín?*

Considero que el enfoque se ha implementado por años, especialmente en las Normales, pero no se había bautizado, es decir, no se había asignado esta sigla en los enfoques pedagógicos, aunque los procesos curriculares ya apuntaban a integrar las áreas. Esta Normal, por ejemplo, es un laboratorio vivo amplio desde antes de conocer la teoría del STEM, y eso sucede en muchas instituciones en la ciudad. Debo reconocer también que la Secretaría de Educación está dando todo de sí para que los jóvenes sean técnicos y mejoren su calidad de vida a través de STEM, la actual secretaria tiene grandes ideas que está cumpliendo.

- *¿Cuáles considera son los principales retos que tienen las instituciones educativas para promover el enfoque STEM?*

Creo que más que retos o dificultades hay oportunidades, y que se deben pensar más desde las políticas públicas que desde la escuela. Más que falta de financiación se requieren proyectos e ideas que pongan en marcha la parte económica, así como una etnografía mayor por parte de la administración municipal para conocer las necesidades de las comunidades y generar líneas de acción que obedezcan a los contextos.



¿Qué ventajas traerá el enfoque STEM para el sistema educativo y todos sus actores?

El enfoque STEM posibilita que todos hablemos un mismo idioma: la administración, los colegios y las universidades; también permite generar profesionales y emprendedores sensibles e innovadores, recrear los saberes, crear una cultura donde se trabaje con amor, poniendo siempre primero a la persona. Considero además que el STEM es un gran enfoque para dinamizar, trascender la administración de la educación en Medellín, las instituciones educativas y el proyecto de vida de los estudiantes con sus familias. El STEM va más allá de un concepto, es una práctica vivencial que nos permite humanizarnos y ser ciudadanos colaborativos, líderes transformadores y aportantes de conocimiento de ciudad para el mundo; estoy convencida de que nos hace mejorar como sociedad, gracias a su integridad.

- *¿Puede relacionar alguna experiencia significativa en relación con la adopción de este enfoque en su institución?*

Son muchas las experiencias que podría mencionar; sin embargo, viene a mi mente una puntual en el anterior colegio donde fui rectora, la Institución Educativa Normal Superior de Medellín, en Robledo. Allí me marcó poner las áreas a construir juntas, porque eso permitió fortalecer también las competencias socioemocionales. Los chicos de la Comuna 7 adoptaron un lema: «Cambiando lo violento por talento», y eso fue lo que hicimos: cada docente tenía las herramientas necesarias para dar clases dinámicas, variadas, dejando atrás las clases magistrales que no atrapan a los estudiantes, y confiando en lo que tenían para aportar a cada chico.



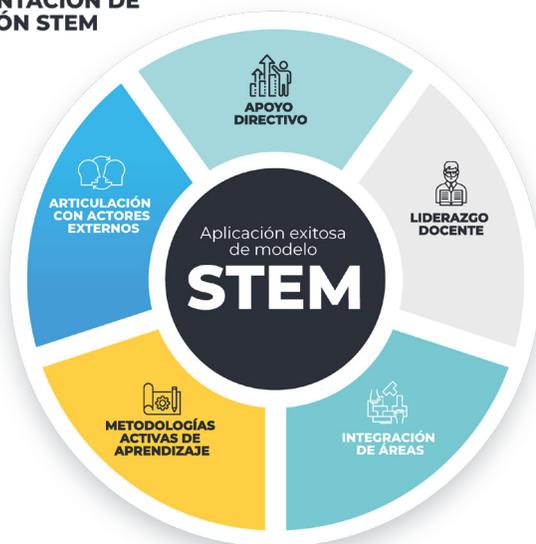
Orientaciones para la implementación de la educación STEM



Las experiencias de aplicación del enfoque STEM son diversas y dependen del contexto en el cual se desarrollan. Sin embargo, hay algunos elementos claves que generan condiciones para alcanzar una experiencia exitosa, tal y como se aprecian en la figura 2.

Figura 2. Orientaciones para la implementación de la educación STEM

ORIENTACIONES PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE LA EDUCACIÓN STEM



Fuente: elaboración propia (2023).

A continuación, se relacionan dichos elementos clave:

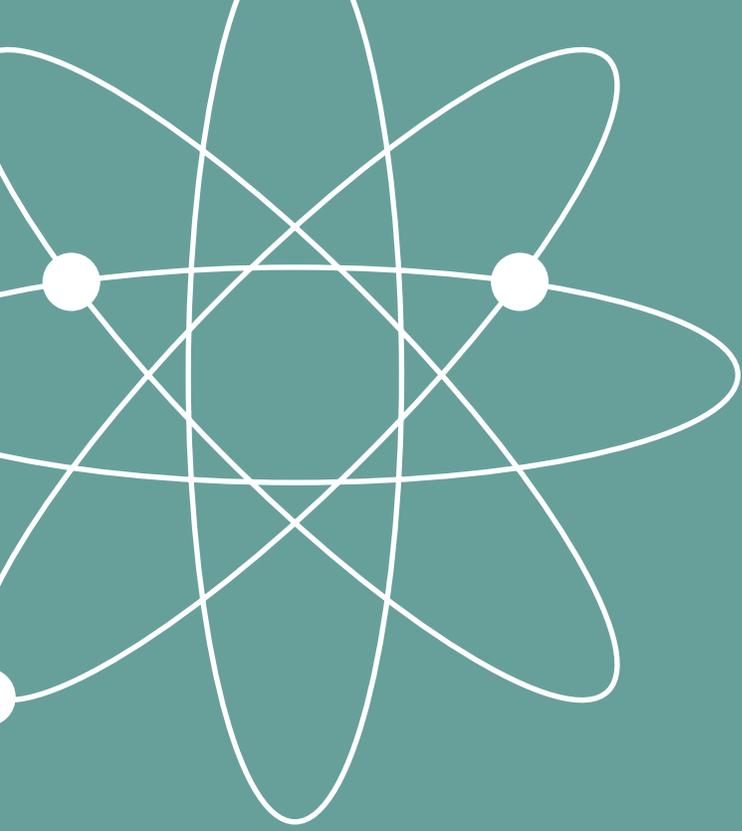
- **Apoyo directivo:** la aprobación y respaldo del directivo docente al desarrollo de la experiencia STEM, vehiculiza la realización de las actividades que pueden estar por fuera de la planeación habitual de la dinámica institucional. Entre otros, permite la conformación de equipos de trabajo alrededor de la experiencia y facilita la difusión de los resultados.
- **Liderazgo docente:** los docentes son promotores del aprendizaje activo, su participación es indispensable, es importante su compromiso con la innovación, el diseño de experiencias de aprendizaje acordes con las orientaciones misionales de la institución, el trabajo con sus pares, la gestión de espacios y ambientes de trabajo, y la gestión de los resultados para identificar las buenas prácticas y replicar la experiencia en otros grupos o instituciones.
- **Integración de áreas:** uno de los pilares del enfoque STEM es la integración de áreas, como mínimo las que integran su sigla y las complementarias en otras tendencias, como las artes (A) o las humanidades (H). Esta integración debe ser intencionada desde el principio, idealmente, con la participación de docentes de cada una de las áreas. Sin embargo, aunque solo uno de los docentes sea el que lidera la experiencia, debe identificar los elementos que se aportan desde cada una, hacerlas explícitas e integrar algún elemento, por ejemplo desde el área de tecnología e informática o ingeniería, incorporar escenarios enriquecidos que generen motivación a los estudiantes, con el uso de herramientas para el desarrollo de software, robótica, con estrategias *maker* o de *hazlo por ti mismo* (DIY en inglés), entre otras que permiten la materialización de los proyectos que trabajan temáticas y contenidos diversos.
- **Metodologías activas de aprendizaje:** una experiencia STEM debe partir de un problema concreto, preferiblemente una situación real, para la cual se plantea una solución. El aprendizaje por problemas, por proyectos, por retos, entre otros, facilitan el desarrollo de las



experiencias formativas STEM, promueven la participación de los estudiantes y el trabajo colaborativo. Según Miguel Ángel Pereira Baz (2015), los elementos clave de este tipo de metodologías se resumen en:

- o Partir de un reto o problemática que desafíe y motive el interés del estudiante. Una situación auténtica y pertinente, es decir, en relación directa con el mundo real, con significado para el estudiante en su contexto.
 - o Acompañar el proceso de una investigación en profundidad, que incluye los aportes de cada área involucrada.
 - o Permitir la decisión del alumno, que se enfoca en su participación de las decisiones del proceso. La revisión, reflexión y crítica entre pares por parte del docente o por expertos externos, es clave para conectar con los conceptos de cada área y con las competencias que se requiere desarrollar.
 - o Concretar y socializar públicamente el proceso de los productos, soluciones y resultados de la experiencia, bien sea dentro del aula, en la misma institución o fuera de ella. Esto valida, nutre y difunde las experiencias STEM.
- **Articulación con actores externos:** los actores externos, entendidos como organizaciones privadas o públicas de cualquier tipo que promueven el enfoque STEM o similares, generan valor agregado al desarrollo de las experiencias. Estas permiten la cooperación e intercambio de conocimiento, cercanía con el mundo real, formación y práctica para los participantes, socialización de los procesos y productos, participación en concursos o competencias, entre otros.





Sobre los autores

Lina María Cano Vásquez, Universidad Pontificia Bolivariana

Doctora en educación. Profesora de la Escuela de Educación y Pedagogía e integrante del Grupo de Investigación Educación en Ambientes Virtuales (EAV) de la Universidad Pontificia Bolivariana.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2256-1576>

Isabel Cristina Ángel Uribe, Universidad Pontificia Bolivariana

Magíster en Tecnologías de Información y Comunicación en Educación y Formación. Profesora de la Escuela de Educación y Pedagogía e integrante del Grupo de Investigación Educación en Ambientes Virtuales (EAV) de la Universidad Pontificia Bolivariana.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7886-7267>

Jorge Manuel Escobar Ortiz, Institución Universitaria ITM

Doctor en Ciencias Humanas y Sociales. Docente y coordinador de la Maestría en Estudios de Ciencia, Tecnología, Sociedad e innovación (CTS+i) e integrante del Grupo de Investigación en Estudios CTS+i de la Facultad de Artes y Humanidades del Instituto Tecnológico Metropolitano.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3785-3114>

Giovanni López Molina, Corporación Centro de Ciencia y Tecnología de Antioquia

Magíster en Ingeniería Área Informática y Ciencias de la Computación. Desarrollador de negocios y tecnología en la Corporación Centro de Ciencia y Tecnología de Antioquia e integrante del Grupo de Investigación EDUCERE.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1694-5386>



Diana Milena Ramírez Hoyos, Universidad de Antioquia

Magíster en Mercadeo y Comunicadora Social-Periodista. Docente y coordinadora del Pregrado en Periodismo de la Universidad de Antioquia. Integrante del Grupo de Investigación Comunicación, Periodismo y Sociedad, y estudiante del Doctorado en Comunicaciones y Narrativas de la misma universidad.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9529-6208>

Alejandro Uribe Zapata, Universidad Pontificia Bolivariana

Doctor en Educación. Profesor de la Escuela de Educación y Pedagogía de la Universidad Pontificia Bolivariana e integrante del Grupo de Investigación Educación en Ambientes Virtuales (EAV).

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9228-9088>

Ana Sofía Vera Muñoz, Universidad de Antioquia

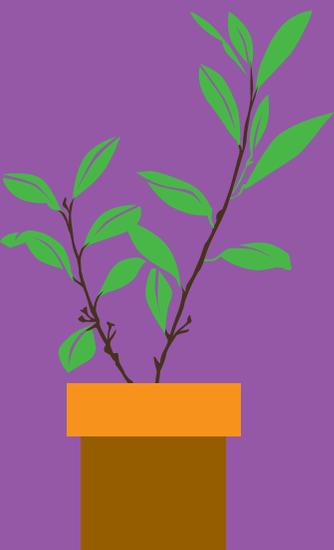
Estudiante de octavo semestre del Pregrado en Periodismo y joven investigadora de la Facultad de Comunicaciones y Filología de la Universidad de Antioquia. También es monitora en Competencias Comunicativas en la misma universidad.

ORCID: <https://orcid.org/0009-0008-5468-3632>





1 0 1 0
0 1 0 1
0 1 1 0
1 0 0 1



Referencias

- Alcaldía de Medellín. (2022). *Programa Ser + STEM de la Secretaría de Educación*. <https://www.medellin.gov.co/es/secretaria-de-educacion/estudiantes/unidad-media-tecnica/ser-STEM/>
- Angulo González, M. V., Alarcón Párraga, C. L., Gómez Díaz, C. M., Muñoz Castillo, A. L., Zea Silva, L. A., Ruiz Castillo, S. E., Bustos Ortiz, J., Montoya Barato, W. Y., Roldán Giraldo, A. F., y Trujillo Pulido, P. A. (2022). *Visión STEM + Educación extendida para la vida*.
- Antioquia Informa. (2022, 14 de enero). *Medellín se consolida como Valle del Software*. <https://antioquiainforma.com/medellin-se-consolida-como-valle-del-software/>
- Arteaga-Marín, M., Sánchez-Rodríguez, A., Olivares-Carrillo, P., y Maurandi-López, A. (2022). Revisión sistemática y propuesta para la implementación de metodologías activas en la educación STEM. *EDUCATECONCIENCIA*, 30(36), 35-76. <https://tecnocientifica.com.mx/educateconciencia/index.php/revistaeducate/article/view/533>
- Bautista, A. (2021). STEAM Education: Contributing Evidence of Validity and Effectiveness. *Journal for the Study of Education and Development*, 44(4), 16, 755-768. <https://doi.org/10.1080/02103702.2021.1926678>
- Bogdan Toma, R. y García-Carmona, A. (2021). De STEM nos gusta todo menos STEM. *Análisis crítico de una tendencia educativa de moda*. *Enseñanza de las Ciencias*, 39(1), 65-80. <https://doi.org/10.5565/rev/ensciencias.3093>
- Campuzano, C. (2022). Conocimiento para la transformación educativa en Medellín. <https://www.upb.edu.co/es/noticias/conocimiento-tranformacion-educativa-en-medellin>



- Cilleruelo, L., y Zubiaga, Z. (2014). Una aproximación a la Educación STEAM, Prácticas educativas en la encrucijada arte, ciencia y tecnología. <https://www.augustozubiaga.com/web/wp-content/uploads/2014/11/STEM-TO-STEAM.pdf>
- Colegio Loyola para la Ciencia y la Innovación. (2020). Proyecto Educativo Institucional. https://modulo.master2000.net/recursos/uploads/252/PEI_2020.pdf
- Colombia Aprende. (2020, 21 de noviembre). ¿Cómo implementar el enfoque educativo STEM+A? Marcelo Caplan. [video] YouTube. <https://youtu.be/EO93MsRDzr8>
- Ley 1384 de 2017. Por medio de la cual se fomenta la economía creativa Ley Naranja. 23 de mayo de 2017. D. O. 50.242.
- Daugherty, M. K. (2013). The Prospect of an “A” in STEM Education. <http://www.uaSTEM.com/wp-content/uploads/2012/08/The-Prospect-of-an-A-in-STEM-Education.pdf>
- El País. (2013, 01 de marzo). Medellín, designada la ciudad más innovadora del mundo por City of the Year. https://elpais.com/economia/2013/03/01/agencias/1362152298_236500.html
- Escobar, J. M. (2017). Los orígenes del discurso de apropiación social de la ciencia y la tecnología en Colombia. *Análisis político*, 30(91), 146-163. <https://doi.org/10.15446/anpol.v30n91.70269>
- Fernández, J. D. (2020). La cuarta revolución industrial: contexto, conceptos y desarrollo. *Universitas Científica*, 23(1), 74–79.
- Fundación Siemens. (2019). Fundación Siemens en Medellín y Antioquia. Medellín un territorio comprometido con la educación en STEM. <https://fundacion Siemens.co/wp-content/uploads/2019/07/FSC-en-medell%C3%ADn-Final.pdf>



Fundación Siemens. (2002). Red de Maestros. <https://educacion.STEM.siemens-stiftung.org/red-de-maestros/>

González, H. B., y Kuenzi J. J. (2012). Science, Technology, Engineering, and Mathematics (STEM). Education: A Primer. <http://www.STEMedcoalition.org/wp-content/uploads/2010/05/STEM-Education-Primer.pdf>

Kuenzi J. J. (2008). Science, Technology, Engineering, and Mathematics (STEM) Education: Background, Federal Policy, and Legislative Action. <https://digitalcommons.unl.edu/crsdocs/35/>

Quiceno Arias, J. F. (2017). Condiciones para la implementación de ambientes de aprendizaje STEM, en instituciones oficiales de la ciudad de Medellín, Caso IE Monseñor Gerardo Valencia Cano [tesis de maestría, Universidad EAFIT]. <https://repository.eafit.edu.co/handle/10784/11869>

Londoño, D. A. y Luján, D. M. (2020). Competencias científicas en maestros de la ciudad de Medellín: Un análisis desde la formación docente. *Cultura, Educación y Sociedad*, 11(1), 39–54. <https://doi.org/10.17981/cultedusoc.11.1.2020.03>

Martín, O., y Santaolalla, E. (2020). Educación STEM. Formación con «conciencia». *Padres y Maestros* (381), 41–46. <https://doi.org/10.14422/pym.i381.y2020.006>

Ministerio de Educación Nacional. (2019, 25 de octubre). Nova Camp, primer campamento nacional de ciencia, tecnología e innovación. [video]. YouTube. <https://youtu.be/-Qa-7sPkJwk>

Ministerio de Educación Nacional. (2022). Ruta STEM. <https://especiales.colombiaaprende.edu.co/rutaSTEM/index.html>

Molina, G. A. (2021). Apropiación del enfoque educativo STEM y su relación con la filosofía escolar en Medellín: ciudad del aprendizaje [Trabajo de grado de maestría, Universidad de Antioquia]. <https://bibliotecadigital.udea.edu.co/handle/10495/26020>



- Mova. (2021). Centro de innovación de las maestras y maestros de la transformación educativa. <https://www.medellin.edu.co/mova/>
- Mova y Alcaldía de Medellín (2020). Marco Ser+STEM. Estamos transformando la educación en Medellín. Alcaldía de Medellín
- Noticias Caracol. (2019, 4 de febrero). Medellín celebra ser reconocida por la Unesco como una de las 10 mejores ciudades del aprendizaje. <https://noticias.caracoltv.com/antioquia/medellin-celebra-ser-reconocida-por-la-unesco-como-una-de-las-10-mejores-ciudades-del-aprendizaje>
- Pollmeier, P. (2018). Medellín se mueve hacia una ciudad inteligente impulsada por los datos. <https://www.rutanmedellin.org//es/opini%C3%B3n/>
- Sanders, M. (2009). STEM, STEM Education, STEMMania. The Technology Teacher, 20-26. <https://www.teachmeteamwork.com/files/sanders.iSTEM.ed.ttt.iSTEM.ed.def.pdf>
- Secretaría de Educación de Medellín. (2021). Programa Ser + STEM de la Secretaría de Educación. <https://www.medellin.gov.co/es/secretaria-de-educacion/estudiantes/unidad-media-tecnica/ser-STEM/>
- Secretaría de Educación de Medellín. (2021, 25 de mayo). Pódcast Nuestra Historia. El Vivero del Software. [video]. YouTube. <https://youtu.be/DLCOAUIA170>
- Watson, D. A., y Watson H. G. (2013). Bonus Article: Transitioning STEM to STEAM: Reformation of Engineering Education. The Journal for Quality and Participation, 36(4), 1-4. <https://shre.ink/nZYk>
- 2thinknow (2018). Innovation Cities™ Index 2018: Global. <https://www.innovation-cities.com/innovation-cities-index-2018-global/13935/>







Producción relacionada de los investigadores del proyecto

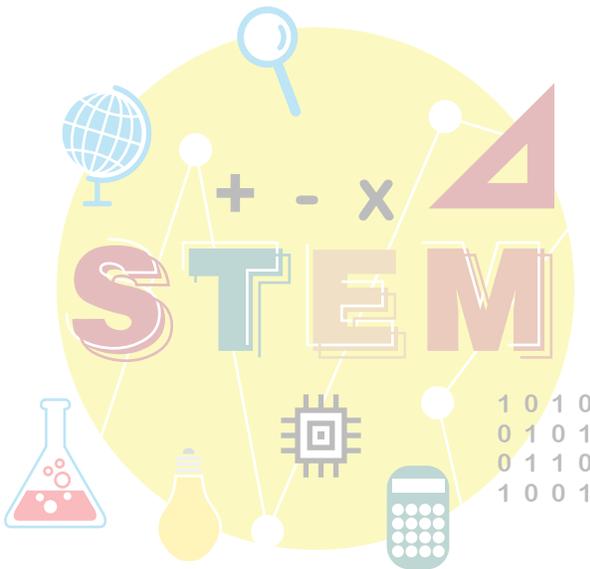
- Ángel-Uribe, I. C., y Lemos, M. R. P. (2018). Línea base de indicadores de apropiación TIC en instituciones educativas. *Educación y Educadores*, 21(3), 435-457. <https://doi.org/10.5294/edu.2018.21.3.4>
- Ángel-Uribe, I. C., Patiño-Lemos, M. R., y Vallejo-Gómez, M. (2017). Base TIC. Una metodología para la autoevaluación de apropiación TIC institucional. Universidad Pontificia Bolivariana.
- Andrade, H. H., Navas, X., Maestre, G., y López, G. (2014). El modelado y la simulación en la escuela. De preescolar a undécimo grado construyendo explicaciones científicas. Ediciones Universidad Industrial de Santander.
- Cano, L., Bermúdez, D. M., y Arango, V. D. (2021). Experiencias STEM+H en instituciones educativas de Medellín: factores que prevalecen en su implementación. *Sociology and Technoscience*, 11(Extra-1), 1-22. https://doi.org/10.24197/st.Extra_1.2021.1-22
- Cano Vásquez, L. M., y Ángel Uribe, I. C. (2020). Medellín Territorio STEM+H: un diagnóstico de la Secretaría de Educación de Medellín sobre el desarrollo del enfoque en las instituciones educativas de la ciudad. Universidad Pontificia Bolivariana y Alcaldía de Medellín. <http://doi.org/10.18566/978-958-764-837-9>
- Escobar, J. M. (2017). Los orígenes del discurso de apropiación social de la ciencia y la tecnología en Colombia. *Análisis político*, 30(91), 146-163. <https://doi.org/10.15446/anpol.v30n91.70269>
- Escobar, J. M. (2018). El diseño de la política científica en América Latina: organismos internacionales, gobiernos nacionales y comunidades científicas. *Trilogía Ciencia Tecnología Sociedad*, 10(18), 7-11.

Escobar, J. M. (2018). La apropiación social de la ciencia y la tecnología como eslogan: un análisis del caso colombiano. *Revista Iberoamericana de Ciencia, Tecnología y Sociedad*, 13(38), 29-57.

Escobar, J. M. (2021). Cómo medir la apropiación social de la ciencia y la tecnología: la definición de indicadores como problema. *Innovar*, 31(80), 153-166. <https://doi.org/10.15446/innovar.v31n80.93672>

Rincón, J. A., y Ortiz, J. M. E. (2021). Producción de ignorancia y la brecha de género en STEM: un acercamiento a la formación en ingeniería. *Sociology and Technoscience*, 11(Extra-1), 139-159. https://doi.org/10.24197/st.Extra_1.2021.139-159

Ramos-Lizcano, C., Ángel-Uribe, I.C., López-Molina, G., y Cano-Ruiz, Y. M. (2022). Elementos centrales de experiencias educativas con enfoque STEM. *Revista Científica*, 45(3), 345-357. <https://doi.org/10.14483/23448350.192981>.





Explorando el enfoque STEM. Reflexiones desde diversos contextos

Fuentes tipográficas: Adobe Garamond Pro para a texto corrido, en 11 puntos, para títulos en Lato black 16 puntos y subtítulos en Adobe Garamond Pro Bold 14 puntos.

Línea Profesional



Esta cartilla analiza las razones que han impulsado la adopción del enfoque STEM (Science, Technology, Engineering and Mathematics) en la educación. Explora las visiones y diagnósticos detrás de este enfoque, además de ofrecer reflexiones sobre su implementación actual. También aborda los desafíos **identificados** en varios entornos educativos a partir de investigaciones realizadas, proporcionando una visión completa y crítica sobre el estado y las dificultades asociadas con la integración del enfoque STEM en la enseñanza.



Alcaldía de Medellín
— Distrito de
Ciencia, Tecnología e Innovación