

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

Lina María Cano Vásquez
Isabel Cristina Ángel Uribe
Autores

Alexandra Agudelo Ruiz
Prólogo



Unidad de Transferencia y Asesorías en Educación
Grupo de Investigación Educación en Ambientes Virtuales
Centro de Investigación para el Desarrollo y la Innovación CIDI



Universidad
Pontificia
Bolivariana



Alcaldía de Medellín

Lina María Cano Vásquez

Licenciada en educación especial, especialista en gestión de procesos curriculares, magister en educación y doctora en educación. Docente Investigadora del grupo Educación en Ambientes Virtuales. Durante los últimos años se ha dedicado a la investigación y a procesos de formación en pregrado y postgrado, relacionados con el uso y apropiación de Tecnologías de Información, la convivencia escolar y enfoque STEM. También a la coordinación de proyectos de transferencia y extensión (locales, nacionales e internacionales).

Isabel Cristina Ángel Uribe

Profesora titular de la Universidad Pontificia Bolivariana, de Medellín, Colombia en la Escuela de Educación y Pedagogía de los programas de Licenciatura de Inglés - Español y Maestría en Educación (modalidades presencial y virtual). Acompaña procesos de investigación formativa e investigación escolar y dirige proyectos de grado en pregrado y postgrado y es miembro de grupo de investigación Educación en Ambientes Virtuales (EAV). Es Magister en Tecnologías de Información y Comunicación en Educación y Formación de la Universidad Autónoma de Madrid (UAM). Ha participado como investigadora principal y coinvestigadora en proyectos relacionados con el trabajo colaborativo mediado tecnológicamente, las estrategias de estudio con TIC de los estudiantes universitarios, contenidos formativos digitales para la cátedra de paz, la evaluación de la apropiación TIC en las instituciones educativas, las formación y prácticas de los docentes, los MOOC, el enfoque educativo STEM, entre otros.

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

Lina María Cano Vásquez
Isabel Cristina Ángel Uribe
Autores

Alexandra Agudelo Ruiz
Prólogo

Dora Inés Sánchez Restrepo, Liliana de los Dolores Álvarez Barrera,
Gloria del Pilar Londoño Gallego y Alejandro Londoño Hernández
Colaboradores

Unidad de Transferencia y Asesorías en Educación
Grupo de Investigación Educación en Ambientes Virtuales
Centro de Investigación para el Desarrollo y la Innovación CIDI



370.1
C227

Cano Vásquez, Lina María, autor
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 / Lina María Cano Vásquez, Isabel Cristina Ángel Uribe, autores. -- Medellín : UPB y Alcaldía de Medellín, 2020.

150 páginas, 16.5 x 23.5 cm.
ISBN: 978-958-764-837-9

1. Innovación educativa -- 2. Modelos educativos --
3. Educación STEM -- I. Ángel Uribe, Isabel Cristina -- II. Título

CO-MdUPB / spa / RDA
SCDD 21 / Cutter-Sanborn

© Lina María Cano Vásquez
© Isabel Cristina Ángel Uribe
© Alcaldía de Medellín
© Editorial Universidad Pontificia Bolivariana
Vigilada Mineducación

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

ISBN: 978-958-764-837-9

DOI: <http://doi.org/10.18566/978-958-764-837-9>

Primera edición, 2020

Educación y Pedagogía

Facultad de Educación

CIDI. Grupo de Investigación Educación en Ambientes Virtuales. Proyecto: STEM 2018.

Implementación y desarrollo del plan de formación docente "maestros, maestras y directivos líderes de la calidad y la excelencia" del Municipio de Medellín – Formación Mova IV.

Radicado: 044C-03/18-U07

Alcaldía de Medellín
Secretaría de Educación
Subsecretaría de Prestación del Servicio Educativo
Programa Escuela Entorno Protector

Universidad Pontificia Bolivariana

Gran Canciller UPB y Obispo de Medellín: Mons. Ricardo Tobón Restrepo

Rector General: Pbro. Magíster Julio Jairo Ceballos Sepúlveda

Vicerrector General: Especialista Luis Eduardo Gómez Álvarez

Vicerrector Académico: Dr. Álvaro Gómez Fernández

Vicerrector Pastoral: Pbro. Dr. Diego Alonso Marulanda Díaz

Decano Escuela de Educación y Pedagogía: Guillermo Echeverri Jiménez

Directora de Investigación y Transferencia: Ana Cecilia Escudero Atehortúa,

Editor: Juan Carlos Rodas Montoya

Coordinación de Producción: Ana Milena Gómez Correa

Diseño y Diagramación: Sissi Tamayo Chavarriaga

Corrección de Estilo: Cristian Suárez

Dirección Editorial:

Editorial Universidad Pontificia Bolivariana, 2020

Correo electrónico: editorial@upb.edu.co

www.upb.edu.co

Telefax: (57)(4) 354 4565

A.A. 56006 - Medellín - Colombia

Radicado:1951-26-02-20

Prohibida la reproducción total o parcial, en cualquier medio o para cualquier propósito, sin la autorización escrita de la Editorial Universidad Pontificia Bolivariana.

Contenido

PRÓLOGO	11
PRESENTACIÓN	15
REFERENTES QUE ORIENTAN EL DIAGNÓSTICO	19
¿Qué es la educación STEM/STEAM?	19
Un modelo teórico para comprender la educación STEM.	21
El rol de las artes en la educación STE-A-M.....	27
Tendencias en educación STEM/STEAM en el mundo	27
La integración curricular	33
Teoría constructivista del aprendizaje	36
<i>Aprendizaje basado en problemas –ABP–</i>	37
<i>Aprendizaje basado en proyectos</i>	39
<i>Aprendizaje basado en indagación</i>	41
<i>Aprendizaje basado en retos –ABR–</i>	43
<i>Aprendizaje basado en el juego o gamificación</i>	45
<i>Desing Thinking o pensamiento de diseño</i>	46
<i>Diseño de ingeniería</i>	47

Modelos de implementación STEM/STEAM.....	48
Modelo de implementación exploratorio.	48
Modelo de implementación introductorio.....	51
Modelo de inmersión parcial.....	53
Modelo de inmersión total.....	56
STEM+H.....	59
El caso Medellín territorio STEM+H.....	61
Importancia de las instituciones aliadas.....	66
La formación de los docentes, un punto de partida.....	68
METODOLOGÍA.....	71
RESULTADOS.....	75
Fase I: Resultados cuantitativos de la investigación.....	75
Identificación de experiencias STEM+H.....	77
Modelos de implementación de la educación STEM/STEAM.	81
Clasificación de las instituciones educativas.....	85
Modelos STEM+H y media técnica.....	89
Formación de los docentes y directivos docentes vs. STEM+H.....	91
Actividades STEM+H por modelo de implementación.....	92
Estrategias didácticas vs. modelos de implementación STEM/STEAM.....	96
Instituciones aliadas.....	99
Alianzas con otras instituciones vs. modelos de implementación STEM/STEAM.....	101
Necesidades didácticas y pedagógicas vs. modelos de implementación STEM/STEAM.....	103
Distribución territorial por modelo de implementación STEM/STEAM.....	105
Fase II: Resultados cualitativos de la investigación.....	105

Experiencias en el modelo de implementación exploratorio	108
Experiencias en el modelo de implementación introdutorio.....	109
Experiencias en el modelo de inmersión parcial.....	114
Experiencias en el modelo de inmersión total.....	120
CONCLUSIONES	135
REFERENCIAS	141

Lista de tablas

Tabla 1	Modelos de implementación STEM/STEAM	48
Tabla 2	Definiciones de los clúster de Medellín.....	62
Tabla 3	Lineamientos Plan de Desarrollo de Medellín 2016-2019.....	66
Tabla 4	IE por modelo de implementación STEM+H y media técnica.....	89
Tabla 5	Instituciones formadoras en educación STEM/STEAM de acuerdo con los modelos de implementación.....	94
Tabla 6	Actividades STEM+H por modelo de implementación.....	95
Tabla 7	Necesidades didácticas y pedagógicas por modelo de implementación STEM/STEAM.....	106
Tabla 8	Distribución territorial por modelo de implementación STEM/STEAM	107
Tabla 9	Experiencias STEM+H de las IE en el modelo de implementación exploratorio	110
Tabla 10	Experiencias STEM+H de las IE en el modelo de implementación introductorio	115
Tabla 11	Experiencias STEM+H de las IE en el modelo de inmersión parcial	121
Tabla 12	Experiencias STEM+H de las IE en el modelo de inmersión total.....	128

Lista de figuras

Figura 1.	Marco conceptual para el aprendizaje STEM.....	22
Figura 2.	Enfoque curricular	25
Figura 3.	IE participantes que ofrecen media técnica	77
Figura 4.	Nodos asociados con los programas de media técnica.....	77
Figura 5.	Actividades STEM+H en las IE.....	78
Figura 6.	Áreas de enseñanza que se integran a las actividades STEM+H.....	79
Figura 7.	Estrategias didácticas que se implementan en las IE.....	81
Figura 8.	IE que implementan experiencias STEM+H.....	81
Figura 9.	IE con actividades extracurriculares STEM+H	82
Figura 10.	Actividades extracurriculares STEM+H	82
Figura 11.	Actividades STEM+H por fuera de estándares y valoradas en el desempeño académico	83
Figura 12.	Marcos de implementación de experiencias STEM+H	83
Figura 13.	Experiencias STEM+H integradas al plan de estudio	84
Figura 14.	Características de las unidades de aprendizaje y proyectos	85
Figura 15.	IE en las que el enfoque STEM+H determina la planeación curricular.	85
Figura 16.	Opciones de implementación en las IE en las que el enfoque STEM+H determina la planeación curricular.....	86
Figura 17.	IE por modelo de implementación STEM+H	87
Figura 18.	IE por modelo de implementación STEM+H y media técnica	90

Figura 19. IE por modelo de implementación STEM+H y media técnica	90
Figura 20. Docentes y directivos docentes formados en educación STEM/STEAM	91
Figura 21. Instituciones que ofrecen formación en educación STEM/STEAM a las IE	93
Figura 22. Docentes y directivos docentes formados en educación STEM/STEAM por modelo de implementación	94
Figura 23. Estrategias didácticas por modelos de implementación STEM/STEAM	97
Figura 24. Estrategias didácticas por modelos de implementación STEM/STEAM (# IE)	98
Figura 25. IE que realizan actividades STEM+H con instituciones aliadas.	99
Figura 26. IE que realizan actividades STEM+H con instituciones aliadas por modelo de inmersión	100
Figura 27. Actividades STEM+H en las que participan las IE.....	101
Figura 28. Alianzas por modelo de implementación STEM/STEAM	102
Figura 29. IE por vigencia de alianzas con otras instituciones	102
Figura 30. IE que han tenido alianzas interinstitucionales para realizar experiencias STEM+H.....	103
Figura 31. Necesidades didácticas y pedagógicas para implementar actividades STEM+H	104

Prólogo

Cuando en Medellín empezamos a pensar en temas STEM, nuestro objetivo fue contextualizar el enfoque, la metodología o la estrategia a la realidad educativa de la ciudad y a lo que se venía trabajando en este campo. No pensábamos en traer un modelo y adaptarlo al sistema; al contrario, pretendimos que el modelo que ya había sido exitoso y validado en otros países, se adecuara a nuestra realidad, a nuestra dinámica.

Por eso nos dimos a la tarea de indagar qué conocía la ciudad sobre STEM y cómo se entendía. Encontramos unos avances, pues a lo largo de varios años la ciudad se había acercado al tema y sembrado una semilla en las instituciones educativas y en sus maestros. Sin embargo, había programas atomizados, dispersos, sin relación con los planes de estudio, ni con los proyectos educativos. Eran actividades, en su mayoría, extracurriculares llevadas por diferentes entidades a las instituciones educativas, que contaban con profesores entusiastas que querían trabajar con sus alumnos en proyectos propios.

Es así como nace *Medellín, Territorio STEM+H*, una visión humana de las ciencias para entender nuestras problemáticas, pero también nuestros avances y aciertos. Parte de entender el territorio como ese lugar en el que forjamos relaciones con otros, en el que podemos tener diferencias que buscamos resolver por medio de la ciencia, la tecnología, la ingeniería, la matemática y de nuestro sello: las humanidades. Es pasar de

un conocimiento fragmentario a uno que logra articular saberes, que permita una mirada relacional entre las ciencias para entender cómo funciona el mundo, cómo funciona nuestro territorio y cómo nos podemos relacionar con otros.

Un avance que se logró con en esta integración es el programa de media técnica de Medellín a la luz de la política de Desarrollo Económico, con la estrategia de *Nodos para la Pertinencia Educativa*. En esta, la oferta técnica en la media se ubica en un sector económico determinado y los estudiantes trabajan por proyectos, impulsados por empresarios. Esta experiencia abría el camino para empezar a hablar de STEM como enfoque educativo.

Medellín pasó de tener 70 programas de media técnica en 2013, a 172 en 2019, entre las 229 instituciones educativas oficiales de la ciudad. Estas cifras indican la relevancia que tiene el programa dentro de los establecimientos educativos. Así mismo, en este periodo la oferta se fortalece. Anteriormente, los programas administrativos eran los que abanderaban la media técnica; hoy lo son los programas de tecnología con desarrollo de software, que tratan de responder a las demandas de talento humano que la industria TIC hace constantemente; también abundan propuestas de gestión ambiental, de dibujo arquitectónico, de electricidad, de electrónica, etc. Todos ellos, programas que promueven el aprendizaje activo de las ciencias por medio de la indagación, con metodologías que parten de problemas reales en cada sector para llegar a nuevo conocimiento en el que se conecte el saber con el mundo real.

Un mundo que es hoy muy distinto al que conocieron muchas de las generaciones que han pasado por el planeta. Así lo define Mercedes Mateo, especialista de la división de Educación del Banco Interamericano de Desarrollo:

Por las dinámicas actuales del mundo laboral, una persona que sale hoy de la universidad tendrá, en promedio, 15 empleos distintos en su vida. Eso quiere decir que cada tres o cuatro años, más o menos, deberá reinventarse, actualizar sus competencias y adaptarse a las exigencias de un mundo cambiante. Pero, para eso, es importante que el sistema educativo sea más ágil, asequible y pertinente de lo que es hoy en día (Revista Semana, 2017 párr. 1).

No sabemos cuáles serán las carreras del futuro, solo tenemos algunas pistas; pero sí sabemos que es necesario contar con habilidades requeridas por un mundo interconectado, un mundo que piensa en formar ciudadanos globales con alta sensibilidad en la resolución de problemas de equidad y desarrollo sostenible de los territorios, con una conciencia de lo natural, del cuidado ambiental, de lo ecológico.

Ese es el reto de nuestro sistema educativo, cautivar a los alumnos, seducir a los maestros, para que rompan el paradigma de los contenidos y construyan uno en el que se formen habilidades y competencias diversas aplicables a todos los contextos.

De allí surge la idea de STEM+H para Medellín, en la que se incorpora la H, de humanidades, de lo humano y el eje central es el ser que construye conocimiento al servicio del territorio. Un ser que se reconoce con otros y que es capaz de trabajar interdisciplinariamente en la construcción de una sociedad equitativa, en la que la ciencia adquiere sentido al estar al servicio de la sociedad.

Una idea que la Universidad Pontificia Bolivariana acogió desde el inicio y en la que ha trabajado en conjunto con la Secretaría de Educación municipal como un aliado fundamental del territorio STEM+H. Su Facultad de Educación, sensible a las prácticas de transformación social, presenta el Diagnóstico de este enfoque en las instituciones educativas de Medellín, un trabajo investigativo necesario, dado que no se contaba con cifras reales que apoyan la toma de decisiones en la implementación o cambio de enfoques educativos para la ciudad.

Este libro, es de obligada consulta para quienes pretenden implementar programas STEM, es una buena referencia y un punto de partida que ayuda a tomar decisiones en contexto. Además, también es relevante para otros territorios como un ejemplo de un modelo que hoy se empieza a aplicar en Medellín, que permite la caracterización en la apropiación del enfoque para las instituciones y que puede ser replicado en otro tipo de entidades.

El libro, antes de presentarnos las cifras y el modelo que se propone, hace un recorrido sobre lo que significa la educación STEM y lo que han representado las artes en su consolidación, de ahí la sigla steam, misma que Medellín acogió hace algunos años, y sobre la que realizó avances en algunas instituciones educativas oficiales. También nos contextualiza sobre

la educación STEM en el mundo y lo que ha representado en los avances de cada modelo educativo, entendiéndola desde la teoría constructivista, en la que se se lleva a cabo el aprendizaje basado en problemas, en proyectos, en indagación, en retos, en *gamificación*, en pensamiento de diseño y en diseño de ingeniería, todos ellos muy coherentes con el enfoque STEM+H de Medellín.

Se hace esta contextualización para llegar al modelo que se recomienda para Medellín en la adopción del enfoque STEM+H. Este corresponde a la división por niveles de implementación que las instituciones educativas recorren para llegar a una apropiación total. Estos niveles son: exploratorio, introductorio, inmersión parcial e inmersión total. Cada uno de ellos se presenta ampliamente con una descripción de lo que significa ubicarse en él y lo que representa avanzar dentro del modelo. La investigación, además, hace una destacada referencia a la necesidad de formación de los maestros en STEM y de esta como punto de partida en la implementación del enfoque. Insiste en el papel relevante que tienen los maestros para la ejecución del modelo.

Para finalizar, el texto presenta los datos y el análisis de estos. Un apartado pertinente para quienes deseen profundizar en las cifras que llevaron a tomar la decisión de implementar STEM como un enfoque educativo y a declarar a Medellín como Territorio STEM+H.

Cambiar un sistema educativo es difícil, moverlo de su zona de confort, se convierte a veces en una empresa titánica para quienes toman decisiones. Hacerlo no es fácil y requiere pasión y obstinación, pero los resultados que se obtienen lo merecen. Medellín ya está en el camino, ya emprendió su labor de transformación y hacemos parte de ella; con seguridad, los resultados serán verdaderamente fascinantes: estudiantes que piensen diferente, jóvenes con un sentido social de territorio que los lleve a resolver problemas de su contexto, maestros reconocidos y comprometidos con su labor y, en general, un sistema educativo eficiente.

Esto fue un sueño. Ahora es la realidad y este libro es el comienzo.

Presentación

Medellín se declaró, en 2017, como la primera Ciudad del Aprendizaje de Colombia y una de las 14 latinoamericanas que integran la Red Mundial de Ciudades del Aprendizaje de la Unesco, como lo expone la Secretaría de Educación de Medellín (2017). A partir de allí, se implementan en el territorio una serie de acciones que jalonan transformaciones para responder no solo a las necesidades locales sino, además, a los retos que supone ser parte de la globalidad. En esta lógica, la ciudad se proyecta alineándose a dinámicas internacionales con iniciativas como:

- Medellín Ciudad Creativa, en el marco de la Ley 1834 de 2017. Ley Naranja por medio de la cual se fomenta la economía creativa en Colombia.
- Medellín Ciudad Inteligente, que, entre otras cosas, busca que los datos, como herramienta de gobierno, sean abiertos y dispuestos para el uso de los ciudadanos y de entidades públicas o privadas hacia la generación de conocimiento (Pollmeier, 2018).
- La inauguración, en 2019, del Centro para la Cuarta Revolución Industrial o Industria 4.0 (Aristizábal, 2019), dirigido también a la generación de conocimiento en relación con las tecnologías emergentes como el internet de las cosas, la inteligencia artificial, el Blockchain, etc.

Estas acciones, entre otras, han hecho que Medellín sea reconocida mundialmente como una ciudad innovadora, situándose en 2018 en el puesto 141 de las 500 ciudades innovadoras incluidas en el *Innovation Cities™ Index* de 2thinknow, y ocupando el primer puesto en Colombia (2thinknow®, 2018).

Medellín entiende el aprendizaje para toda la vida como un principio organizativo que promueve los valores humanísticos y democráticos; al tiempo que le apuesta al amplio uso de las tecnologías con miras a mejorar el aprendizaje, la transformación educativa y la trascendencia ciudadana.

En este sentido, el enfoque educativo STEM+H (STEM por sus siglas en inglés: *Science, Technology, Engineering, Mathematics*, y +H por las humanidades) se asume como un enfoque integrador en el que el conocimiento se construye teniendo en cuenta las características de los contextos, el vínculo del desarrollo de lo humano a la formación y la proyección a la comunidad como propósito de la educación. Así, la escuela, la comunidad, el sector empresarial y el Estado se unen para ofrecer a las nuevas generaciones la posibilidad de lograr habilidades laborales y sociales que respondan a los cambiantes desafíos del mundo globalizado.

En esta línea de ideas, se hace necesario reconocer el estado actual de la ciudad en cuanto a los avances logrados en la implementación de este enfoque, como punto de partida para diseñar e implementar acciones con la suficiente información, para la toma de decisiones hacia la consolidación de Medellín como territorio STEM+H. Por lo tanto, es pertinente y necesario reconocer el estado de la implementación del enfoque en la ciudad para continuar la proyección de acciones que respondan a las necesidades de la región y determinar la posibilidad de la ampliación y consolidación del mismo.

Concretamente, este libro resultado de investigación presenta las experiencias relacionadas con STEM+H que se llevan a cabo en las instituciones educativas oficiales de Medellín, las metodologías que se implementan en el marco del enfoque, los aliados con los que se cuenta, los procesos de formación –dirigidos a los docentes– que se han adelantado para materializar el enfoque en las aulas y, las necesidades didácticas y

pedagógicas para su inclusión en las instituciones educativas de la ciudad. Igualmente, se presenta como apuesta de ciudad, la relación entre la formación en media técnica y el enfoque que consolida a Medellín como territorio STEM+H.

Referentes que orientan la realización del diagnóstico

Desde los años 70, en los ámbitos educativos, se reflexiona acerca de la necesidad de establecer una formación que favorezca la integración de las diferentes disciplinas del conocimiento y fortalezca, entre otros, la adquisición de habilidades cognitivas, el pensamiento crítico desde la resolución de problemas en niños y jóvenes y la alfabetización científica.

Así, surge la educación STEM como la posibilidad de integrar la ciencia, la tecnología, la ingeniería y las matemáticas en la educación escolar. Más tarde, se propone el enfoque STEAM, en este la A hace referencia a las artes como el medio para interpretar la ciencia y la tecnología, y resalta su presencia en todos los aspectos de la vida cotidiana.

Por su parte, Medellín, desde su hacer educativo, decide apostar por la educación STEM+H, en el que la H representa las humanidades, componente central de la construcción del conocimiento, que incluye las ciencias sociales, la literatura, la lengua, la ética y la estética. El siguiente marco teórico, amplía estas tres formas del enfoque STEM desde su historia, características y estrategias pedagógicas.

¿Qué es la educación STEM/STEAM?

Desde los setenta se habla de la necesidad de alfabetizar de una forma interdisciplinaria, principalmente desde las áreas de las ciencias, la tecnología, la

ingeniería y las matemáticas, lo que implica formar profesionales con habilidades científicas que se desempeñen en espacios y proyectos que apunten al desarrollo económico de los países.

En los años 90, en Estados Unidos, la agencia gubernamental National Science Foundation –NSF por sus siglas en inglés– comienza a utilizar el término “SMET” para hacer alusión a las ciencias, las matemáticas, la ingeniería y la tecnología, que luego se reemplaza por la sigla STEM. Durante casi dos décadas la NSF ha utilizado la sigla STEM para referirse a estos cuatro campos; sin embargo, algunos sugieren que la educación STEM implica la interacción entre las cuatro áreas de conocimiento (Sanders, 2009).

En 2005 se comienza a posicionar el enfoque con el rápido crecimiento de la economía, sobre todo de países como China e India, por lo que se promueve una notable financiación de los programas enfocados en las áreas STEM.

Para McDonald (2016), la educación STEM busca que los estudiantes construyan comprensiones propias que relacionen sus conocimientos sobre las ciencias, las matemáticas, la ingeniería y la tecnología. Sanders (2009) por su parte define la educación STEM como una unidad de estas disciplinas, cuya enseñanza y aprendizaje es integrado y coordinado de la misma manera como cuando se da solución a problemas en el mundo real. Desde esta perspectiva, no puede separarse la educación STEM de los contextos culturales y del estudio de las ciencias sociales, las artes y las humanidades.

Tsupros, Kohler y Hallinen (2009) sostienen que STEM se fundamenta en un paradigma transdisciplinario, ya que desde la educación apunta a la integración de las disciplinas, hace énfasis en lo que las hace comunes y lo que está más allá de ellas. De esta manera, apuntan a que los conocimientos científicos no se reduzcan a la interpretación desde cada disciplina sino a una mirada global y desde una unidad diversa.

La educación STEM apunta a una enseñanza y un aprendizaje interdisciplinario basado en proyectos, en indagación, en problemas, en investigación, en retos, entre otros; en este escenario los maestros requieren de las competencias necesarias para centrar la formación en los estudiantes, ya que se espera que un estudiante con formación STEM sea un innovador, un

pensador crítico, capaz de hacer conexiones significativas entre la escuela, su comunidad, el trabajo y los problemas del mundo real.

Ruta Maestra - Santillana (2017) entiende la educación STEM como una “tendencia [...] que busca la integración de los conocimientos en cuatro áreas (Science, Technology, Engineering and Mathematics), cuya relación es indudable en el mundo laboral y profesional” (p. 77). Para este autor, el foco de esta educación es la construcción de estrategias funcionales a partir de los principios orientadores del avance de las ciencias que se expresan con la matemática y la ingeniería.

Por su parte, Kennedy y Odell (2014) sostienen que la educación STEM,

[...] se ha convertido en una metadisciplina, un esfuerzo integrado que elimina las barreras tradicionales entre temas, y en su lugar se centra en la innovación y el proceso aplicado de diseño de soluciones a problemas contextuales complejos utilizando herramientas y tecnologías actuales (p. 246).

Kelley y Knowles (2016) presentan una serie de definiciones de la educación STEM. En primer lugar, como “el enfoque para enseñar el contenido STEM de dos o más dominios STEM, vinculados por las prácticas STEM dentro de un contexto auténtico con el propósito de conectar estos temas para mejorar el aprendizaje de los estudiantes” (p. 3). Además, adoptan la definición de Sanders (2009), quien la describe como “un enfoque que explora la enseñanza y el aprendizaje entre dos o más de las áreas temáticas STEM, y/o entre una asignatura STEM y una o más asignaturas escolares” (p. 21); y la de Moore *et al.* (2014), quienes la definen como “[...] un esfuerzo para combinar algunas o todas las cuatro disciplinas de ciencia, tecnología, ingeniería y matemáticas en una clase, unidad o lección que se basa en las conexiones entre los sujetos y los problemas del mundo real” (p. 38).

Un modelo teórico para comprender la educación STEM

Kelley y Knowles (2006) proponen un modelo teórico para explicar la educación STEM, que se fundamenta en la comprensión de las formas complejas del aprendizaje, reconocen que el éxito de esta educación radica en el nivel de dominio que el docente tiene de los contenidos disciplinares y su manejo pedagógico. Tal modelo ofrece un contexto a partir del cual

los estudiantes establecen conexiones entre disciplinas para la construcción de aprendizajes significativos, tiene como base la solución de problemas del mundo real.

En la Figura 1 se ponen en interacción los siguientes elementos: el aprendizaje situado, el diseño de ingeniería, la investigación científica, la alfabetización tecnológica y el pensamiento matemático como un sistema integrado, cada polea en el sistema conecta prácticas comunes dentro de las cuatro disciplinas STEM y están unidas por la cuerda de la comunidad de práctica. Los docentes requieren de una comprensión amplia de las posibles relaciones entre disciplinas. A partir de Kelley y Knowles (2016), cada elemento de la figura se entiende así:

- **Aprendizaje situado.** La comprensión de cómo el conocimiento y las habilidades se usan, es tan importante como aprender el conocimiento y las habilidades en sí. Los contextos son fundamentales para el proceso de aprendizaje.

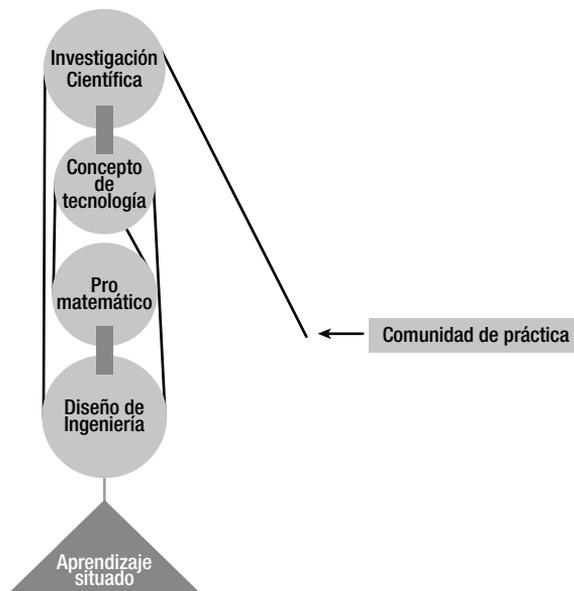


Figura 1. Marco conceptual para el aprendizaje STEM

Fuente: Kelley y Knowles (2016)

- **El diseño de ingeniería.** Este proporciona el integrador ideal de contenido STEM. Su naturaleza ofrece a los estudiantes un enfoque sistemático para resolver problemas que a menudo ocurren naturalmente en todos los campos de STEM.
- **El conocimiento científico.** El aprendizaje de la ciencia en un contexto relevante y la capacidad de transferir el conocimiento científico a situaciones auténticas es clave para una comprensión genuina. Esta investigación prepara a los estudiantes a pensar y actuar como científicos, hacer preguntas y formular hipótesis.
- **Conceptualizar la tecnología.** Identifica la tecnología como (a) objetos, (b) conocimiento, (c) actividades y (d) volición.
- **Pensamiento matemático.** La enseñanza contextual le da significado a las matemáticas porque “los estudiantes quieren saber no solo cómo completar una tarea matemática sino también por qué necesitan aprender las matemáticas” (Williams, 2007, citado en Kelley y Knowles, 2016).
- **Comunidades de práctica.** El aprendizaje se posibilita cuando los practicantes novatos y experimentados organizan su trabajo de manera que todos los participantes tienen la oportunidad de ver, debatir y participar en prácticas compartidas.

La implementación de la educación STEM supone una gran cantidad de posibilidades para los estudiantes por cuanto acceden a una enseñanza que responde no solo a las condiciones de los contextos sociales y educativos, sino también y, sobre todo, a las características de las ciencias como disciplinas en constante transformación. Al respecto, Jolly (2012) menciona que esta logra:

1. Ayudar a los estudiantes a utilizar las matemáticas y las ciencias en un aprendizaje auténtico y práctico. Incluir el uso de (o creación de) tecnología.
2. Involucrar a los estudiantes en el uso de un proceso de diseño de ingeniería.
3. Invitar a los estudiantes a trabajar en equipos de colaboración.
4. Involucrar igualmente a niñas y niños.
5. Reforzar los estándares relevantes de matemáticas y ciencias.
6. Enfrentar un problema del mundo real (párr. 4).

En esta misma línea de ideas, Jolly (2014) plantea seis características que demandan las estrategias educativas STEM:

1. Se enfocan en problemas, y problemas del mundo real. En la educación STEM, los estudiantes se confrontan con problemas sociales, económicos, ambientales reales y buscan soluciones.
2. La educación STEM está guiada por el proceso de diseño de ingeniería. En este, los estudiantes definen problemas, realizan investigaciones de antecedentes, proponen múltiples ideas en búsqueda de diversas soluciones, crean un prototipo, y luego lo evalúan y rediseñan. Esto se parece un poco al método científico.
3. La educación STEM sumerge a los estudiantes en preguntas prácticas y exploración abierta. El trabajo de los estudiantes es práctico y colaborativo, y las decisiones sobre soluciones son generadas por los estudiantes. Los estudiantes controlan sus propias ideas y diseñan sus propias investigaciones.
4. La educación STEM involucra a los estudiantes en el trabajo en equipo productivo.
5. La educación STEM utiliza un contenido riguroso de matemáticas y ciencias que los estudiantes aprenden. Los estudiantes comienzan a ver que la ciencia y las matemáticas no son asignaturas aisladas, sino que trabajan juntas para resolver problemas. En el mejor de los casos, se recomienda involucrar también a un maestro de arte.
6. La educación STEM busca múltiples respuestas correctas como parte del aprendizaje. El fracaso se considera un paso positivo en el camino para descubrir y diseñar soluciones.

Para Duglio (2016), el enfoque curricular en esta educación se centra en tres elementos principales: la disciplina, el estudiante y la resolución de problemas:

La perspectiva centrada en la disciplina tiene como fuente de estudio el contenido, cuando el enfoque se orienta al estudiante, el interés se concentra en las habilidades y si la dimensión curricular es la resolución de problemas, se centraliza en la relación teoría y práctica (p. 2).

Para explicar tales relaciones, el autor propone la siguiente figura

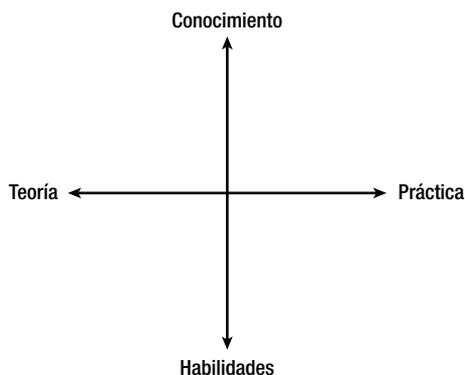


Figura 2. Enfoque curricular

Fuente: Duglio (2016).

Además, para Kennedy y Odell (2014),

[...] mientras que la investigación científica implica la formulación de una pregunta que puede ser respondida a través de la investigación, el diseño de ingeniería implica la formulación de un problema que puede resolverse mediante una construcción y evaluación posterior a su diseño. La educación STEM reúne estos dos conceptos a través de las cuatro disciplinas (p. 247).

La educación STEM ofrece la oportunidad de aprender con experiencias significativas y estimulantes, que promueven la adquisición de habilidades del siglo XXI como la toma de decisiones, la resolución de problemas, el pensamiento crítico, etc. Sin embargo, son muchos los desafíos que enfrentan los docentes al querer diseñar e implementar ambientes educativos de este tipo.

Al respecto, Kelley y Knowles (2016) plantean que los principales retos que los docentes encuentran al crear ambientes de enseñanza STEM son:

- Algunos ven este enfoque demasiado centrado en las carreras profesionales.

- La educación STEM, a partir del enfoque integrador propuesto, no es posible en todas las circunstancias y podría limitar el contenido que se enseña.
- Algunos conocimientos necesarios en matemáticas y ciencias que se trabajan teóricamente no proporcionan aplicaciones de diseño de ingeniería auténticas, así como prácticas comunes de STEM limitadas por la tecnología actual.
- Hacer conexiones STEM transversales es complejo y requiere que los maestros enseñen este contenido de manera deliberada para que los estudiantes entiendan cómo se usa el conocimiento a problemas del mundo real.
- Una mayor integración de las materias STEM no son efectivas si no hay un enfoque estratégico para la implementación.
- Construir un enfoque estratégico para integrar los conceptos requiere una sólida comprensión conceptual y fundacional de cómo los estudiantes aprenden y usan el contenido STEM.
- Conectar ideas interdisciplinarias es desafiante cuando los estudiantes tienen poca o ninguna comprensión de las ideas relevantes en las disciplinas individuales.

Según Allard y Cortez (2013), los desafíos de la educación STEM son tres:

- La tensión existente entre el conocimiento multidisciplinario y el conocimiento por tema.
- La socialización de estudiantes para que sean profesionales de la información en áreas científicas.
- La promoción de la diversidad entre los profesionales dedicados a las disciplinas científicas.

Para Jolly (2012), “[...] identificar los problemas del mundo real que los estudiantes pueden resolver es una de las partes más difíciles de crear lecciones de STEM” (párr. 6). Es necesario que estos sean coherentes con las características de los estudiantes, estén en consonancia con los estándares educativos y orienten el ritmo del sistema escolar.

El rol de las artes en la educación STE-A-M

Yakman (Citado en Cilleruelo y Zubiaga, 2014) acuñó el término STEAM (*Science, Technology, Engineering, Arts and Math*), dando paso a un nuevo enfoque que plantea la ciencia y la tecnología interpretada desde la ingeniería y las artes. El vínculo entre arte, ciencia y tecnología está presente en todos los aspectos de la vida diaria, por lo que genera nuevas relaciones académicas, pedagógicas y curriculares que convergen en la solución de problemas o el diseño de proyectos, y posibilitan el aprendizaje integrado de las áreas STEM/STEAM.

Es así como se consolida ese vínculo entre la ciencia, la tecnología y el arte, que se produce, en parte, por las características de una generación compuesta de personas que ya no se consideran como simples consumidoras de medios y productos, que otorgan valor a lo estético y a lo cultural y que promueven una transformación económica. La ciencia, la ingeniería, las artes gráficas, la literatura, el entretenimiento, la animación digital, la programación de *software* y de aplicaciones móviles, convergen para hacer surgir una nueva industria y una nueva economía digital que demanda del sector educativo la incorporación de estrategias que integren las áreas STEAM para preparar a los jóvenes para estos nuevos desafíos.

Ante este nuevo desafío, Cilleruelo y Zubiaga (2014) consideran que la integración de las artes a la educación STE-A-M sitúa al aprendiz ante un nuevo marco de aprendizaje, en el que la curiosidad y el interés animan y guían la exploración de soluciones a diferentes problemas al hacer uso de la imaginación y al aprender haciendo en contextos colaborativos. “Las destrezas que las artes desarrollan influyen en la creatividad, la resolución de problemas, el pensamiento crítico, la comunicación, la autonomía, la iniciativa y la colaboración” (Sousa y Pilecki, 2013, p. 15).

Tendencias en educación STEM/STEAM en el mundo

La educación STEM/STEAM se consolida en el mundo para motivar a las nuevas generaciones en la exploración y aprendizaje en las áreas de ciencias, tecnología, ingeniería y matemáticas, dada la necesidad de personal capa-

citado en estas áreas. Los gobiernos de diferentes países, desarrollados y en vía de desarrollo, se han preocupado por promover iniciativas fundamentadas en educación STEM/STEAM, para garantizar, a futuro, la existencia de mano de obra calificada para asumir los retos de la sociedad.

En Estados Unidos, por ejemplo, se implementan dos estrategias para generalizar la educación STEM/STEAM: desde el trabajo con mentores que apoyan a los estudiantes para ingresar, permanecer y terminar carreras de estas áreas, y desde la política migratoria, que busca atraer estudiantes de minorías y a las mujeres para que se dediquen a estas mismas.

En este país, desde el sistema educativo nacional, se han implementado iniciativas como *Educate to innovate*, con esta se han generado alianzas entre el sector privado, el gobierno e instituciones para la investigación y el avance científico, que propenden por el diseño e implementación de acciones para la promoción de la educación STEM/STEAM (jornadas complementarias, televisión educativa, formación docente, laboratorios, creación de video juegos, ferias de la ciencia, etc.).

La estrategia *Teachers for a competitive tomorrow* busca implementar cursos de maestría para docentes, dirigidos a la integración de las áreas STEM/STEAM e idiomas extranjeros. Y el programa de diseño educativo de video juegos Globaloria promovido por la World Wide Foundation, que tiene como objetivo fomentar el pensamiento computacional con un currículo basado en el diseño educativo de videojuegos, animaciones y simulaciones bajo un enfoque de trabajo por proyectos constructivistas (Vásquez, 2014). Además, son numerosas las alianzas y estrategias que se están adelantando en dicho país en educación básica y superior, que se fundamentan en la educación STEM/STEAM como estrategia de enseñanza y aprendizaje.

En algunas instituciones de Detroit y Lansing, en Michigan; Austin, Texas; y Madison, Wisconsin; se implementó un currículo basado en la creación de videojuegos educativos. La estrategia fue diseñada en colaboración entre la Universidad Estatal de Michigan y la institución de tecnología de la información Empowerment Center, para promover habilidades de STEM con enfoque de pensamiento computacional para niños con necesidades educativas diversas. La estrategia consistió en que los estudiantes seguían una secuencia de experiencias de aprendizaje que utiliza un formato de

ingeniería inversa para enseñarles principios de diseño de videojuegos, seguido de un formato basado en proyectos para la producción de juegos educativos (Vásquez, 2014).

En otros Estados, se han formado alianzas que buscan fortalecer la educación STEM/STEAM en los diferentes niveles educativos. Entre estos se encuentran:

- The Center for Education Integrating Science, Mathematics, and Computing (CEISMC) de Georgia, que es una alianza entre el Georgia Institute of Technology con otros grupos educativos, escuelas, corporaciones, organizaciones no gubernamentales, de este Estado para garantizar que los estudiantes de primaria y secundaria reciban educación STEM/STEAM bajo lineamientos de alta calidad.
- Lehigh Valley Research Consortium (LVRC) –Lehigh, New Jersey, USA– que, además, introduce graduados y posgraduados en áreas STEM/STEAM como docentes en educación primaria y secundaria.
- The Concord Consortium (Massachusetts, USA), que utiliza diferentes tecnologías para mejorar la comprensión de las ciencias en los alumnos.
- El Technical Education Research Centres (TERC) –Massachusetts, USA– ha centrado sus esfuerzos en la formación docente.
- El Center for Curriculum Materials in Science (CCMS), que en colaboración con la American Association for the Advancement of Science (AAAS), Michigan State University y con Northwestern University, busca ofrecer materiales para la formación de líderes en las áreas STEM/STEAM.
- El Miami Dade College, que se centra en las ciencias conductuales y sociales, la bioquímica, la botánica, la química, la computación, la ingeniería, las matemáticas, la microbiología, la zoología, las ciencias de la tierra y planetarias, las ciencias del medioambiente, la física, la astronomía, la medicina y la salud como áreas de profundización (Bosch *et al.*, 2011).
- La Universidad de Tennessee que oferta formación posgradual para docentes y bibliotecarios en el uso de la educación STEM/STEAM como base para la enseñanza (Allard y Cortez, 2013).

En Europa también son numerosos los esfuerzos que se hacen para promover la educación STEM/STEAM como tendencia educativa en el fortalecimiento de la formación ingenieril, el avance en ciencia y tecnología de los países que lo componen.

En Alemania, el Ministerio de Educación lanza la estrategia High-Tech en agosto de 2006 que, en 2010, fue prorrogada hasta 2020. Esta estrategia ofrece herramientas a los docentes para mejorar la enseñanza de las áreas STEM/STEAM, posicionar las ciencias desde un enfoque social y la transformación de los currículos hacia la integración de las áreas ingenieriles en la formación en primaria y secundaria.

En España, la FECYT ofrece becas para incentivar a los estudiantes a elegir carreras afines con la ciencia y la tecnología, fomenta la integración social del conocimiento científico y promueve la divulgación de los adelantos en ciencia, tecnología e innovación que se llevan a cabo. Por su parte, en Irlanda, se crea el programa *Discover Science and Engineering* (DSE, por sus siglas en inglés) que busca aumentar el interés en las áreas STEM/STEAM en todos los actores involucrados en la formación de docentes, estudiantes y ciudadanía en general.

En Países Bajos se establece una alianza entre el sector educativo, el sector empresarial y el gobierno que se manifiesta con el diseño de *Platform Bèta Techniek*. Su propósito es aumentar el número de estudiantes que acceden a la enseñanza científica y técnica, y se orienta el uso por parte de centros educativos, universidades, negocios, ministerios, municipios, regiones y sectores económicos. En esta estrategia se presta especial atención a las mujeres y a las minorías étnicas.

En Reino Unido, el programa STEM comienza en 2004 y, más adelante, se crea el Centro Nacional STEM. Su propósito es aumentar las habilidades STEM/STEAM en los estudiantes con miras a mejorar el mercado laboral, la competitividad y el liderazgo del país, en materia del avance científico e investigativo. Este centro trabaja en la contratación de docentes, la formación permanente, la calidad educativa, el diseño curricular y la infraestructura.

En Francia se promueven iniciativas educativas para motivar el interés de los estudiantes en las áreas STEM/STEAM por medio del estudio de las ciencias integradas e incentivar el ingreso de estudiantes a carreras afines con la ciencia y la tecnología.

Austria, por su parte, propone el programa IMST (Innovaciones en la enseñanza de matemáticas, ciencias y tecnología) que se centra en el aprendizaje de docentes y estudiantes sobre las áreas STEM/STEAM. El programa propone la puesta en marcha de proyectos innovadores y la participación en redes temáticas regionales. Además, se desarrolla la estrategia *Cultura de los Exámenes* que se centra en la evaluación e impacto del IMST. La estrategia también propone la inclusión de un enfoque de género.

Escocia implementa la estrategia *Ciencia e Ingeniería 21*, enfocada principalmente en el fortalecimiento de habilidades docentes en los ámbitos curriculares y de evaluación. El programa busca integrar modelos de buenas prácticas educativas con recursos y conocimientos en las áreas STEM/STEAM.

Desde la Unión Europea, se diseñan e implementan varias estrategias dirigidas a motivar la comprensión de las áreas STEM/STEAM como medio para aumentar el interés de los más jóvenes. Entre estas se encuentra el proyecto PRIMAS (*Promoting Inquiry in Mathematics and Science Education Across Europe*), que promueve transformaciones pedagógicas en las áreas STEM/STEAM y provee materiales para su implementación en el aula. Por otro lado, se cuenta con la estrategia European Research Areas (ERA, por sus siglas en inglés), diseñada para propiciar la integración de la labor científica con las políticas de investigación subyacentes a la Unión Europea sobre la ampliación del marco de circulación científica del conocimiento (Vásquez, 2014, p. 50).

También se crea la red Developing Quality in Mathematics Education (DQM) para producir materiales asociados al área de matemáticas y se implementa el proyecto REMATH (Representaciones Matemáticas con Medios Digitales), con la participación de universidades como las de París, Londres, Siena, Atenas y otros centros tecnológicos, con el propósito de diseñar dispositivos tecnológicos y utilizar medios digitales para la enseñanza de las matemáticas en la era de la computación (Bosch *et al.*, 2011).

En Asia, específicamente en Chiang Mai-Tailandia, se celebra en 2011 la Conferencia Internacional de Informática en la Educación. En esta se presenta la iniciativa de la educación STEM como opción para formar el pensamiento creativo en los estudiantes, en esta se incluyen las artes en el currículo con proyectos que involucran robótica y música.

En Hong Kong se propone la estrategia *Engineers Week STEM Workshops* apoyada por IBM. Su propósito es ofrecer experimentación tecnológica a niños de primaria y secundaria para que se motiven a seguir carreras afines con la ciencia, la ingeniería y la tecnología. La estrategia consiste básicamente en la visita de expertos a los centros educativos que guían y orientan la exploración tecnológica a partir del juego (Vásquez, 2014). En Singapore se encuentra el *Singapore National Institute of Education (NIE)*, especialmente para la formación docente. En Corea del Sur se ha creado un sistema de innovación que se basa en la igualdad de oportunidades para todos en búsqueda de una educación de calidad (Bosch *et al.*, 2011).

En América Latina, los marcos legales hacen referencia, más o menos, a la cultura científica y a la necesidad de crear normativas que promueven la ciencia y la tecnología. De acuerdo con la UNESCO (Fernández, Bello, y Massarani, 2016), países como Argentina, Costa Rica, Guatemala, México, Paraguay y Perú poseen políticas y normativas en ciencia y tecnología que proveen recursos para “[...] financiamiento a ferias, festivales o premios para incentivar la difusión de la ciencia y la tecnología, entre otros” (p. 20). Por otro lado, estados como los de Bolivia, Chile, Colombia, El Salvador, Ecuador, Panamá y Uruguay mencionan la cultura científica en su legislación y definen objetivos y visiones de los organismos nacionales de ciencia y tecnología (ONCYT). Por su parte, El Salvador, México, Uruguay y Paraguay dan los primeros pasos hacia el establecimiento de objetivos específicos en sus políticas nacionales de ciencia y tecnología.

Solamente Colombia cuenta con una iniciativa amplia para el avance de la cultura científica: la *Estrategia Nacional de Apropiación Social de la Ciencia y la Tecnología*, creada en 2010. Por ejemplo, con el programa *Pequeños Científicos*, que promueve la transformación de la enseñanza y el aprendizaje de las ciencias y la tecnología en las instituciones educativas (IE) del país. Busca estimular el espíritu científico con el uso de la indagación en un marco de aprendizaje colaborativo (Vásquez, 2014).

En Chile, por medio del Programa *Explora* se continua con el propósito de fomentar la cultura científica como herramienta para mejorar la calidad de vida. En Argentina, se crea en 2013 el Programa Nacional de *Popularización de la Ciencia y la Innovación* para motivar el estudio de carreras

afines con la ciencia y la tecnología. Brasil, instituye el departamento de Popularização e Difusão da Ciência e Tecnologia (DEPDI) y en Ecuador se establece el programa Creaciencia se dirige a la apropiación social para la innovación (Fernández *et al.*, 2016).

Como se observa, la tendencia mundial se dirige al estímulo de la educación STEM/STEAM como opción para la promoción de la cultura científica, con miras a la sostenibilidad de los pueblos en términos de avances científicos y en investigación.

La integración curricular

Uno de los pilares de la educación STEM/STEAM es la posibilidad de integrar, con sentido, diferentes áreas del conocimiento para ofrecer ambientes de enseñanza auténticos y significativos en la construcción de aprendizajes y la adquisición de habilidades. En este marco, la integración curricular es entendida como “una modalidad de diseño del currículo, fundamentado en la concurrencia/colaboración/interconexión de los contenidos de varias disciplinas” (Illán y Pérez, 1999, p. 20).

Desde el enfoque STEM/STEAM, la integración curricular apunta a la interrelación e interconexión de diferentes áreas para la solución de una situación o problema. Para ello, se conectan las ciencias, la tecnología, la ingeniería y las matemáticas, lo que configura oportunidades de aprendizaje muy interesantes y motivadoras para los estudiantes. Al respecto, Badilla (2009) afirma que “ante estos cambios de paradigma, donde emergen diversas realidades, nuevas disciplinas, ciencias y tecnologías, el diseño tradicional de las currícula, programas y los planes de estudio, generalmente lineales, secuenciales y con contenidos separados y desconectados, deben ser totalmente repensados” (p. 3).

Desde el punto de vista de Beane (Citado en Badilla, 2009), la integración curricular consistiría en tres factores principalmente:

- Organizar temas que se desprenden de experiencias de la vida cotidiana, lo que permite a los estudiantes reflexionar sobre la vida diaria y promueve la colaboración entre estudiantes y docentes.
- Los y las estudiantes usan destrezas de todas las disciplinas para investigar sobre preocupaciones personales y globales.

- El ofrecimiento de un amplio acceso al conocimiento a todos los y las estudiantes al aprender que es válido y relevante que estudiantes provenientes de muchos contextos y con diversas habilidades puedan ofrecer su contribución (p. 4).

La integración curricular consiste en el diseño de rutas de aprendizaje que permitan la interconexión entre planes y programas para la aprehensión, con sentido, de contenidos y la adquisición de destrezas, que lleven al estudiante a construir aprendizajes en contexto.

La integración curricular, además, se realiza de diferentes formas que, en el contexto de la educación STEM/STEAM, responden a las posibilidades que ofrecen las instituciones educativas, a las características de la población, a las condiciones institucionales, a los intereses de docentes y directivos.

De acuerdo con lo planteado por Mayer, 1984; Shuell, 1998; West, Farmer y Wolff, 1991, citados por Díaz-Barriga y Hernández, (2002), comprenden por estrategia didáctica de enseñanza a los mecanismos y procedimientos que de forma estratégica (inteligente, adaptada e intencional), utilizan los docentes para promover la construcción de aprendizajes variados y de calidad por parte de los estudiantes.

Así mismo, Salinas (2004) considera que estas hacen referencia a la organización y a la planificación de los espacios, materiales, tiempos, métodos, medios y técnicas que propendan por facilitar el logro de los objetivos de aprendizaje propuestos. Con frecuencia, se confunden las estrategias con los medios, métodos, técnicas y actividades de aprendizaje, pero la estrategia didáctica es un concepto más amplio y flexible, pues por su carácter estratégico tiene la posibilidad de adaptarse a los diferentes contextos y necesidades de aprendizaje; mientras que las técnicas y métodos tienen unos pasos o procedimientos y las actividades de aprendizaje las configuran, entre otras, acciones y tareas concretas.

También se usan y adaptan estrategias didácticas que se implementan en otros escenarios y contextos; incluso existen algunas estrategias reconocidas que se han popularizado y que brindan una orientación clara de cómo adaptarlas, entre las que se destaca el Aprendizaje colaborativo, el Storytelling, el *Aprendizaje basado en el juego o gamificación*, el Aprendizaje

por proyectos, el aprendizaje basado en problemas, el *Aprendizaje basado en indagación* y el *Diseño de ingeniería*, entre otros.

Las estrategias didácticas comprenden una serie de procedimientos de enseñanza dirigidos a los estudiantes, los cuales se adaptan a las características individuales y grupales de los participantes y del curso. Para ello, se tienen en cuenta los siguientes aspectos:

- Contenidos del curso (temas, unidades, etc.).
- Recursos disponibles.
- Formulación de habilidades, competencias, objetivos, etc.
- Flexibilidad de la propuesta.
- Claridad en la enunciación de las actividades y acciones.
- Metas realistas o realizables.
- Acceso a herramientas y condiciones de uso para la materialización de las actividades.

En Estados Unidos, organizaciones como la Sociedad Estadounidense para la Educación de Ingeniería (ASEE) y la Academia Nacional de Ingeniería (NAE) proponen estrategias didácticas que se centren en los aspectos prácticos, interdisciplinarios y socialmente relevantes de STEM, no solo para aquellos que elijan una profesión relacionada con estas áreas sino para brindar alfabetización en STEM para todos (Brophy, Klein, Portsmouth y Rogers, 2008, citados en Moore, Roehrig, Wang, y Park, 2012).

En ese sentido, para Johnson, Peters-Burton y Moore (2015), la integración de las áreas STEM va más allá de la enseñanza de dos disciplinas o de usar una como herramienta para enseñar la otra. Estos autores consideran que la integración es intencional debe ser entendida como la enseñanza y el aprendizaje de los contenidos y de las prácticas del conocimiento disciplinario, de las ciencias o matemáticas con prácticas de ingeniería y diseño.

Para Jolly (2016), la educación STEM/STEAM y su implementación en el aula precisa tener en cuenta los siguientes elementos:

1. Un enfoque en la integración de ciencia, tecnología, ingeniería y matemáticas; preferiblemente los cuatro, aunque la verdadera integración entre dos áreas incluso ya sería un paso importante hacia el STEM.

2. Una educación enfocada en problemas del mundo real o desafíos de ingeniería.
3. Enfoques de aprendizaje basados en la investigación y centrados en el estudiante.
4. Un proceso de diseño de ingeniería que conduzca a un producto o proceso para resolver un problema.
5. Un énfasis en el trabajo en equipo y la comunicación de los estudiantes.
6. Contenidos enriquecidos, orientados a la utilización de las ciencias y las matemáticas.

Para esta autora, la resolución de problemas “es realmente el corazón de las investigaciones STEM. Proporcionar a los estudiantes problemas del mundo real para resolver alimenta su curiosidad e intereses de investigación” (Jolly, 2012, párr. 5). Y por otro lado, Duglio (2016) señala que: “El enfoque de enseñanza STEM busca lograr una mayor comprensión conceptual a partir de la indagación, con propuestas más activas desde el punto de vista del aprendizaje, lo que representa visualizar el aprendizaje desde el constructivismo” (p. 2).

Teoría constructivista del aprendizaje

Antes de entrar en el detalle de las diferentes estrategias propuestas para diseñar ambientes de enseñanza y aprendizaje que ayuden a superar el aislamiento de las áreas STEM/STEAM, es necesario hacer un recorrido conceptual desde la teoría constructivista en la que se enmarcan estas estrategias.

Para Flórez (Citado en Heredia y Sánchez, 2013) se aprende a través de la acción, el conocimiento es procesado de forma activa por el individuo, este lo adapta y modifica durante la interacción, mientras analiza sus propias experiencias desde una perspectiva vivencial, esto es, haciendo y experimentando.

Para Martí, Heydrich, Rojas y Hernández (2010), desde una orientación didáctica, mencionan que se requiere de una comprensión del cerebro humano, que: almacena y recupera información, aprende y luego amplía estos aprendizajes. Para Maldonado (Citado en Barreto, Gutiérrez, Pinilla, y Parra, 2006), el conocimiento es una construcción mental, que surge de la comprensión los fenómenos que pretende conocer.

Por su parte, Serrano y Pons (2011) aseguran –basados en la teoría piagetiana– que la construcción del conocimiento es un proceso individual de las representaciones del mundo, además que el aprendizaje es un proceso de relacionamiento entre: la nueva información que adquiere, la interacción con otras personas y sus propias representaciones, esto lo confronta y le implica revisarlas, modificarlas, reorganizarlas y diferenciarlas.

Vygotsky, principal representante de la teoría socio-constructivista, considera, desde el concepto de “Zona de Desarrollo Próximo” que los aprenden cuando interactúan con otros niños que poseen un conocimiento más amplio (esto se considera el andamiaje) y cuando resuelven problemas que representan para ellos un desafío interesante (Citado en Heredia y Sánchez, 2013). Por eso, una tarea primordial del docente es diseñar situaciones que presenten retos para sus estudiantes y que fomenten funciones mentales superiores.

Aprendizaje basado en problemas (ABP)

Loyens, Magda y Rikers (Citados en Olivares y Heredia, 2012) aseguran que la estrategia de *Aprendizaje Basado en Problemas* (ABP) fue diseñada en la Escuela de Medicina de la Universidad de McMaster en Ontario-Canadá durante los años 60, como una forma de poner en contacto a los estudiantes con las situaciones que pueden enfrentar durante su práctica profesional. Esta estrategia didáctica se plantea para pequeños grupos que, guiados por un profesor, se reúnen para buscar soluciones a los problemas planteados, como una forma de motivar el aprendizaje y acercar a los estudiantes a la realidad de su futura vida profesional (Morales y Landa, 2004; Woods, 1994, citados en Olivares y Heredia, 2012).

Navarro, Illesca y Cabezas (2009) presentan el *Aprendizaje basado en problemas* como la metodología del aprender haciendo, enmarcada en la teoría constructivista del aprendizaje, con las siguientes etapas:

- El docente presenta un problema y el estudiante de manera individual o colaborativamente explora los temas que considere apropiados para la solución del problema.
- Realiza un análisis de lo que el equipo o el estudiante sabe y se determina la nueva información que es necesaria para resolver el problema.

- El estudiante determina cuáles serían las posibles soluciones o maneras de solucionarlo.
- Define los tiempos que se requieren para encontrar la nueva información, realiza discusiones y reflexiones que sustenten la solución.
- Presenta el problema, identifica las necesidades de aprendizaje, busca la información necesaria y vuelve al problema.
- Finalmente, se realiza la evaluación, esta es individualizada, cualitativa y formativa.

Para medir la efectividad de esta estrategia didáctica, Gijbels, Dochy, Van den, Bosshe y Segers (Citados en Olivares y Heredia, 2012) realizan un análisis de los resultados de 40 investigaciones sobre alumnos preparados con la estrategia de *Aprendizaje basado en problemas*, en comparación con aquellos expuestos a clases magistrales. La principal ventaja del ABP no se observaba en el aprendizaje de contenidos específicos de alguna de las disciplinas involucradas, sino en la adquisición de habilidades para la interrelación entre conceptos y en el nivel de aplicación de estos.

Este análisis evidencia que el ABP es una estrategia didáctica adecuada para el aprendizaje integrado de las disciplinas STEM/STEAM; incluso Johnson *et al.* (2015) la califican como uno de los mejores enfoques que existen actualmente para implementar la educación STEM de manera integrada en los diferentes *niveles escolares*. Los autores mencionan como las principales características del *Aprendizaje basado en problemas*, las siguientes:

- Busca soluciones a los problemas planteados como una forma de motivar el aprendizaje y acercar a los estudiantes a su realidad.
- Propende por los aprendizajes desde el hacer.
- Potencia habilidades para la interrelación entre conceptos y el uso de estos.
- Es adecuado para el aprendizaje integrado.
- Usa problemas como punto de partida para la adquisición de conocimientos nuevos y la adquisición de habilidades.
- El estudiante construye su conocimiento sobre la base de problemas y situaciones de la vida real, como razonamiento que posiblemente usará a futuro.
- Posibilita la abstracción, la construcción de razonamientos y de juicios.

- No basta con la presentación de la información para que se aprenda, sino que es necesario que esta se interiorice a partir de situaciones reales.
- El aprendizaje consiste en un proceso de reorganización interno.
- La creación de contradicciones o conflictos cognoscitivos propicia el aprendizaje.
- El aprendizaje se favorece con la interacción social.
- La investigación de problemas concretos crea un terreno propicio para la interacción.
- Se basa en la gestión del conocimiento, la práctica reflexiva y la adaptación a los cambios.
- Promueve el pensamiento crítico y creativo, la adquisición de habilidades interpersonales y el trabajo en colaboración.

Dentro de las estrategias didácticas del *Aprendizaje basado en problemas*, la situación inicial plantea un reto en su estructuración, que debe cumplir algunas características: despertar interés y motivación, los problemas deben estar relacionados con algún propósito de aprendizaje, reflejar una situación de la vida real, llevar a los estudiantes a tomar decisiones basadas en hechos, a justificar las opiniones emitidas, a la realización las preguntas abiertas, ligadas a un aprendizaje previo y de temas actuales. Debe retar y motivar a los estudiantes a buscar, seleccionar y usar información y contenidos de manera independiente de los que no tienen conocimientos previos.

Aprendizaje basado en proyectos

Johnson *et al.* (2015) describen como característica principal del *Aprendizaje basado en proyectos* que esta estrategia didáctica se proyecta como resultado un producto específico que ayuda a dar solución a un problema expuesto por los propios estudiantes, en su mayoría vinculados a una necesidad concreta de su escuela o localidad. Previo a su presentación final, la construcción de este producto pasa por diferentes etapas, tales como la conceptualización, el diseño y el testeo, para determinar si se ha conseguido un resultado viable para el problema planteado. Una vez finalizados los proyectos, presentan y socializan los resultados a la misma comunidad local o escolar. Con frecuencia, los proyectos que integran las áreas STEM derivan en productos como modelos o prototipos que requieren de una

nueva etapa de perfeccionamiento del producto, la cual puede involucrar la participación de profesionales o expertos en estas disciplinas.

Martí *et al.* (2010) consideran la elaboración de proyectos como una estrategia didáctica, enmarcada en las metodologías activas, que busca alcanzar un objetivo o solucionar de manera inteligente un problema planteado por medio de acciones, interacciones y recursos. Es una técnica didáctica centrada en el aprendizaje de los alumnos, que busca incrementar su capacidad para identificar, seleccionar, obtener información, evaluar y solucionar problemas (Barrows y 1980, citados en Olivares y Heredia, 2012).

Según Galeana (2006) el *Aprendizaje basado en proyectos* es una estrategia de enseñanza centrada en el estudiante para el logro de las competencias del siglo XXI mediante la elaboración de proyectos que dan respuesta a problemas de la vida real. Esta es una estrategia didáctica, enmarcada en las metodologías activas, en la que se busca dar solución a un problema planteado por los propios estudiantes (o por los profesores). Se deriva del *Aprendizaje basado en problemas*, pero se constituye en un proyecto, ya que la solución de este amerita una serie de actividades, conocimientos, recursos, materiales y un periodo más amplio de tiempo para su realización.

La solución construida se conceptualiza, diseña y testea antes de determinar si esta es viable para el problema. Además, con frecuencia, los proyectos integran las áreas y se derivan en productos como modelos o prototipos. En otras palabras, se propone una solución a problemas planteados para ser resueltos por medio de una secuencia de acciones, interacciones y recursos. Esta solución sirve para potenciar las capacidades de buscar y seleccionar información y evaluar y solucionar problemas.

Luego, se realizan actividades de aprendizaje interdisciplinarias, de largo plazo, centradas y dirigidas por el estudiante. El contenido es significativo para los jóvenes y directamente observable en su entorno, ya que se trabaja en problemas del mundo real por medio del fortalecimiento de habilidades para la investigación.

En el *Aprendizaje basado en proyectos* los objetivos específicos están relacionados con los estándares del currículo educativo para el siglo XXI. Los productos de aprendizaje responden a los objetivos propuestos, en estos se presenta una interrelación entre lo académico, la realidad y las competencias laborales. La realimentación y evaluación por parte de expertos hacen parte

del proceso; al igual que la reflexión y autoevaluación por parte del estudiante, la cual se basa en evidencias de aprendizaje (portafolios, diarios, etc.).

De acuerdo con Galeana (2006), los componentes metodológicos del *Aprendizaje basado en proyectos* son:

- Etapas del proyecto: análisis y planeación, formulación de objetivos, delimitación del problema o situación a resolver, identificación de los perfiles de los actores involucrados, realización de tareas para el logro de los objetivos.
- Se divide en conjuntos de actividades y tareas agrupadas en fases, las cuales se llevan a cabo a partir de planes y cronogramas.
- Planeación, análisis, diseño, construcción, implementación, mantenimiento.
- Fomento del trabajo colaborativo.
- El docente ofrece a los alumnos recursos y asesoría.
- Una evaluación integral, y en situaciones y ambientes auténticos.

De acuerdo con la autora, el *Aprendizaje basado en proyectos* contribuye a:

- Crear un concepto integrador de las diversas áreas del conocimiento.
- Promover una conciencia de respeto de otras culturas, lenguas y personas.
- El aprendizaje de la empatía
- Fortalecer las relaciones de trabajo con personas de diversa índole.
- Promoción del trabajo disciplinar.
- Fomento de la capacidad investigativa.
- Promoción de herramientas y metodologías para aprender cosas nuevas, de manera eficaz.

Aprendizaje basado en indagación

Para Novak (Citado en Reyes-Cárdena y Padilla, 2012), “la indagación es una serie de comportamientos involucrados en los seres humanos para encontrar explicaciones razonables de un fenómeno acerca del cual se quiere saber algo” (p. 416). Según McDonald (2016), se trata de un enfoque enmarcado en la pedagogía activa, que ayuda a los estudiantes a plantear

preguntas, diseñar investigaciones, resolver problemas interpretar datos, construir explicaciones y argumentos, y comunicar los hallazgos. Para la National Research Council (NRC) esta estrategia corresponde a:

Un conjunto de habilidades de comprensión que incluye hacer preguntas y diseñar investigaciones científicas para responder preguntas, usar herramientas apropiadas para interpretar y analizar datos, formular explicaciones científicas con el uso de evidencia y ser capaz de comunicar y defender la relación entre la evidencia y las explicaciones científicas (Citado en McDonald, 2016, p. 538).

Se revisaron diferentes investigaciones que han mostrado la efectividad del método de indagación en la adquisición de habilidades científicas en los estudiantes, por lo cual se puede afirmar que este enfoque favorece la formulación de preguntas investigables, componente fundamental del pensamiento científico (Di Mauro y Furman, 2012; Zimmermann, 2007, citados en Furman y García, 2014).

Aquí también se hace un vínculo metodológico entre el *Aprendizaje basado en indagación* y el *Aprendizaje por proyectos*, ya que la indagación parte de un problema o una pregunta abierta, la cual se usa para desencadenar un proyecto de investigación en el aula, teniendo como resultado y conocimientos en áreas STEM/STEAM.

El *Aprendizaje basado en indagación* es activo mediante la discusión de preguntas guías para resolver problemas que orienten el proceso. Este comienza cuando se le presentan a los estudiantes las preguntas guía problemas a ser resueltos o un conjunto de observaciones a ser explicadas. “La indagación es una serie de comportamientos involucrados en los seres humanos para encontrar explicaciones razonables de un fenómeno acerca del cual se quiere saber algo” (Novak, 1964, citado en Reyes-Cárdena y Padilla, 2012, p. 416).

Esta metodología propicia que el estudiante sea capaz de reflexionar sobre sus conocimientos previos, confrontarlos, argumentar, plantear hipótesis y construir a partir de experiencias individuales y colectivas y que el profesor sea un guía en dicha construcción. Este posibilita el uso de habilidades para plantear preguntas científicas y resolver problemas (pensamiento científico), fomenta la búsqueda, organización en interpretación de datos e información relevante de múltiples disciplinas.

Este tipo de estrategias didácticas ayuda a construir explicaciones, argumentos y a comunicar la relación entre la evidencia y las explicaciones científicas. Estimula la curiosidad, requiere que los estudiantes piensen en forma sistemática o investiguen para llegar a soluciones razonables a un problema, se basa en problemas y promueve la colaboración entre los estudiantes.

El proceso de aprendizaje tiene una atmósfera física, intelectual y social que responde a las necesidades de un mundo cambiante. Promueve la participación activa de los estudiantes en la adquisición del conocimiento, el pensamiento crítico, que la tecnología enlace a con la comunidad local y mundial y a recopilar, organizar y presentar la información en una manera novedosa e innovadora.

Según Escalante-Arauz (2009), las etapas metodológicas del *Aprendizaje basado en indagación* son:

- Enfocar: hacer una lista de preguntas sobre los que los estudiantes quieran saber algo sobre algo.
- Encontrar: identificar dónde está la información que se necesita. Los estudiantes asumen roles para buscar y pensar la información desde diversos puntos de vista.
- Estructurar: ordenar el pensamiento. Se estructura una lista de información encontrada en el paso anterior en bloques y según diversos momentos.

Estas etapas promueven la observación, el razonamiento, el pensamiento crítico y la capacidad para justificar o refutar el conocimiento. A partir de ellas el estudiante recuerda los diferentes elementos involucrados, a saber: contexto, marco de referencia, enfoque y diferentes niveles de preguntas.

Aprendizaje basado en retos (ABR)

Este es un enfoque pedagógico que involucra activamente al estudiante en una situación problemática real, relevante y de vinculación con el entorno, la cual implica la definición de un reto y la implementación de una solución (Apple, 2011 y Reporte Edutrens 2016, citado en OEA, 2018, p. 9). El *Aprendizaje basado en retos* aprovecha el interés de los estudiantes por

darle un significado práctico a la educación, mientras trabajan en competencias clave como el trabajo colaborativo y multidisciplinario, la toma de decisiones, la comunicación avanzada, la ética y el liderazgo.

Los estudiantes trabajan con maestros y expertos en sus comunidades en problemáticas reales, para profundizar en el conocimiento sobre los temas que trabajan. Es el propio reto lo que detona la obtención de nuevo conocimiento y los recursos o herramientas necesarias.

En este tipo de estrategias didácticas enfrenta a los estudiantes a una situación problemática relevante y abierta, para la cual se demanda una solución real, es decir, se requiere que los estudiantes creen una solución que resulte en una acción concreta. Así, los estudiantes analizan, diseñan, producen y ejecutan la mejor solución para enfrentar el reto en una manera que ellos, y otras personas, pueden verlo y medirlo.

Los profesores se transforman en colaboradores de aprendizaje, buscan nuevo conocimiento junto con los estudiantes, al mismo tiempo que moldean hábitos y nuevas formas de pensamiento. Este es un enfoque derivado de la estrategia didáctica del *Aprendizaje basado en problemas* que, de acuerdo con la complejidad, cantidad de actividades y tiempo requerido para su solución, se integra con con el *Aprendizaje basado en proyectos*.

Este tipo de estrategias didácticas se enfocan en una situación específica, en un ambiente auténtico y productos o prototipos concretos. Es un enfoque multidisciplinario de la educación que anima a los estudiantes a aprovechar la tecnología que utilizan en su vida cotidiana para resolver problemas del mundo real. Al ofrecer esta oportunidad, el ABR crea un espacio en el que los estudiantes dirigen sus propias indagaciones y construcciones, y piensan críticamente sobre cómo usar lo que aprenden. Además, ayuda a aumentar la participación, el tiempo de dedicación y los niveles de satisfacción de los estudiantes frente al trabajo escolar. Fomenta el uso creativo de la tecnología, el aprendizaje colaborativo en el que los maestros y los estudiantes trabajan juntos para aprender sobre problemas apremiantes, proponer soluciones y tomar medidas.

Este enfoque lleva a los estudiantes a que reflexionen sobre su aprendizaje y el impacto de sus acciones. El *Aprendizaje basado en retos* es un llamado a la acción, requiere que los estudiantes hagan que algo suceda, es decir, que se vean obligados a investigar su tema, intercambiar ideas sobre

estrategias y soluciones que sean creíbles y realistas a la luz del tiempo y los recursos, y luego ejecutar una que aborde el desafío de maneras que ellos mismos y otros puedan ver y medir.

De acuerdo con Apple, los componentes metodológicos del *Aprendizaje basado en retos* son: la idea general, la pregunta esencial, el reto, las preguntas guía, actividades guía, los recursos guía, la solución-implementación, la evaluación, publicación: soluciones de los estudiantes, publicación: reflexiones de los estudiantes (Citado en OEA, 2018, p. 11).

Aprendizaje basado en el juego o gamificación

El *Aprendizaje basado en el juego* “es un enfoque pedagógico inspirado en los buenos juegos, es decir, se aplica lo que hace que un juego enganche y funcione bien, pero en el diseño de ambientes de aprendizaje” (Gradecraft, 2015, citado en OEA, 2018, p. 19). Entre las principales características de esta estrategia didáctica se encuentran la motivación intrínseca del juego para proporcionar experiencias de aprendizaje, el fomento de la vinculación y el aprendizaje autodirigido y el uso de técnicas, medios y herramientas para su implementación en los entornos de aprendizaje.

La *gamificación* es una técnica ampliamente difundida y reconocida dentro de este enfoque, que incorpora dinámicas o mecanismos de juego (puntos, rankings, insignias, reglas, etc.) a situaciones educativas que no han sido propuestas, tradicionalmente, para involucrar el juego en estas.

En este tipo de estrategia didáctica se utilizan las TIC para trasladar técnicas y dinámicas de juego al ámbito educativo y así crear una sensación de progreso. El estudiante encara otros personajes y asume roles; toma decisiones y ve sus efectos sobre la experiencia.

Es posible, que la estrategia consista en participar de un juego existente, en el cual el estudiante utilice una determinada habilidad o adquiera un nuevo conocimiento. También se utilizan productos y aplicaciones que incorporan elementos propios de los juegos para motivar hacia el aprendizaje con la posibilidad de recibir puntos y trofeos al obtener un determinado logro. Ayuda a que los estudiantes aprendan a razonar y a llevar adelante su aprendizaje de manera autónoma, fomenta el aprendizaje activo y lleva a que los estudiantes avancen a su propio ritmo.

El juego es usado como método de evaluación, incluye información acerca de la velocidad a la que avanza el estudiante, su capacidad de superar distintas pruebas y otros datos relevantes para medir no solo la motivación sino también el nivel de progreso. El seguimiento se realiza a cada aprendiz-jugador y se fomentan las habilidades sociales y la creatividad.

Fishman (Citado en OEA, 2018, p. 21) presenta los que considera son los principios del aprendizaje basado en juegos:

- Sistema de adelanto progresivo.
- Objetivos claros de aprendizaje.
- Fomenta la pertenencia.
- Construye identidad.
- Integra la evaluación.
- Sentido de competencia.
- Motivación intrínseca y extrínseca.
- Fomenta la exploración.
- Libertad para fallar (fallas productivas).
- Práctica y reforzamiento.
- Soporte y autonomía.

Específicamente, en la técnica de *gamificación*, se observan algunos elementos metodológicos generales, tales como: sistema de adelanto progresivo, realimentación oportuna y efectiva, puntos, logros, listas clasificatorias, tiempo, niveles, desafíos y recompensas.

Design Thinking o pensamiento de diseño

Esta es una estrategia que incentiva en los alumnos el resolver problemas, a partir de la experiencia educativa, la creación y la innovación de soluciones aplicadas a sus comunidades (Steinbeck, 2011, citado en OEA, 2018, p. 23). Las principales características de esta estrategia didáctica se centran en la promoción de la empatía y el trabajo en equipo. Su eficacia radica en entender y dar solución a las necesidades reales de los usuarios, y usar la sensibilidad y métodos de los diseñadores para hacer coincidir las necesidades de las personas con lo que es factible para innovar.

Se basa en la producción de modelos y prototipos, se apoya en el uso de contenido visual, requiere de la integración de disciplinas situadas

e incentiva la curiosidad y la observación. Es un método que permite asumir diferentes problemas y desafíos de una forma distinta al centrarse de un modo muy particular en los usuarios o personas a quienes les afecta algo en concreto. Concibe el error y el fracaso como parte del proceso, se aprende mientras se crea y se busca proponer soluciones que se adapten mejor a las necesidades de los usuarios. Fomenta la innovación en las organizaciones de una forma eficaz y exitosa e integra enfoques de diferentes campos.

El *Design Thinking* es un enfoque que busca la solución de problemas concretos, tal y como se presenta en el aprendizaje basado en problemas o, como se evidencia en el enfoque metodológico integrado para realizar las etapas de un proyecto. Según Steinbeck (2011, citado en OEA, 2018) la metodología del pensamiento de diseño se presenta en cinco fases:

1. Empatizar: adquirir conocimientos básicos sobre los usuarios del producto o solución, y sobre la situación o el problema que afrontan.
2. Definir: especificar un usuario tipo para el cual se diseña la solución o producto, este es el punto de vista a partir del cual se enfoca el diseño. Se orienta el desafío basado en lo más relevante que se conoce sobre el usuario.
3. Idear: proponer tantas ideas como sea posible.
4. Prototipar: construir muestras de las ideas más prometedoras. Esto visualiza de manera concreta la idea llevada a la realidad, para que se revise y mejore antes de llegar a una implementación final.
5. Testear: aprender a partir de las reacciones de los usuarios al interactuar y probar el prototipo. Se recaba información de esta interacción.

Diseño de ingeniería

Es una “[...] estrategia centrada en generar conocimientos científicos en la ordenación de elementos básicos, tangibles e intangibles, de un objeto o estructura con el fin de aumentar la utilidad” (Ma San Zapata, 2006, citado en OEA, 2018, p. 26). Entre sus características principales se encuentra la creación de ambientes de aprendizaje activos y colaborativos para resolver problemas reales. Esta metodología busca la creación de planos para que las máquinas, estructuras, sistemas o procesos cumplan con las funcio-

nes deseadas. Los componentes metodológicos de este tipo de estrategias didácticas son:

- Definir el problema que siempre nace de una necesidad.
- Determinar la forma o esquema para resolver la necesidad y elegir uno para analizarlo. Estudio de factibilidad.
- Diseñar de forma preliminar la máquina, estructura, sistema o proceso seleccionado, para establecer las características globales y las específicas de cada componente.
- Realizar el análisis de todas y cada uno de los componentes y preparar los dibujos necesarios con sus respectivas especificaciones.

Modelos de implementación STEM/STEAM

Arizona STEM Network, Science Foundation Arizona y The Maricopa County Educational Services Agency (2017) se unieron para plantear una manera de categorizar las prácticas, programas y estrategias en educación STEM/STEAM. Producto de este trabajo, se proponen cuatro modelos de implementación, presentados en la Tabla 1, y a continuación las características de cada uno de estos.

Tabla 1. Modelos de implementación STEM/STEAM

Modelo	Integración con el currículo
Modelo de implementación exploratorio	Ninguna - Es extracurricular
Modelo de implementación introductorio	Baja - Actividades STEM-STEAM en el aula
Modelo de inmersión parcial	Alta - Integrado al plan de estudios
Modelo de inmersión total	Completa - Integración en el currículo

Fuente: Elaboración propia

Modelo de implementación exploratorio

En este modelo las actividades STEM o programas que se ofrecen en las instituciones educativas se hacen de manera adicional a la jornada escolar, es decir, aquellas llamadas actividades extracurriculares. Algunos ejemplos de estas actividades son: clubes escolares, actividades de verano o vacacionales, ferias de la ciencia, clubes de robótica o de producción de videos,

competencias escolares, entre otros. Las principales características de este modelo son:

- Los estudiantes exploran varias facetas de los proyectos/problemas STEM/STEAM y obtienen orientación profesional con respecto a la selección de carreras en estas áreas.
- Son proyectos priorizados, promovidos o financiados por la institución educativa (IE) o por autoridades educativas.
- Este tipo de programas son independientes de otras actividades escolares.
- Estas actividades se realizan por fuera del currículo y la jornada escolar.
- Los programas son asignados como deberes adicionales para los maestros y el personal de las instituciones educativas.
- Involucran colaboración con entidades aliadas que fomentan las áreas STEM/STEAM.

En este modelo de implementación STEM/STEAM, se involucra al estudiante con actividades académicas fuera de la clase tradicional y de forma extracurricular. Así se vincula el aprendizaje con problemas/proyectos e investigaciones que conducen a soluciones y productos concretos, con experiencias auténticas en contexto.

De igual forma, se incluyen en las actividades una variedad de tecnologías, como dispositivos móviles e internet, para inspirar, informar y orientar a los estudiantes hacia carreras STEM/STEAM. Se involucra el pensamiento crítico y la resolución de problemas, se profundiza en diferentes temas mientras se exploran conocimientos específicos, problemas/proyectos y carreras en las áreas asociadas. Además, conecta a los estudiantes con oportunidades del mundo real: universidades, industria, negocios, servicios sociales, entre otros.

La enseñanza en este modelo de implementación ubica al docente en un rol de líder y acompañante de las actividades extracurriculares en la que los estudiantes eligen participar. Este planea, dirige y asiste las actividades STEM/STEAM extracurriculares, posibilita experiencias de enseñanza y aprendizaje que responden a las características de los contextos que contemplan la integración de la tecnología. Los docentes ayudan a conectar el programa educativo con las empresas de diferentes sectores de la industria,

fomentan un ambiente de aprendizaje colaborativo para la adquisición de habilidades sociales y están comprometidos con su desarrollo profesional en el campo de la educación STEM/STEAM.

Los directivos de la IE también tienen un papel protagónico en este modelo de implementación. Estos apoyan a los docentes en la creación de actividades extracurriculares que motivan a los estudiantes a llevar a cabo las actividades. Son los responsables de las decisiones en cuanto a los propósitos y contenidos de los programas, facilitan la infraestructura, espacios de trabajo, recursos y materiales.

Además, implementan y hacen seguimiento a la planeación y realización de las actividades, están a cargo de la comunicación estratégica entre los participantes, lideran el plan de capacitación y desarrollo profesional para los docentes, gestionan y adjudican los recursos y presupuestos, garantizan la sostenibilidad del modelo y ayudan a conectar los programas con el sector productivo y otras organizaciones.

En este modelo de implementación STEM/STEAM, la evaluación consta de la realimentación informal con los estudiantes y los padres de familia, incluye la valoración del autoaprendizaje, actitudes, intereses y motivación por ampliar los conocimientos y habilidades en STEM, de manera permanente. Esta evaluación también se nutre con la valoración de expertos y mentores para evaluar el programa. Se capacita a los maestros para la evaluación, análisis e interpretación de los datos que surgen, promueve un ambiente de aprendizaje centrado en los estudiantes, en el que se usan múltiples indicadores de éxito para medir el desempeño y la ejecución del problema/proyecto. Para lograr dicho propósito, se aplican encuestas a los estudiantes antes y después del proceso acerca del contenido del programa, el interés y las actitudes de los participantes y, mediante la observación y el diálogo entre pares, se pretende una evaluación de calidad.

La financiación y sostenibilidad en este modelo de implementación STEM/STEAM se fundamenta en el establecimiento de alianzas y redes de apoyo que subsidian actividades de esta naturaleza (padres de familia, instituciones educativas, empresas, gobierno). En el caso de Medellín, las características del modelo de implementación exploratorio se han definido de la siguiente manera: instituciones educativas que realizan prácticas, programas o proyectos STEM+H de manera extracurricular, es decir, por

fuera de la jornada académica. Estas instituciones, en su mayoría, están acompañadas por instituciones externas, que realizan algunos eventos relacionados con la educación STEM+H como semilleros y ferias de la ciencia, aunque aún son pocos los estudiantes que han participado de este tipo de acciones y escasos los docentes y directivos docentes que se han capacitado en educación STEM/STEAM en dichas IE.

Modelo de implementación introductorio

En este modelo se incluyen las experiencias que se ofrecen adicionales al currículo, pero que están dentro de la jornada escolar, y que son valoradas en la evaluación o desempeño académico. Sin embargo, no hacen parte de los estándares o pruebas nacionales. Estas se observan como unidades de aprendizaje o proyectos complementarios en las áreas STEM/STEAM lideradas por instituciones académicas aliadas, empresas o socios sin ánimo de lucro.

En las actividades de este modelo de implementación, los estudiantes tienen la oportunidad de participar en la resolución de problemas y recibir instrucciones basadas en problemas/proyectos, para construir conocimiento al integrar las áreas STEM/STEAM. Estas se implementan en colaboración con uno o más socios comerciales, mentores, patrocinadores o promotores, e incluso, en algunas se incluyen a las familias.

El modelo propende por la realización de productos concretos cuyos resultados se presentan ante los padres de familia, en ferias de ciencia, u otros eventos escolares. Aquí, el estudiante participa en programas de contenido STEM/STEAM integrado al plan de estudios de la institución educativa; y participa en lecciones guiadas por el maestro quien hace énfasis en el aprendizaje por medio de la indagación.

Se involucra al estudiante en experiencias de aprendizaje que conectan con su contexto local, con ejercicios de pensamiento crítico, resolución de problemas, trabajo colaborativo y aprendizaje en profundidad, además, tiene en cuenta los sectores de la industria de las áreas STEM/STEAM.

Los docentes, por tanto, proporcionan una instrucción directa mientras los estudiantes trabajan de forma autónoma en investigaciones guiadas para la resolución de problemas/proyectos. También seleccionan contenidos STEM/STEAM que integren áreas curriculares, el análisis de problemas del

mundo real, e involucrar nuevas tecnologías. Los profesores que educan en este modelo de implementación, realizan actividades que buscan conectar habilidades laborales con la instrucción en el aula; vincular con otras comunidades de aprendizaje profesional e instructores que trabajen en temáticas y grados similares en su institución educativa o región; y, además, se comprometen con el diseño continuo de contenido y estrategias pedagógicas en STEM/STEAM, con el fomento de la colaboración, la comunicación y las habilidades sociales en el ambiente de aprendizaje.

Evaluar bajo el modelo introductorio implica, para la institución educativa, una realimentación formal sobre el éxito del programa, que incluye la evaluación del estudiante, así como la automedición de la eficacia del programa, actitudes, intereses y motivaciones hacia las áreas asociadas. Esta se enriquece con la invitación de expertos o mentores de la industria, para que participen en la constante capacitación de los docentes sobre evaluación, monitoreo de programas e interpretación de datos.

La evaluación incluye la alineación del programa con estándares internacionales, la valoración del desempeño de los estudiantes en la comprensión del contenido STEM/STEAM y la adquisición de habilidades del siglo XXI. Se realizan encuestas previas y posteriores a los alumnos sobre el contenido y su motivación, encuestas de opinión a padres de familia, y se realiza observación y diálogo entre pares docentes. Esto se incluye en la evaluación de la calidad del programa, que se utiliza para tomar decisiones acerca del desarrollo de este.

Los directivos de la IE tienen un papel activo en la promoción de la educación STEM/STEAM: participan en la definición del propósito de los contenidos y del plan de estudios del programa, lideran procesos administrativos de apoyo para los estudiantes, hacen seguimiento al calendario de implementación de los programas y de las estrategias de comunicación, supervisan la ejecución del presupuesto y la evaluación, enfocan sus esfuerzos en la toma de decisiones efectivas, tanto de manera individual como compartidas con sus equipos, garantizan un espacio de trabajo y asignan los recursos necesarios (materiales/suministros).

Además, suelen implementar planes de desarrollo profesional para sus docentes, establecen mentorías con su equipo de trabajo, lideran y ejecutan estrategias para la sostenibilidad del programa, son responsables de

la defensa pública de los objetivos del programa y el aporte del mismo en la vida institucional y diseñan planes de relacionamiento con el mundo empresarial e industrial. Esto último, dado que, al igual que en el modelo exploratorio, la financiación y sostenibilidad se basa en el establecimiento de alianzas y redes de apoyo.

En el caso de Medellín, aquellas IE que ya han comenzado prácticas, programas o proyectos STEM vinculados a la jornada académica de los estudiantes, se caracterizan porque diseñan e implementan proyectos complementarios y unidades STEM+H con estrategias como el *Aprendizaje basado en problemas* y en *retos*.

Todavía son pocos los estudiantes que se vinculan a propuestas educativas de esta naturaleza, en muchos casos las IE no presentan alianzas con otras entidades, y algunos pocos docentes y directivos docentes tienen formación en dicho campo. Algunas de estas instituciones no tienen actividades extracurriculares asociadas al modelo de implementación exploratorio como los semilleros de investigación y las ferias CT+I, sino que se vinculan con proyectos STEM/STEAM de manera más directa en los procesos de aula, es decir, con el modelo de implementación introductorio.

Modelo de inmersión parcial

Las instituciones educativas que participan de este modelo se empiezan a alejar del modelo tradicional ya que aquí las experiencias STEM/STEAM se integran al plan de estudios, para toda la institución y durante todo el calendario escolar. Algunos ejemplos de actividades correspondientes con el modelo de inmersión parcial son: la enseñanza de un mismo tema de STEM/STEAM, unidades integradas de aprendizaje basadas en problemas/proyectos, doble titulación con otras instituciones, en ejercicios en los que una IE es anfitriona de otra.

El modelo de inmersión parcial integra el aprendizaje basado en problemas/proyectos en el currículo regular, involucra experiencias de aprendizaje con actividades de pensamiento crítico mientras los estudiantes exploran y participan en carreras STEM/STEAM, y en experiencias de servicio a la comunidad. Esto requiere de espacios para que los estudiantes participen, en colaboración con sus compañeros, en la resolución de problemas con contenido integrado, mediante una instrucción interdisciplinaria de las

actividades, la planeación de contenidos STEM/STEAM para cada grado y la guía del docente para proponer soluciones, que se vean reflejadas en productos concretos para su contexto local. También requiere de la integración y la experimentación interdisciplinar y la transdisciplinar del contenido como parte del plan de estudios.

Existe colaboración con socios del comercio y la industria local, junto con mentores y promotores de STEM/STEAM; también se establecen cooperaciones y asociaciones con Instituciones de Educación Superior (IES) y se incluyen múltiples puntos de contacto con las familias. Esto, porque el aprendizaje es aplicado al mundo empresarial real, lo que abre oportunidades para realizar investigaciones a mayor escala; el contenido se enlaza con laboratorios universitarios y otros espacios fuera de la institución educativa. Para el proceso de investigación, se utilizan: entornos virtuales, dispositivos móviles, recolección de información en bases de datos, lecciones basadas en la web, diseño de aplicaciones informáticas, entre otros.

En el modelo de inmersión parcial, los docentes alientan la participación de los estudiantes en la identificación de problemas/proyectos del mundo real, proporcionan instrucción directa y limitada a los estudiantes, mientras ellos avanzan en sus investigaciones STEM/STEAM, participan en la selección de contenido curricular integrado al plan de estudios tradicional y los guían en la realización de sus productos: modelos, prototipos, propuestas, etc. Además, estos docentes participan en actividades empresariales e industriales, fomentan la colaboración, la comunicación y las habilidades sociales en el entorno de aprendizaje; se involucran en comunidades de aprendizaje profesionales; diseñan contenidos STEM/STEAM; trabajan en proyectos que aportan a la comunidad e involucran el uso de la tecnología.

La evaluación en este modelo está alineada con estándares internacionales,¹ con evaluaciones de desempeño que demuestran la comprensión del contenido de STEM/STEAM y habilidades del siglo XXI en los estudiantes. Para ello

¹ Pruebas estandarizadas como, *Programme for International Student Assessment (PISA)*, *Trends in International Mathematics and Science Study (TIMSS)*, *Programme for the International Assessment of Adult Competencies (PIAAC)* o las pruebas de admisión de las universidades en Estados Unidos: *Scholastic Aptitude Test (SAT)* y *American College Testing (ACT)*, etc.

se recurre al diseño de materiales de apoyo curricular, la aplicación de pruebas evaluativas previas y posteriores sobre los contenidos, intereses y motivaciones de los alumnos, autoevaluaciones críticas, e incluso se tiene en cuenta el punto de vista de los padres de familia.

El rendimiento estudiantil es un factor de análisis constante a fin de establecer estrategias para su mejoramiento y la proyección académica de los estudiantes. En la evaluación también se incluye el punto de vista de expertos y mentores de la industria. Todos los profesores y estudiantes están inmersos en ambientes con múltiples indicadores de éxito como: rendimiento, evaluaciones basadas en los problemas/proyectos de clase y portafolios. Los datos obtenidos en las evaluaciones se utilizan para la toma de decisiones en el programa, para el monitoreo y el establecimiento de metas.

En este modelo de implementación, el rol de los directivos es decisivo dado que, para alcanzar sus propósitos, la misión y visión institucional apuntan al uso de la educación STEM/STEAM. En estas instituciones se establecen mesas de liderazgo para la toma de decisiones colaborativas y estructuras de apoyo, que incluyen asesoramiento y personalización de la experiencia del estudiante.

Los directivos están prestos a realizar planes de evaluación y garantizar: un espacio adecuado de trabajo del programa, la asignación de recursos (materiales/suministros), el seguimiento al calendario de implementación del programa, la comunicación, la ejecución del presupuesto, la sostenibilidad del programa, el establecimiento de relaciones con instituciones de educación superior y la consolidación de alianzas con los sectores de las industrias STEM/STEAM.

En el caso de Medellín, las instituciones educativas cuyo modelo de implementación STEM+H es de inmersión parcial, son aquellas que han vinculado la educación STEM/STEAM a sus planes de área y han implementado metodologías activas como el aprendizaje basado en problemas y proyectos dentro de su jornada escolar. Estas IE se basan en la instrucción interdisciplinaria, la creación de productos concretos, la colaboración y vinculación de las familias a la formación. Presentan un número significativo de estudiantes vinculados tanto de forma extracurricular como dentro de la jornada escolar, y cuentan con docentes y directivos docentes

formados en dicho enfoque; además, tienen alianzas interinstitucionales y cuentan con instituciones cooperantes.

Modelo de inmersión total

En este modelo de implementación, de inmersión total, la educación STEM/STEAM determina el currículo escolar. La institución educativa se observa como un verdadero ambiente de aprendizaje del siglo XXI para todos los grados escolares. El aprendizaje basado en proyectos/problemas es el enfoque que orienta los planes de área y la enseñanza. Los estudiantes trabajan colaborativamente para resolver problemas auténticos de su entorno y de la comunidad en general.

La institución educativa tiene el enfoque de educación STEM/STEAM como parte de la misión y visión global en la que participan todos sus integrantes (docentes, administrativos, directivos). Las lecciones son planeadas y alineadas en los distintos grados de manera integrada, con complejidad y rigor progresivo de naturaleza constructivista.

Además, se brinda a los estudiantes la posibilidad de participar en actividades que derivan en la solución de problemas y de productos concretos, hay colaboración con empresas, mentores, promotores de STEM/STEAM, e instituciones de educación superior y padres de familia.

El contenido interdisciplinario de STEM/STEAM es el enfoque del plan de estudios de la institución educativa en la que se propician espacios abiertos, dirigidos por estudiantes, basados en problemas y que resultan en el diseño de productos. Se promueve la colaboración, la innovación y el riesgo en la creación de soluciones con experiencias de aprendizaje relevantes que son para el contexto local.

Los estudiantes participan en problemas/proyectos de pensamiento crítico mientras exploran carreras STEM/STEAM y el aprendizaje está relacionado con el mundo real de los negocios y la industria. En este modelo también se trabaja con laboratorios y se utiliza tecnología en el proceso de investigación: se incluyen dispositivos móviles, entornos virtuales, bases de datos para la recopilación de información, lecciones basadas en la web, aplicaciones informáticas, etc.

Los estudiantes colaboran en la elaboración de protocolos de investigación, el aprendizaje se promueve en constante comunicación con las familias de los participantes, con múltiples oportunidades dentro y fuera

de la institución educativa para inspirar e informar a los estudiantes de necesidades que se encuentran en el contexto y participan en un proceso de autoevaluación de sus propios objetivos que propicia la institución.

El docente contribuye con la selección de contenido intracurricular de STEM/STEAM para el plan de estudios, además, propicia la participación de los estudiantes en la identificación de problemas y fomenta espacios para que participen en la resolución de manera abierta. En definitiva, favorece la creación de productos, modelos, prototipos, propuestas, etc. y los asesora permanentemente mientras avanzan en sus investigaciones STEM/STEAM.

Además, su enseñanza en el aula conecta con las habilidades laborales y sociales, fomenta la colaboración, la comunicación, participa en comunidades de aprendizaje con otros docentes de su institución educativa o comunidad, se compromete con el diseño continuo de contenido y el mejoramiento de la pedagogía STEM/STEAM.

También proporcionan oportunidades y protocolos para que los estudiantes investiguen y participen en proyectos de servicio a su comunidad, para que realicen investigaciones junto a instituciones universitarias e incorporan una variedad de tecnología en el proceso de formación como espectrómetros, máquinas de PCR (por sus siglas en inglés *Polymerase Chain Reaction*), microscopios digitales, robots, etc. Para ello, elaboran materiales de apoyo curricular como guías secuenciales y progresivas para un plan de estudios que funciona tanto vertical como horizontalmente, alineados con rigurosos estándares nacionales e internacionales para educación STEM/STEAM.

La evaluación en este modelo de implementación de inmersión total se encuentra alineada con estándares internacionales. Hay observación y diálogo entre los docentes pares incluidos en la evaluación de la calidad; se realizan encuestas a los estudiantes de manera previa y posterior a la ejecución sobre: contenidos, intereses y motivaciones; se cuenta con la autoevaluación del estudiante, en la cual, también participan los padres de familia, cuyos resultados son utilizados para la toma de decisiones en el programa. Todos los profesores y estudiantes están inmersos en ambiente con múltiples indicadores de éxito, como rendimiento, evaluaciones basadas en las actividades problemas/proyectos de clase y portafolios, en las que a los estudiantes se les aplican las evaluaciones de desempeño en las que demuestran su comprensión del contenido de STEM/STEAM.

Los planes de aprendizaje individualizados incluyen la participación del alumno en el que se hacen revisiones continuas del programa que incluyen: asistencia, demografía y rendimiento estudiantil. Además, se incluyen expertos y mentores de la industria para evaluar el programa (mesa asesora), se evidencian las competencias en pruebas nacionales y las de la preparación preuniversitaria, se realizan planes para el éxito estudiantil en el nivel secundario y se proporciona capacitación a los maestros sobre métodos de evaluación, procesamiento e interpretación de datos.

Los directivos definen la misión y visión de la IE con el enfoque STEM/STEAM, establecen comités asesores para el monitoreo continuo, en los que incluyen representantes de la institución, junta escolar, comunidad general, instituciones de educación superior e industria STEM/STEAM; instituyen mesas de liderazgo para la toma de decisiones colaborativas; establecen estructuras de apoyo, que incluyen el asesoramiento y la personalización de la experiencia del estudiante; establecen la revisión y evaluación del programa para medir el logro de los objetivos; e incluyen medidas tales como el rendimiento de los alumnos, datos de percepción, asistencia y datos demográficos.

Estos directores propician la colaboración con padres de familia, garantizan espacios de trabajo, asignan los recursos necesarios (materiales/suministros), realizan el seguimiento al calendario de implementación y a las estrategias de comunicación. Además, proponen y supervisan la ejecución del presupuesto, de las estrategias para la sostenibilidad del programa, son responsables de la defensa pública de los objetivos del programa y la difusión de este y realizan conexiones con instituciones de educación superior y negocios e industrias STEM/STEAM.

Para el caso específico de Medellín, el modelo de inmersión total se implementa en las instituciones educativas en las que toda la propuesta formativa está vinculada con la educación STEM+H: planes de estudio, proyectos institucionales, actividades extracurriculares, etc. Todo el personal de la IE trabaja bajo este enfoque en el que se busca la solución a problemas de la vida real y la creación de productos. El número de estudiantes vinculados es muy alto y los docentes y directivos docentes tienen formación en el campo STEM/STEAM.

STEM+H

En Medellín actualmente se habla de STEM+H, se agrega el signo más “+” para acercar la ciencia, la tecnología, la ingeniería y la matemática a las humanidades o viceversa. Esta separación explica la pérdida del vínculo, que es posible ubicar en tres momentos específicos:

- a. En la Edad Media, cuando se justificaba el mundo a partir de las separaciones y dicotomías, por ejemplo, entre quienes se dedicaban a las ciencias y quienes se dedicaban a las humanidades.
- b. En el siglo XVII con la aparición del currículo, dicha separación se profundizó por que se proponía el tratamiento de los elementos teóricos, por una parte, y los prácticos, por otra, lo que derivó en unos contenidos propiamente científicos y otros humanistas.
- c. En la década de 1970, la aparición de la sociedad del conocimiento trajo separaciones mucho más claras de los saberes, por lo que surgieron las especializaciones, haciendo mucho más notorias las divisiones entre ciencias, disciplinas y campos del saber.

En la medida en que se acrecienta la brecha entre las ciencias exactas y las humanidades, en la contemporaneidad se busca encontrar nuevamente el vínculo entre estas. Surgen preguntas como: ¿por qué son necesarias las humanidades? ¿Para qué sirven? ¿Por qué formar en estas? Martha Nussbaum (2010), por ejemplo, sostiene que las humanidades y las ciencias sociales son las que le permiten al hombre comprensiones amplias, reposadas, tranquilas, de largo plazo, acerca de los vertiginosos avances que preceden a los saberes que se tienen en la actualidad. Es decir que, independiente de cuál sea el progreso de la humanidad en ciencia, tecnología, ingeniería y matemática, o lo que algunos llaman saberes duros, son necesarias las humanidades en tanto estas motivan razonamientos más sesudos (críticos y reflexivos), más finos, de para qué existen y sirven aquellos saberes.

En este sentido, la letra H representa a las humanidades, como componente central de la construcción del conocimiento de la ciencia, la tecnología, la ingeniería y las matemáticas. Cabe resaltar, por lo tanto, tres aspectos de la pertinencia de las ciencias sociales, la literatura, la lengua, la ética y la estética.

Primero, las humanidades son un elemento de la perfectibilidad humana; se estudian porque en ellas se halla, valga la redundancia, lo propio de lo humano. Si bien es cierto que en las ciencias hay desarrollos muy importantes, no es menos cierto que estos hay que pasarlos siempre por el crisol de lo humano. Por lo tanto, se espera que todo lo que se hace en ciencia, tecnología, matemática e ingeniería se encuentre al servicio de lo humano, aunque este propósito, con frecuencia, se pierda de vista, y, estos adelantos pueden restar las posibilidades de la existencia humana o de las condiciones que necesita el ser. Por tanto, lo propio del humanista es comprender las fuertes tensiones que presentan su naturaleza y la perfectibilidad humana, no como perfección, virtud y bondad exclusivamente, sino como ser vivo que tiene la capacidad de pensar, imaginar, entender, comprender y perfeccionar su existir cada día.

Segundo, se busca fortalecer el vínculo entre congéneres y de estos con la naturaleza. Las humanidades hacen pensar en las formas de habitar el mundo con los otros y con lo otro; con la diferencia. Con la naturaleza, entendida como parte de lo humano ya que es su nicho, ambos conforman ecosistemas que cohabitan. En este sentido, cualquier avance científico, tecnológico, ingenieril, matemático es responsable de la conservación y la sostenibilidad de la naturaleza, porque lo humano no es humano en su humanidad exclusivamente, lo humano es humano por la naturaleza.

El tercero, es una derivación de las anteriores, pues las humanidades son necesarias para mantener la complementariedad, el balance, la armonía en el mundo. La relación con la naturaleza y con los otros es una explicación de la humanidad; por tanto, es lo que da sentido a las otras formas de existencia. La complementariedad tiene que ver con la condición humana de perfectibilidad y cercanía con el otro y lo otro.

Ahora bien, con relación a la educación y la pedagogía, específicamente, en la escuela, entendida de esta manera amplia, desde los niveles iniciales hasta la formación posdoctoral, cabe examinar los seis elementos centrales del componente H incluidos en la propuesta que hace Medellín al enfoque STEM (Revista Semana, 2017):

- Lectura: alta experticia para la decodificación de códigos diversos en textos variados.

- Escritura: sistematización del conocimiento, argumentación, creación.
- Oralidad: reconocimiento de la diversidad, de las variadas tradiciones culturales y el uso de variadas lenguas.
- Escucha: entendimiento de la sabiduría de los mayores y los sabios, las opiniones de los otros, y las soluciones novedosas y retadoras de los menores.
- Pensamiento: aguzamiento de las ideas para mantener el vínculo, la memoria y el porvenir.
- Diálogo: interlocución y vínculo entre lo individual y lo social, la interdisciplinariedad y la interinstitucionalidad.

Con este panorama, la escuela tiene el reto del afinamiento de la formación para la decodificación de los signos que están presentes en las distintas gramáticas de la cultura, formar seres humanos. En palabras de Daniel Prieto Castillo (2015): “La educación es algo que siempre realizamos con otros, entre otros; sin ese principio no podemos llegar demasiado lejos en el intento de promover y acompañar aprendizajes” (p. 78).

El caso Medellín territorio STEM+H

“Medellín, ciudad del aprendizaje” es una apuesta de la Secretaría de Educación municipal, compartida con otras 204 ciudades de 49 países en el mundo, con el propósito de compartir y fortalecer prácticas y saberes para que las personas tengan oportunidades de aprendizaje durante toda su vida. Esta iniciativa, promueve la construcción de conocimiento y la formación en valores humanísticos y democráticos, y apuesta por un amplio uso de las tecnologías de información y comunicación para alcanzar sus metas.

En este marco, la educación STEM+H se consolida en Medellín como un enfoque centrado en la integración curricular, para que los estudiantes aprendan en contexto, básicamente en las áreas de ciencia, tecnología, ingeniería, matemáticas y humanidades. El valor de la H (humanidades) abre posibilidades a la escuela de vincularse con dinámicas comunitarias, empresariales y estatales para el progreso y evolución humana y la proyección social del aprendizaje. Se describe a continuación la manera en la que se han vinculado el sector productivo, empresarial y social de la ciudad para crear el marco en el que encuentra significación la educación STEM+H.

Medellín cuenta con seis clústeres, los cuales están directamente relacionados con los sectores económicos y sus principales iniciativas productivas. La Cámara de Comercio de Medellín los define como es una “[...] concentración geográfica de compañías interconectadas, proveedores especializados, empresas relacionadas e instituciones asociadas alrededor de una actividad económica en particular, que compiten y al mismo tiempo cooperan” (2019, párr. 1).

Los clústeres se orientan a la construcción de una red de cooperación estratégica, en la que se relacionan y agrupan empresas, instituciones, asociaciones, agencias y entidades, públicas y privadas, grandes y pequeñas, incluso de distintos sectores productivos que comparten una actividad productiva. Constituyen una estrategia de ciudad, que lidera la Alcaldía y la Cámara de Comercio de Medellín, apoyadas por empresarios y diferentes instituciones (Cámara de Comercio de Medellín, 2019). La Tabla 2 presenta las características de cada clúster.

Tabla 2. Definiciones de los clústeres de Medellín

Clúster	Definiciones
Energía Sostenible	Promueve “un ecosistema de ciudad-región responsable con el ambiente, con énfasis en eficiencia energética, energías renovables, economía circular, generación de energía a partir de residuos, auto y cogeneración y movilidad sostenible; impulsa la gestión inteligente de la energía y servicios públicos conexos, así como la promoción de los servicios asociados con el conocimiento especializado; buscando el desarrollo e internacionalización de la industria relacionada con la energía sostenible, articulando recursos, empresas e instituciones y contribuyendo al crecimiento económico de Medellín y la Región Metropolitana”.
Moda y Fabricación Avanzada	Apalanca “el encadenamiento de organizaciones saludables, en un marco de legalidad y transparencia con una mayor automatización de los procesos, el desarrollo de materiales y la conectividad como eje transversal que le permita aumentar la participación en el mercado nacional e internacional”.

Continúa

Referentes que orientan el desarrollo del diagnóstico

Hábitat Sostenible	Promueve “acciones de cambio en las empresas asociadas al sector, y que están localizadas en el Valle de Aburrá, con el fin de lograr un crecimiento económico de forma rentable y sostenible, identificando nuevos modelos de negocio basados en conocimiento y tecnología, e incrementando la calidad de vida de los ciudadanos”.
Turismo de Negocios	Facilita “el trabajo colaborativo y la sinergia entre la industria del turismo y la creativa con las demás industrias del país, con el propósito de contribuir al desarrollo del territorio y generar acciones que permitan posicionar la región como un destino inteligente, entendiéndose por éste como un territorio innovador, que se fortalece desde aspectos tecnológicos, asegura el desarrollo sostenible, es accesible para todos y facilita la interacción e integración del visitante con el entorno, incrementando la calidad de su experiencia y mejorando las condiciones de vida de quien habita en el lugar”.
Medellín Health City	“Busca promover procesos de integración y relacionamiento empresarial, teniendo como referencia un modelo centrado en el paciente, que permitan responder a los retos y oportunidades de la industria de la salud, con énfasis en servicios de excelencia clínica, transformación digital de la industria de la salud y desarrollo de productos de base tecnológica y valor agregado de conocimiento e innovación”.
Negocios Digitales	Contribuye “a la dinamización de nichos de Especialización Productiva y al mejoramiento de la productividad, competitividad e innovación de industrias claves de la región a partir de procesos de Transformación de Negocios con alcance regional, basados en el desarrollo de una economía digital”.
Café Medellín y Antioquia	Su objetivo es “incrementar la competitividad del sector cafetero en la región a través de la generación de valor en los segmentos de café verde y café tostado. En este sentido, los productores/empresas invitadas a participar son aquellas que tienen una clara orientación hacia mercados especializados y entidades de soporte del negocio que implementan acciones con el fin de apoyar la gestión en dichos mercados”.

Fuente: Elaboración propia, basada en Cámara de Comercio de Medellín (2019).

Cada clúster corresponde a un sector estratégico de la ciudad, en términos empresariales. Esto promueve el liderazgo a partir del enfoque denominado especialización inteligente (Cámara de Comercio de Medellín, 2019).

Según Agudelo (2016), a partir de los intereses de cada clúster, surge la estrategia Nodos para la Pertinencia Educativa, la cual pretende articular el sector productivo con la educación, a partir de la formulación de políticas públicas, formación en red que comprenda el acompañamiento de mentores empresariales para fortalecer la estrategia Educación-Empresa-Estado (EEE), proyección de la educación media y pertinencia de los programas técnicos, tecnológicos y profesionales según las necesidades productivas de la ciudad, para lo cual se crearon los siguientes nodos:

- Nodo Energía Eléctrica.
- Nodo Construcción.
- Nodo Turismo.
- Nodo TIC.
- Nodo Textil.
- Nodo Salud.
- Nodo Servicios-Comercio.
- Nodo Industrial.

El compromiso entre los sectores productivo y académico es esencial para la ejecución de esta estrategia con el fin de promover iniciativas que articulen la educación media con la educación superior y el ámbito laboral, mediante propuestas académicas afines a los requerimientos de las empresas. En este sentido, es fundamental reconocer que la Ley General de Educación –Ley 115 de 1994–, en el artículo 32, respecto a la educación media técnica, plantea lo siguiente:

La educación media técnica prepara a los estudiantes para el desempeño laboral en uno de los sectores de la producción y de los servicios, y para la continuación en la educación superior.

Estará dirigida a la formación calificada en especialidades tales como: agropecuaria, comercio, finanzas, administración, ecología, medio ambiente, industria, informática, minería, salud, recreación, turismo, deporte y las demás que requiera el sector productivo y de servicios. Debe incorporar, en su formación teórica y práctica, lo más avanzado de la ciencia y de la técnica, para que el estudiante esté en capacidad de adaptarse a las nuevas tecnologías y al avance de la ciencia.

Las especialidades que ofrezcan los distintos establecimientos educativos deben corresponder a las necesidades regionales.

Parágrafo. Para la creación de instituciones de educación media técnica o para la incorporación de otras y para la oferta de programas, se deberá tener una infraestructura adecuada, el personal docente especializado y establecer una coordinación con el Servicio Nacional de Aprendizaje –SENA– u otras instituciones de capacitación laboral o del sector productivo (Colombia. Congreso de la República, 1994, p. 10).

Es decir, la educación media técnica se convierte en el punto de referencia para la consolidación de la estrategia Nodos para la Pertinencia Educativa que, según Agudelo (2016), se realiza mediante la implementación de la contra jornada en la educación media (SENA jornada mañana, SENA jornada tarde, ETDH² jornada mañana, jornada tarde) y pretende ejecutar actividades de formación que posibiliten la articulación con la media técnica desde una visión interdisciplinaria de los saberes, la permanencia de los estudiantes en el sistema educativo y viabilizar el acceso al campo laboral. Además, las instituciones establecen los criterios para que los estudiantes realicen la homologación de contenidos y así continuar con la formación profesional.

De igual manera, es relevante mencionar los lineamientos, planteados en el Plan de Desarrollo de Medellín (Alcaldía de Medellín, 2016), que se relacionan directamente con la ejecución de la estrategia Nodos para la Pertinencia Educativa.

La Tabla 3 evidencia las directrices municipales respecto a las iniciativas que contribuyen a hacer de Medellín, un Territorio STEM + H, el cual, según la Secretaría de Educación de Medellín (2019),

[...] implica cambios que transformen el aula y la escuela, involucra a maestros de distintas áreas, el estudiante es el eje favoreciendo el autoaprendizaje, se trabaja en equipo y es incluyente, promueve estrategias novedosas de evaluación y permiten la participación de agentes externos al aula (párr. 3).

² Educación para el Trabajo y el Desarrollo Humano

Tabla 3 Lineamientos Plan de Desarrollo de Medellín 2016-2019

Lineamientos		Descripción
Dimensión 1	Creemos confianza ciudadana	Pretende fomentar la convivencia y la generación de normas sociales que permiten la reducción de comportamientos perjudiciales para comunidad.
Componente 1	Reto 1.1. Cultura Medellín	Promueve la consolidación de procesos de formación ciudadana en los cuales confluyen la familia, las instituciones educativas y los grupos sociales de la ciudad.
Programa	1.1.4. Formación para la transformación de la cultura ciudadana	Comprende los aspectos relacionados con el ser individual y colectivo y sus diferentes espacios sociales.
Proyecto	1.1.4.2. Escuela abierta para el desarrollo de la ciudadanía	Promueve en los estudiantes el interés por la investigación, la creatividad y la innovación. Pretende una escuela interdisciplinaria que facilita el diálogo de saberes y la integración de los conocimientos con la realidad. Busca formar estudiantes interesados por su escuela y las diferentes dinámicas de la sociedad.

Fuente: Elaboración propia basada en el Plan de Desarrollo de Medellín 2016-2019.

Por esta razón, la comprensión de la realidad a partir de la solución de problemas se convierte en un factor esencial para la adquisición de habilidades y competencias de los estudiantes. Por lo tanto, el diálogo de saberes, el trabajo interdisciplinario, el aprendizaje basado en proyectos, la formación investigativa y científica a partir de las necesidades del contexto propenden por la formación de sujetos competitivos según los intereses del sector productivo.

Importancia de las instituciones aliadas

El enfoque STEM+H se fundamenta principalmente en las competencias científicas que se propone desarrollen los estudiantes de acuerdo con la Ley 1286 de 2009, que aportan a la consolidación del Sistema Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación en Colombia, cuyos objetivos son:

Fortalecer una cultura basada en la generación, la apropiación y la divulgación del conocimiento y la investigación científica, el desarrollo tecnológico, la innovación y el aprendizaje permanentes [...]

Fortalecer el desarrollo regional a través de políticas integrales de descentralización e internacionalización de las actividades científicas y tecnológicas y de innovación, de acuerdo con las dinámicas internacionales [...]

Promover la calidad de la educación formal y no formal, particularmente en la educación media, técnica y superior para estimular la participación y desarrollo de las nuevas generaciones de investigadores, emprendedores, desarrolladores tecnológicos e innovadores (Congreso de la República de Colombia, 2009, pp. 1-2).

Desde esta perspectiva, se hace necesario que la escuela establezca vínculos con otras instituciones para garantizar la apropiación del conocimiento que se genera permanentemente en la sociedad. Las competencias necesarias para el mejoramiento de la calidad de vida se conectan con el fortalecimiento humanístico y de proyección social que enmarca la ciudad desde la educación STEM+H, en este la escuela, la comunidad, la empresa y el Estado convergen desde un enfoque interdisciplinario para el aprendizaje.

Así, las instituciones aliadas (Estado, escuela, sector productivo y sociedad) desde sus posibilidades, aportan conocimiento, espacios para la interacción, puntos de vista, opiniones y enfoques diversos que se ponen en conversación para contribuir en la construcción de Medellín Territorio STEM+H.

Por su parte, la Secretaría de Educación de Medellín, busca fortalecer la educación teniendo presente los sectores económicos o clúster de la ciudad, aunando esfuerzos entre instituciones del sector público y privado por medio de las alianzas derivadas de los Nodos para la Pertinencia Educativa.

En este sentido, Medellín Territorio STEM+H se articula con otros proyectos como MOVA, Educación Complementaria, El Vivero del Software por intermedio del programa Alianza Futuro Digital de la Secretaría de Educación de Medellín teniendo en cuenta el Acuerdo 085 de 2009, por el cual se crea el programa Municipal de Feria de la Ciencia, la Tecnología y la Innovación de Medellín (p. 3).

Otras instituciones que hacen parte de la construcción de Medellín, territorio STEM+H son: Parque Explora, MinCiencias, Ministerio de Educación, Ministerio de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones, Ruta N, Universidad Pontificia Bolivariana, Universidad de Antioquia, Universidad de Medellín, Universidad EAFIT, Institución Universitaria Pascual Bravo, SENA y algunas empresas privadas. Estas instituciones, aportan principalmente en el financiamiento, capacitación del personal docente, ofrecimiento de infraestructura y captación del talento humano.

La formación de los docentes, un punto de partida

La formación de docentes, líderes y agentes educativos posibilita el mejoramiento de la calidad de los aprendizajes en las áreas STEM/STEAM, se hace necesario revisar y comprender previamente las bases teóricas y conceptuales de la educación en este campo, y así orientar de manera pertinente el diseño de programas de capacitación específicos para la adquisición de habilidades y la creación e implementación de programas, prácticas y proyectos desde los diferentes niveles y modalidades educativas.

Las necesidades de capacitación de los docentes y agentes educativos son dinámicas y complejas, pues responden tanto a las características y demandas de su contexto como a los avances de la ciencia, la tecnología y al panorama educativo global. Por estas razones, Zermeño y de la Garza (2013) plantean que la capacitación tiene efecto sobre la sociedad, ya que recoge las necesidades de los contextos sociales cambiantes, de la estructura de sus instituciones y las relaciones de las personas que allí interactúan.

Esta definición evidencia el efecto directo que se le atribuye a la capacitación de los agentes y líderes educativos con respecto al avance científico y tecnológico de los países que conforman la región latinoamericana. Al respecto, Joyce y Showers (Citados en Elizondo y Gallardo, 2017. p, 137), demandan que los sistemas educativos fortalezcan la capacitación y desarrollo profesional de sus docentes, con el objetivo de enfrentar los nuevos desafíos educativos, en este caso, los que trae la educación STEM/STEAM para mejorar la calidad educativa y aportar de esta manera al progreso científico y tecnológico de la región.

Villegas-Reimers, define el desarrollo profesional de los docentes como el crecimiento resultado de la experiencia y de la revisión

sistemática y reflexiva de su propio desempeño, lo que obliga a pensar en la capacitación en el campo de la educación STEM/STEAM como experiencias enriquecidas, que estimulen la adquisición de conocimientos y habilidades, la reflexión y autoevaluación sobre el desempeño de los docentes y líderes educativos en su propio contexto de enseñanza (Citado en Elizondo y Gallardo, 2017, p. 137).

La capacitación es un camino claro para cualificar la enseñanza, ya que el mejoramiento de la instrucción es un factor esencial para aumentar la calidad de los aprendizajes. Esto se evidencia en algunos de los principales resultados del estudio realizado por Barber y Mourshed (2017) en el que se busca conocer cómo lograron sus metas de calidad los sistemas educativos con mejor desempeño internacional: “La única manera de mejorar los resultados es mejorando la instrucción: el aprendizaje ocurre cuando alumnos y docentes interactúan entre sí y por ello mejorar el aprendizaje implica mejorar la calidad de esta interacción” (Citados en Crisol, 2010, p. 303). Este estudio recomienda llevar la capacitación directamente a la clase y propiciar la realimentación entre los docentes.

Han, Yalvac, Capraro y Capraro (2015, citados en Ercan, Bozkurt Altan, Taştan, y Dağ, 2016, p. 31) consideran que el docente es un elemento fundamental en cualquier proceso de innovación y cambio educativo relacionado con las disciplinas STEM, especialmente para el éxito de su implementación, por lo cual se requiere realizar programas de capacitación que puedan lograr en ellos un cambio pedagógico dirigido a superar el aislamiento en la enseñanza de las áreas STEM, y que puedan enfrentarse a experiencias y entrenamiento previo para descubrir los ambientes y estrategias necesarias en la enseñanza y aprendizaje integrado en este campo.

Metodología

La educación STEM/STEAM tiende a la integración de las áreas de ciencia, tecnología, ingeniería y matemáticas, que se relacionan estrechamente en el mundo profesional. En esta definición, también se incluye el arte, como disciplina que aporta a la búsqueda de soluciones a problemas de la vida real y al diseño de productos que mejoren la vida de otros.

En el caso específico de Medellín, ciudad del aprendizaje, la educación STEM/STEAM se impulsa desde el enfoque STEM+H a partir de la interdisciplinariedad, de la proyección humana y social en el que se conecta la escuela, la comunidad, la empresa y el Estado. Desde esta perspectiva, Medellín, como territorio STEM+H, se consolida como un espacio para el avance de la ciencia y la tecnología en ambientes de aprendizaje pensados desde las humanidades.

La metodología para la realización del diagnóstico STEM+H en la ciudad retoma elementos cuantitativos y cualitativos. Los métodos cuantitativos posibilitaron la utilización de la estadística como medio para conocer el estado actual de 212 instituciones educativas del municipio de Medellín frente a la implementación de la educación STEM+H (fase I); y los métodos cualitativos permitieron, por un aparte, la exploración a profundidad de la realidad que se vive en dichas instituciones frente al mismo tema, por medio de la sistematización de experiencias significativas (fase II) y, por

otra, la descripción minuciosa de los resultados cuantitativos. Tal convergencia viabiliza el levantamiento de un diagnóstico STEM+H en la ciudad.

Desde el enfoque cuantitativo, la investigación se enmarca como un estudio exploratorio-descriptivo que, de acuerdo con Hernández, Fernández y Baptista (2010) “se realizan cuando el objetivo es examinar un tema o problema de investigación poco estudiado, del cual se tienen muchas dudas o no se ha abordado antes” (p. 79). Su diseño es no experimental y se ubica como un estudio de caso al analizar profundamente el estado de la educación STEM+H en Medellín. La recolección de datos se realiza en dos fases.

Fase I: para iniciar el levantamiento del diagnóstico, se diseña y valida un cuestionario para ser aplicado por medio de una encuesta dirigida a 228 IE y respondida por 212 de ellas. Este cuestionario, se elabora a partir de los aspectos más relevantes asociados a la educación STEM/STEAM, que luego son utilizados como punto de comparación para reconocer el estado de la educación STEM+H en la ciudad. Los resultados de la encuesta son analizados en profundidad a partir del marco conceptual construido y los modelos de implementación de programas STEM/STEAM propuestos por Arizona STEM Network *et al.* (2017):

Modelo Exploratorio: IE con actividades, prácticas, programas o proyectos STEM/STEAM extracurriculares, es decir, por fuera de la jornada académica. Estas instituciones, en su mayoría, están acompañadas por instituciones externas, realizan algunos eventos relacionados con la educación STEM/STEAM como semilleros y ferias de la ciencia, son pocos los estudiantes que han participado de este tipo de acciones y escasos los docentes y directivos docentes que se han capacitado en educación STEM/STEAM.

Modelo introductorio: IE que ya han comenzado a implementar prácticas, programas o proyectos STEM/STEAM vinculándolos a la jornada académica de los estudiantes. Se caracterizan porque diseñan e implementan proyectos complementarios y unidades con estrategias como el aprendizaje basado en problemas y en retos. Todavía son pocos los estudiantes que se vinculan, en muchos casos no presentan alianzas con otras entidades, y solo algunos docentes y directivos docentes tienen formación en dicho campo. Muchas de estas instituciones no tienen actividades extracurriculares asociadas a la educación STEM/STEAM como los semilleros de investigación

y las ferias CT+I, sino que han vinculado estas actividades de manera más directa con las experiencias de aula.

Modelo de inmersión parcial: IE que han vinculado paulatinamente la educación STEM/STEAM a sus planes de área con metodologías activas como el *Aprendizaje basado en problemas y proyectos* dentro de su jornada escolar. Basan su metodología de clase en la instrucción interdisciplinaria, al diseño de productos concretos, la colaboración y la vinculación de las familias. Presentan un número significativo de estudiantes vinculados a la formación STEM/STEAM que se realiza tanto de forma extracurricular como dentro de la jornada escolar; además cuentan con docentes y directivos docentes formados en dicho campo. Estas IE tienen alianzas interinstitucionales y con instituciones aliadas.

Modelo de inmersión total: IE en la que la propuesta formativa está vinculada con la educación STEM/STEAM (planes de estudio, proyectos institucionales, actividades extracurriculares, entre otros). Todo el personal trabaja bajo este enfoque, se basan en la búsqueda de soluciones a problemas de la vida real y diseño de productos. El número de estudiantes vinculados es muy alto, y los docentes y directivos docentes tienen formación en el campo STEM/STEAM.

Fase II: de acuerdo con los resultados obtenidos en el cuestionario, se seleccionó una muestra de 39 instituciones educativas, distribuidas de acuerdo con los modelos de inmersión así:

- Modelo de implementación exploratorio: 9 IE.
- Modelo de implementación introductorio: 10 IE.
- Modelo de inmersión parcial: 11 IE.
- Modelo de inmersión total: 9 IE.

A estas instituciones se les aplica una entrevista semiestructurada que busca conocer en detalle la manera como se implementa la educación STEM+H en Medellín.

Desde el paradigma cualitativo suelen seleccionarse individuos o grupos pequeños de personas a los que se investiga para comprender su perspectiva acerca de los fenómenos que los rodean, en palabras de Hernández, Fernández y Baptista (2010), para “profundizar en sus experiencias, pers-

pectivas, opiniones y significados, es decir, en la forma en que los participantes perciben subjetivamente su realidad” (p. 364). Las entrevistas son procesadas por medio de un análisis de contenido; el cual, de acuerdo con los mismos autores, es una “[...] técnica para estudiar cualquier tipo de comunicación de una manera ‘objetiva’ y sistemática, que cuantifica los mensajes o contenidos en categorías y subcategorías, y los somete a análisis estadístico” (p. 260).

Además, como producto del diagnóstico STEM+H realizado, se propuso la publicación a modo de cartilla de sistematización de experiencias significativas lo que, de acuerdo con Jara (1998):

[...] es aquella interpretación crítica de una o varias experiencias que, a partir de su ordenamiento y reconstrucción, descubre o explicita la lógica del proceso vivido, los factores que han intervenido en dicho proceso, cómo se han relacionado entre sí, y por qué lo han hecho de ese modo (Citado en UNESCO, 2016, p. 13).

Desde esta perspectiva, la sistematización de las experiencias significativas fue la oportunidad para reconocer las diversas maneras como las instituciones educativas en Medellín se acerca a la educación STEM+H, de acuerdo con los modelos de implementación propuestos para la categorización de las IE de la ciudad. Tal sistematización se realiza con los datos de las entrevistas realizadas a las 39 instituciones educativas, y recopila información gráfica y testimonial de las experiencias significativas sistematizadas.

Resultados

Los resultados se presentan en dos fases: la primera tiene un enfoque cuantitativo, en el que por medio de análisis estadístico se recoge información de la implementación del enfoque STEM+H en 212 instituciones educativas de del municipio de Medellín. La segunda fase, tiene una naturaleza cualitativa, en la que se presenta una síntesis de la sistematización de las experiencias significativas STEM+H en 39 de esas instituciones.

Fase I: Resultados cuantitativos de la investigación

Para el presente análisis estadístico, en primer lugar, se realiza un análisis descriptivo de las principales variables del instrumento dirigido a instituciones educativas de Medellín y relacionado con sus características y modelo de implementación STEM. En segundo lugar, fue necesaria la utilización, en su mayoría, de pruebas no paramétricas para el contraste de diferencias entre dos (U de Mann-Whitney) o más factores (Kruskal-Wallis) propuestos en el análisis. Lo anterior debido a que las variables utilizadas para los contrastes resultan no normales de acuerdo con las pruebas de Lilliefors. Finalmente, se requiere el uso de las pruebas de independencia Chi-cuadrado (χ^2). Para los anteriores análisis se usa el *software* R (V3.4.2).

La encuesta realizada se dirige a un total de 228 IE públicas de Medellín, y es respondida por 212 de ellas. El cuestionario propuesto indaga por las experiencias previas o actuales, y las prácticas pedagógicas STEM+H que

realizan como factor principal para categorizar las IE de acuerdo con los modelos de implementación (previamente presentados), las instituciones aliadas con las que interactúan o han establecido interacción y las necesidades didácticas y pedagógicas que se tiene para implementar estrategias educativas de este tipo.

Cada figura y análisis presentados a continuación corresponden a la distribución para las respuestas disponibles. Es decir, de las 212 encuestas, algunas instituciones dejan preguntas sin responder, por lo tanto, se encuentran figuras en el texto cuya sumatoria total es 210 o 211 Instituciones Educativas. Vale aclarar que la encuesta no es censal, por tanto, los porcentajes se generan solo a partir de las respuestas válidas obtenidas.

Un elemento de la encuesta es el número de IE que ofrecen media técnica en la ciudad. De las 212 de instituciones encuestadas, 157, es decir el 74.1%, cuentan con ella. Lo que significa que la mayor parte de las IE de la ciudad prepara a los estudiantes para el desempeño laboral en uno de los sectores de la producción y de los servicios, y para la continuación en la educación superior. En correspondencia con las necesidades de la región, tienen infraestructura adecuada y personal docente formado en las diferentes especialidades que se ofrecen en la ciudad. Solo la cuarta parte de las IE de la ciudad no ofrecen media técnica.

La media técnica consolida la estrategia de Nodos para la Pertinencia Educativa en la ciudad, con la ejecución de actividades de formación desde una visión interdisciplinaria de los saberes, para garantizar la permanencia de los estudiantes en el sistema educativo y viabilizar su acceso al campo laboral (figura 3).

En relación con los resultado ya mencionados y con los datos derivados de la encuesta, se observa que los que más se destacan en la ciudad son el Nodo TIC, el Nodo Servicios-Comercio y el Nodo Medio Ambiente. Estos nodos pretenden articular el sector productivo con la educación en la ciudad a partir de la formulación de políticas públicas, la formación en red por medio del acompañamiento de mentores, la proyección de la educación media y la pertinencia de los programas técnicos, tecnológicos y profesionales según las necesidades productivas del territorio. Los nodos que menos cobertura presentan en la ciudad son el Nodo Salud y el Nodo Textil (figura 4).

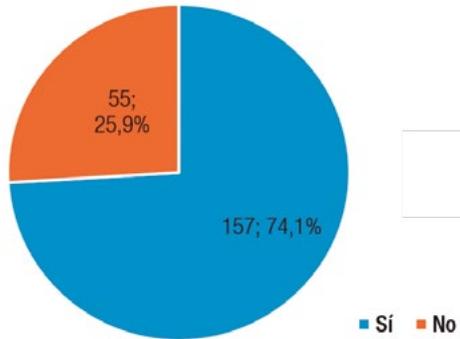


Figura 3. IE participantes que ofrecen media técnica

Fuente: Elaboración propia

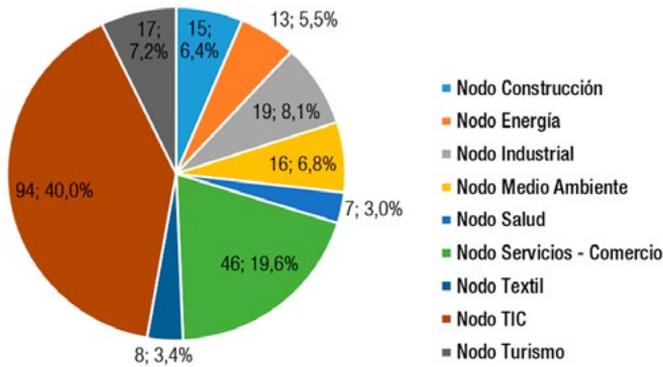


Figura 4. Nodos asociados con los programas de media técnica

Fuente: Elaboración propia

Identificación experiencias STEM+H

Un primer acercamiento a la comprensión de las prácticas educativas STEM+H en Medellín, se realiza a partir de la caracterización de las actividades que se llevan a cabo en las instituciones educativas y que tienen un fuerte componente de este enfoque.

Entre las actividades que más se destacan, se aprecia que aquellas ejecutadas por organizaciones externas tienen una mayor participación debido a que el 67,5% de las encuestadas manifestaron tenerlas. La segunda estrategia que apa-

rece con mayor frecuencia es la feria de la ciencia en la que le 64,6% participan y, en tercer lugar, las ferias CT+I con un 36,3%. Actividades como los proyectos de investigación, los clubes de robótica, electrónica y programación también tienen un lugar significativo dentro de las actividades que se llevan a cabo en los planteles educativos. Las estrategias con menor frecuencia son las competencias escolares en las áreas de STEM (14,2%), los eventos institucionales relacionados con estas áreas y los talleres en jornada complementaria (17,5%).

Se observa que las instituciones externas configuran un eslabón preponderante en la implementación de actividades STEM+H en la ciudad ya que, desde sus particularidades, aportan conocimiento, diversidad, espacios para la interacción y la aplicación de saberes, puntos de vista, enfoques y opiniones que se ponen en conversación con el sector educativo, y de esta forma, contribuyen con la construcción de Medellín Territorio STEM+H (figura 5).

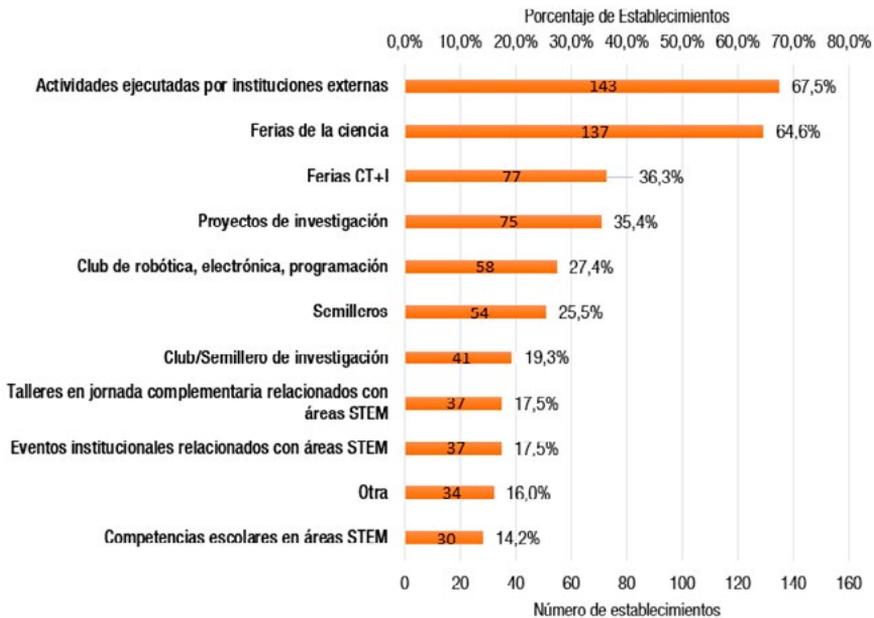


Figura 5. Actividades STEM+H en las IE

Fuente: Elaboración propia

En cuanto a las áreas de enseñanza integradas con las actividades descritas, se aprecia que el área con mayor frecuencia de vinculación en actividades STEM+H es la de ciencias naturales y educación ambiental, con una participación del 77,8% de las instituciones educativas. La segunda área es tecnología e informática con el 71,7%. Como se observa, las ciencias naturales y la educación ambiental, la tecnología e informática, las matemáticas, las humanidades (lengua castellana e inglés) y la educación artística son áreas que están fuertemente ligadas a las actividades STEM+H de las IE de la ciudad.

Otras áreas como educación física, recreación y deporte; ciencias sociales historia, geografía y constitución política; y educación ética y en valores humanos; son áreas que, aunque en menor proporción, también están vinculadas con las actividades STEM+H. Las áreas con menor integración son educación religiosa con el 12,3% de las respuestas e ingeniería con el 9,4%; lo que sugiere que, aunque se estén realizando diversidad de actividades STEM+H en las IE, todavía falta mucho por conocer y explorar acerca de estrategias didácticas como el diseño de ingeniería (figura 6).

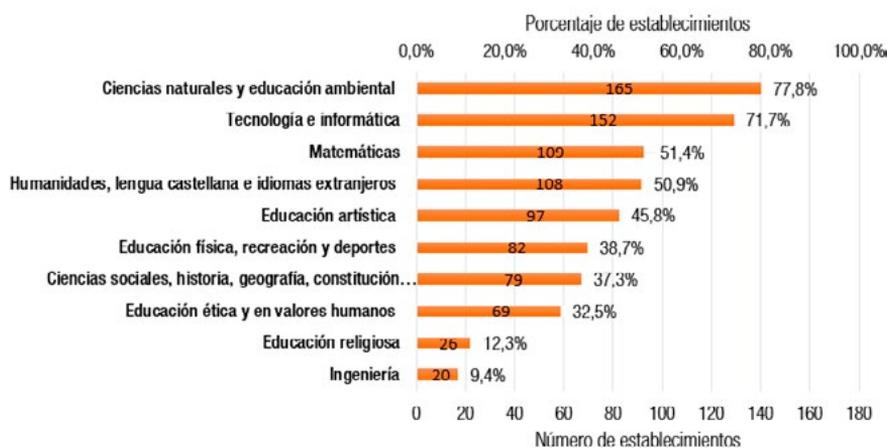


Figura 6. Áreas de enseñanza que se integran a las actividades STEM+H

Fuente: Elaboración propia

En relación con las estrategias didácticas implementadas en las instituciones se aprecia que un 61,3% de las instituciones participantes implementan el *Aprendizaje basado en problemas*, seguido del *Aprendizaje basado en proyectos* con un 52,4% y del *Aprendizaje basado en la indagación* con un 35,8%. Estas estrategias didácticas comprenden una serie de procedimientos de enseñanza que se dirigen y adaptan para los estudiantes e incluyen elementos como los contenidos del curso, los recursos, las habilidades a desarrollar, los objetivos de aprendizaje, el uso de herramientas, entre otros. Así, se deduce, que las estrategias didácticas que se implementan en la mayoría de las IE de la ciudad tienden a estar mediadas por una visión integrada e interdisciplinaria de los saberes que la componen, para el abordaje de problemas y situaciones de la vida cotidiana.

Desde este punto de vista, la integración curricular en las IE de la ciudad está apuntando a la interrelación e interconexión derivada de la conexión de diferentes áreas a la solución de una situación o problema que, hace uso de las ciencias, la tecnología, la ingeniería y las matemáticas, lo que vislumbra una oportunidad de aprendizaje muy interesante y motivadora para los estudiantes.

De otro lado, un 11,8% de las instituciones manifiestan no usar ninguna de las estrategias y, solo el 8% de ellas que utiliza como estrategia el diseño de ingeniería. En este sentido, se infiere que son relativamente pocos los planteles de la ciudad que no implementen estrategias didácticas enfocadas en problemas del mundo real, fundamentadas en la investigación, centradas en el estudiante, basadas en la construcción de productos para resolver problemas con trabajo en equipo y colaboración, y orientadas al aprendizaje a través de la interacción con contenidos asociados a diversas áreas del conocimiento (figura 7).

En contraste con los datos presentados hasta ahora, se evidencia que cerca de un 60,2% de las instituciones encuestadas consideran que en el plantel se llevan a cabo experiencias STEM+H, cifra que corresponde con el 67% aproximado de las IE que afirman haber establecido o contar actualmente con alianzas con instituciones externas para implementar actividades educativas STEM+H dentro de las mismas (figura 8).

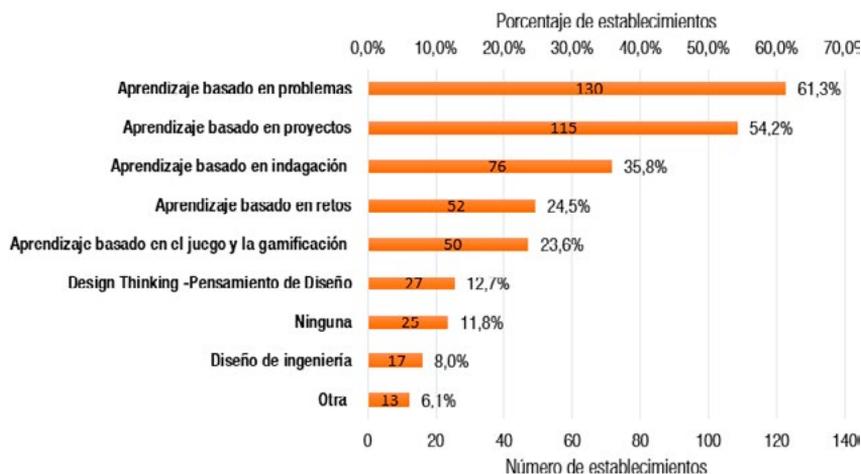


Figura 7. Estrategias didácticas que se implementan en las IE

Fuente: Elaboración propia

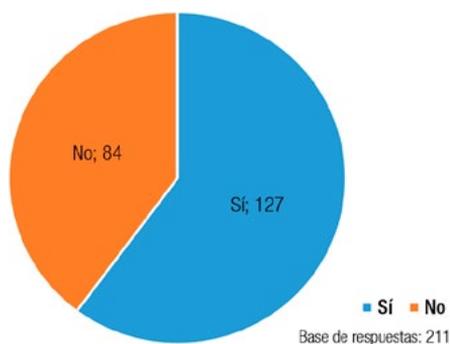


Figura 8. IE que implementan experiencias STEM+H

Fuente: Elaboración propia

Modelos de implementación de la educación STEM/STEAM

De otro lado, el 63,3% de los encuestados manifestaron ofrecer y actividades extracurriculares en las que se abordan temáticas relacionadas con la ciencia, la tecnología, la ingeniería, las matemáticas las artes o las humanidades (figura 9).

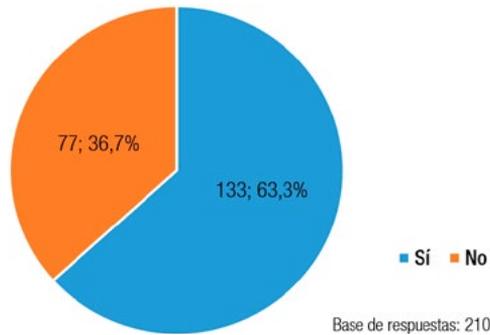


Figura 9. IE con actividades extracurriculares STEM+H

Fuente: Elaboración propia

Adicionalmente, un 40,6% manifiestan que la feria de la ciencia es una de las actividades que llevan a cabo, la segunda actividad extracurricular más utilizada es la Feria CT+I con el 27,4% y le siguen los proyectos de investigación con el 24,1%. La actividad con menor frecuencia, nuevamente, la constituyen las competencias escolares en áreas STEM (figura 10).

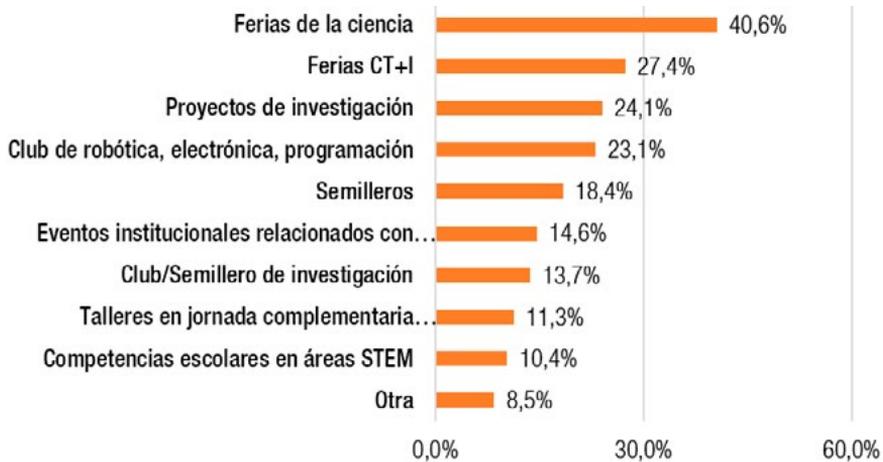


Figura 10. Actividades extracurriculares STEM+H

Fuente: Elaboración propia

De otro lado, un 41,8% de las instituciones dicen ofrecer experiencias STEM+H adicionales dentro de la jornada escolar, que son valoradas en la evaluación o desempeño académico, pero que no hacen parte de los estándares curriculares nacionales. De estas, el 64,5% manifiestan que dichas experiencias se dan en el marco de proyectos complementarios, mientras que el 31,8% se dan en unidades de aprendizaje (figuras 11 y 12).

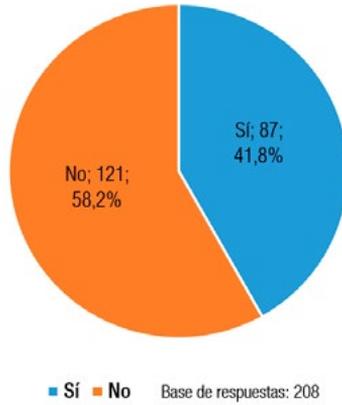


Figura 11. Actividades STEM+H por fuera de estándares y valoradas en el desempeño académico

Fuente: Elaboración propia

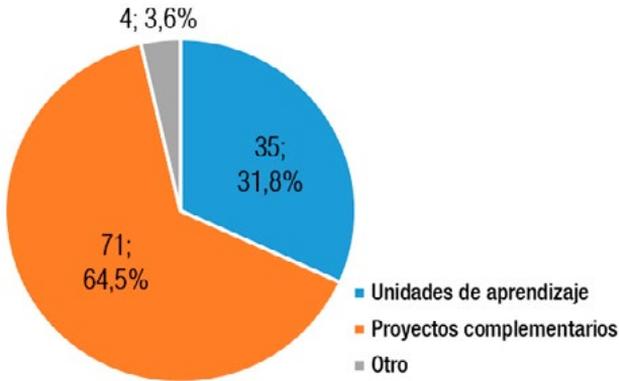


Figura 12. Marcos de implementación de experiencias STEM+H

Fuente: Elaboración propia

Por otro lado, el 42,4% de las instituciones dicen ofrecer experiencias STEM+H para todo el plantel, integradas al plan de estudio durante todo el año o en unidades de aprendizaje y proyectos específicos (figura 13).

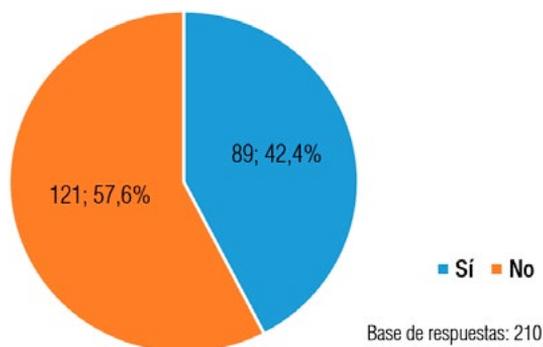


Figura 13. Experiencias STEM+H integradas al plan de estudio

Fuente: Elaboración propia

Las principales características de estas experiencias, de acuerdo con las respuestas, son: la integración del *Aprendizaje basado en problemas/proyectos* con el 34%; la colaboración como medio para el aprendizaje con el 21,2%; la resolución de problemas con contenido integrado con un 19,8%; la inclusión de instrucciones interdisciplinarias con un 18,9%; y la vinculación de las familias con un 15,1%. La característica que menos se tiene en cuenta entre estas IE fue el hacer énfasis en la realización de productos concretos con el 7,5% (figura 14).

El 72,7% de las instituciones educativas encuestadas dice no ofrecer ambientes de aprendizaje del siglo XXI en los que la educación STEM determina la planeación curricular para todos los grados escolares, mientras que el 27,3% restantes manifiestan sí ofrecerla (figura 15).

Además, entre las IE que expusieron que la educación STEM determina la planeación curricular, el 20,3% dice brindar la posibilidad a los estudiantes para participar en actividades que derivan en la solución de problemas y creación de productos concretos; el 14,6% dice que hay colaboración con empresas y promotores de STEM+H e instituciones de educación superior; y el 9,9% dice que todo el personal lo implementa (figura 16).



Figura 14. Características de las unidades de aprendizaje y proyectos

Fuente: Elaboración propia

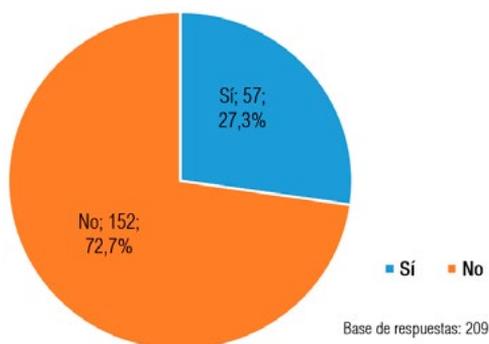


Figura 15. IE en las que el enfoque STEM+H determina la planeación curricular

Fuente: Elaboración propia

Clasificación de las instituciones educativas

De acuerdo con el instrumento aplicado, se realiza una clasificación de las instituciones educativas con el referente de los cuatro modelos de implementación, a saber: explorador, introductorio, de inmersión parcial y de inmersión total. Allí se puede apreciar que el 38,2% (81) de las IE mencio-

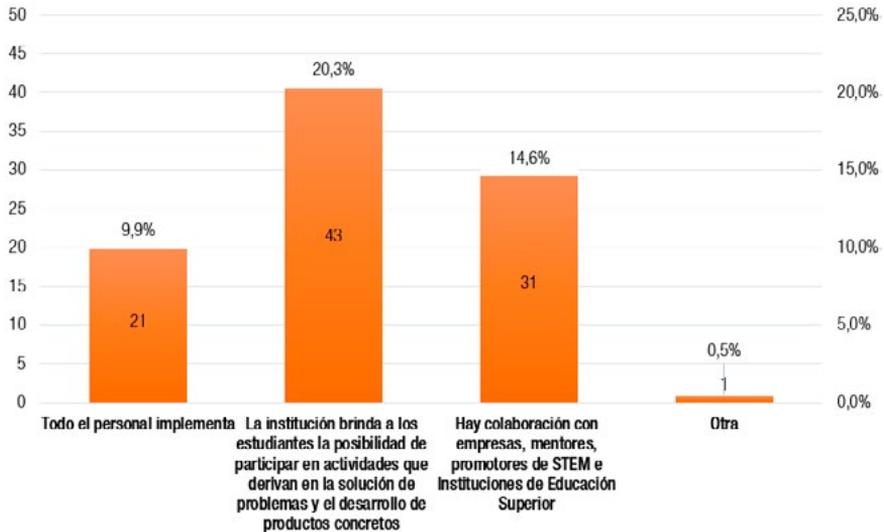


Figura 16. Opciones de implementación en las IE en las que el enfoque STEM+H determina la planeación curricular

Fuente: Elaboración propia

nan no tener ningún acercamiento a experiencias STEM+H. Por su parte, el 61,8% (131) tienen algún nivel de aproximación (figura 17).

De igual forma, se aprecia que el 20,8% se encuentra en el nivel exploratorio; un 27,4% está en el nivel introductorio; el 6,6% está en inversión parcial; y el 7,1% en inmersión total (sobre el total de la muestra). Así:

IE categorizadas en el modelo de implementación explorador: estas instituciones educativas presentan actividades en las que los estudiantes exploran varias facetas de los problemas/proyectos STEM+H y obtienen orientación profesional con respecto a la selección de carreras en cada área. Estas estrategias son independientes de otras actividades escolares, se realizan por fuera de la jornada escolar, son asignadas como deberes adicionales para los maestros y personal de las instituciones educativas, e involucran la colaboración con entidades aliadas que fomentan las áreas STEM/STEAM. Estas IE realizan algunos eventos institucionales relacionados con la educación STEM+H, como semilleros y ferias de la ciencia. Sin embargo, son pocos los estudiantes que han participado de

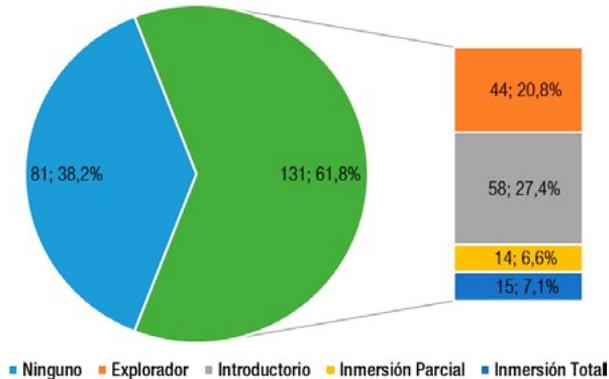


Figura 17. IE por modelo de implementación STEM+H

Fuente: Elaboración propia

este tipo de acciones y pocos los docentes y directivos docentes que se han capacitado en educación STEM/STEAM en dichas IE.

IE categorizadas en el modelo de implementación: estas instituciones implementan actividades en las que se incluyen experiencias STEM+H de forma adicional al currículo, pero dentro de la jornada escolar y que son valoradas dentro del desempeño académico. Sin embargo, estas experiencias no hacen parte de los estándares o pruebas nacionales.

Estas actividades se observan como unidades de aprendizaje o proyectos complementarios en las áreas STEM+H ofrecidas por instituciones aliadas, empresas o socios sin ánimo de lucro. Los estudiantes tienen la oportunidad de participar en la resolución de problemas y recibir instrucciones basadas en problemas/proyectos/retos, para construir conocimiento a partir de la integración áreas STEM+H en las experiencias brindadas en este modelo de implementación.

Dichas IE se caracterizan porque todavía son pocos los estudiantes que vinculan a las experiencias educativas STEM+H, en muchos casos no presentan alianzas con otras entidades y algunos docentes y directivos docentes tienen formación en dicho campo. Muchas de estas instituciones no tienen actividades extracurriculares asociadas como los semilleros de investigación y las ferias de la ciencia, sino que vinculan las experiencias STEM+H de manera directa con los procesos de aula.

IE categorizadas en el modelo de implementación de inmersión parcial: se caracterizan porque se alejan de las formas más tradicionales. Estas IE se vinculan con la integración del aprendizaje basado en problemas/proyectos en el currículo regular, cuentan con espacios para que los estudiantes participen en la resolución de problemas con contenido integrado, relacionan la instrucción interdisciplinaria en las actividades, hay planeación de contenidos STEM+H para cada grado y hacen énfasis en la creación de productos concretos.

Articulan actividades en colaboración con socios comerciales e industriales locales, con mentores y promotores de STEM/STEAM, con instituciones de educación superior y con los padres de familia. El aprendizaje se potencia con la integración de contenido STEM+H como parte del plan de estudios de la IE, se experimenta de forma transversal al currículo con criterios de la interdisciplinariedad y la transdisciplinariedad.

Además, presentan un número significativo de estudiantes vinculados a las experiencias formativas STEM+H que se llevan a cabo tanto de forma extracurricular como dentro de la jornada escolar y, cuentan con docentes y directivos docentes formados en dicho campo y tienen alianzas interinstitucionales.

IE categorizadas en el modelo de implementación de inmersión total: en este modelo de implementación, la educación STEM+H determina el currículo escolar. En estas IE se observa un ambiente de aprendizaje del siglo XXI para todos los grados escolares. El aprendizaje basado en proyectos/problemas es el enfoque que orienta el plan de estudio y la enseñanza, y los estudiantes trabajan colaborativamente para resolver problemas de su entorno. Además, toda la institución educativa tiene el enfoque de educación STEM+H, evidente en la misión y visión global en la que participa todo el personal (docentes, administrativos, directivos, proyectos especiales). Las lecciones son planeadas y alineadas en todos los grados de manera integrada, con complejidad y rigor progresivo de naturaleza constructivista.

Se brinda a los estudiantes la posibilidad de participar en actividades que derivan en la solución de problemas y el diseño de productos concretos; hay colaboración con empresas, mentores, promotores de STEM+H e instituciones de educación superior en las que se incluyen múltiples actividades que integran a los padres de familia. El número de estudiantes vinculados

en las experiencias es muy alto, y los docentes y directivos docentes tienen formación en este campo.

Modelos STEM+H y media técnica

Se aprecia que las instituciones que están en inmersión parcial y total tienen, en su mayoría, media técnica. Por su parte, de las instituciones que están en nivel introductorio un 7% no tiene media técnica, y en nivel exploratorio, un 3% tampoco la tiene (Tabla 4).

Tabla 4. IE por modelo de implementación STEM+H y media técnica

Modelo de implementación	# IE	%	Media técnica			
			Tiene		No tiene	
No tiene STEM	81	38,2%	51	24,06%	30	14,2%
Explorador	44	20,8%	37	17,45%	7	3,3%
Introductorio	58	27,4%	43	20,28%	15	7,1%
Inmersión parcial	14	6,6%	14	6,60%	0	0,0%
Inmersión total	15	7,1%	12	5,66%	3	1,4%
Totales	212	100,00%	157	74%	55	25,9%

Fuente: Elaboración propia

La mayoría de las IE encuestadas ofrecen media técnica (74.1%), sobre esto se observa que el mayor porcentaje de las instituciones que no la ofrecen (25.9%), tampoco tienen algún acercamiento a la educación STEM+H (14, 2%), tal como se observa en las figuras 18 y 19.

Adicionalmente, de acuerdo con los nodos a los que pertenecen las instituciones que tienen media técnica, existen algunas tendencias. Es así como de las instituciones que están en inmersión total e inmersión parcial, la mayoría pertenecen al Nodo TIC, posiblemente porque en la ciudad se ha hecho un esfuerzo en los últimos años por mejorar la infraestructura y formar a los docentes para el uso pedagógico de las TIC desde la Secretaría de Educación de Medellín; esto ofrece a las IE de la ciudad la posibilidad

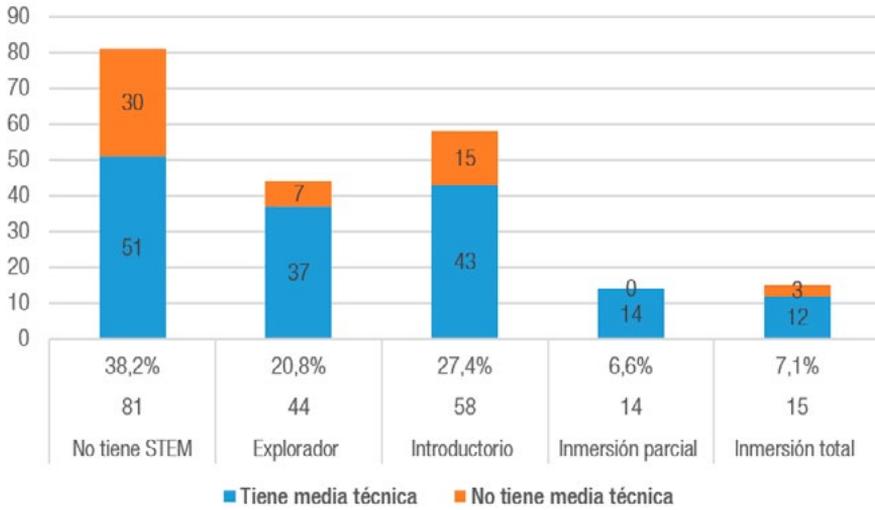


Figura 18. Número de IE por modelo de implementación STEM+H y media técnica

Fuente: Elaboración propia

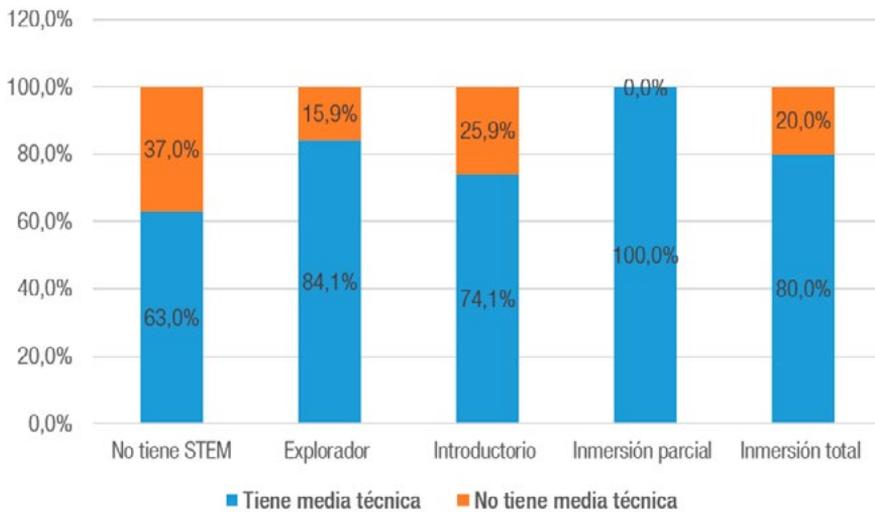


Figura 19. Porcentaje de IE por modelo de implementación STEM+H y media técnica

Fuente: Elaboración propia

de potenciar el Nodo TIC desde la integración curricular y la implementación de estrategias STEM+H. Este es, además, el nodo que mayor número de instituciones educativas tiene vinculadas.

Por su parte, de las instituciones que se encuentran en el nivel explorador e introductorio una buena parte pertenece al Nodo Servicios-Comercio, lo que posiblemente pueda relacionarse con el hecho que ambas disciplinas se relacionan poco con las áreas de las ciencias, la ingeniería y el arte.

Formación de los docentes y directivos docentes vs. STEM+H

En cuanto a la formación en educación STEM/STEAM, se aprecia que la mayoría de instituciones educativas manifiestan no haber recibido esta formación; tan solo el 38,1% de ellas reconoce que sus docentes y directivos docentes cuentan con formación en educación STEM/STEAM. Este dato concuerda con los resultados encontrados frente a la categorización de las IE de acuerdo con los modelos de implementación STEM+H, donde se encuentra que aproximadamente el 25% de las instituciones educativas de la ciudad realizan actividades correspondientes con el modelo de inmersión total. Se observa, entonces, que la mayoría de los docentes formados en educación STEM/STEAM se encuentran en estas IE (figura 20).

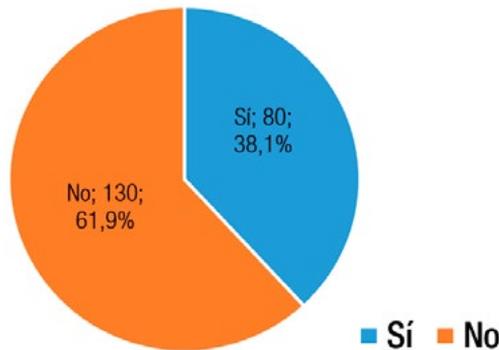


Figura 20. Docentes y directivos docentes formados en educación STEM/STEAM

Fuente: Elaboración propia

Adicionalmente, un 23% de estas instituciones manifiestan que la formación recibida en STEM/STEAM proviene de MOVA, un 20% afirma que la formación proviene de Parque Explora y un 18,4% de la Secretaría de Educación de Medellín (figura 21).

De otro lado, organizaciones como I3NET, IUNGO Education, y World Tech Makers no fueron seleccionadas como instituciones formadoras en educación STEM/STEAM por ningún participante.

Cuando se analiza el número de docentes y directivos docentes formados en educación STEM/STEAM, se evidencia que, de acuerdo con el modelo, existe una tendencia a un número mayor de docentes y directivos docentes formados. Así, las instituciones que se encuentran en inmersión parcial e inmersión total tienen en promedio entre 13 y 15 maestros formados; además, tienen en promedio dos directivos con esta misma formación. Mientras que, en el modelo explorador, tan solo dos maestros en promedio tienen formación, y en el nivel introductorio cerca de siete maestros cuentan con ella.

Además, existe una clara diferencia con la formación de las instituciones que no tienen acercamientos a los modelos STEM+H en las que menos de un docente, en promedio, tiene este tipo de formación (figura 22).

Esta información concuerda, a su vez, con las necesidades que presentaron las IE para la implementación de la educación STEM+H, en las que en primer lugar se plantea la formación docente. De otro lado, si bien se evidencia que las instituciones educativas reciben formación desde diferentes instituciones y organizaciones, se observa, por modelo, algunas diferencias leves. En la Tabla 5, se presentan las principales organizaciones de las que las IE participan de la formación en educación STEM/STEAM de acuerdo con su modelo de implementación STEM/STEAM.

Actividades STEM+H por modelo de implementación

De acuerdo con el modelo de implementación STEM/STEAM se observan diferencias relativas relacionadas con la cantidad de actividades STEM+H que se ejecutan en las IE. El número de IE que realizan actividades con instituciones u organizaciones externas está entre el 61% y 77% sin muchas diferencias entre los modelos.

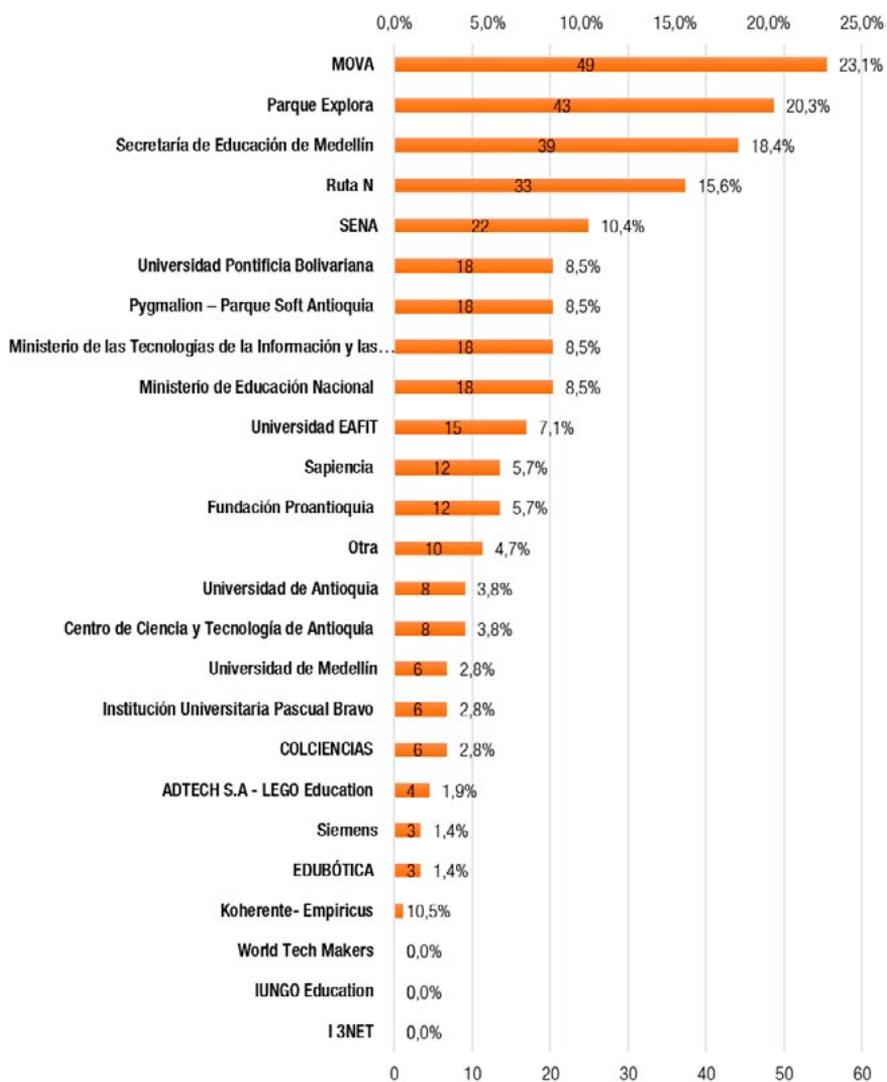


Figura 21. Instituciones que ofrecen formación en educación STEM/STEAM a las IE

Fuente: Elaboración propia

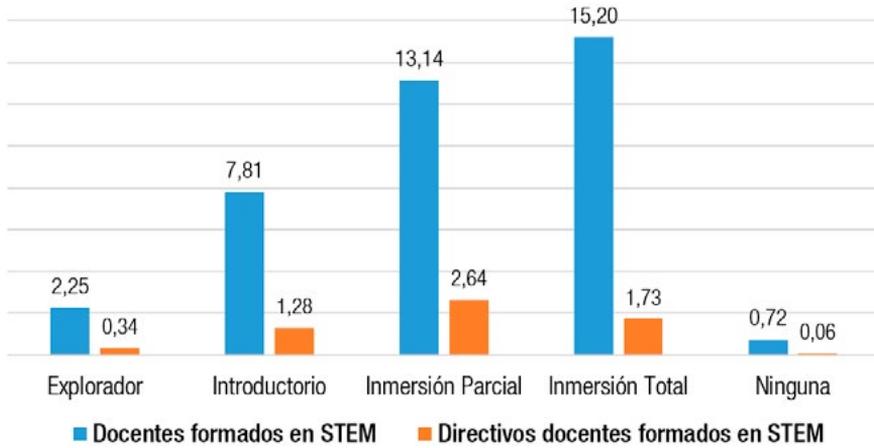


Figura 22. Docentes y directivos docentes formados en educación STEM/STEAM por modelo de implementación

Fuente: Elaboración propia

Tabla 5. Instituciones formadoras en educación STEM/STEAM de acuerdo con los modelos de implementación.

Modelo	Instituciones formadoras
Explorador	MOVA Parque Explora Pygmalion-Parque Soft Antioquia
Introdutorio	MOVA Parque Explora Secretaría de Educación de Medellín
Inmersión parcial	Parque Explora Ruta N MOVA
Inmersión total	MOVA Secretaría de Educación de Medellín Parque Explora

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 6. Actividades STEM+H por Modelo de implementación

Valores	Explorador	Introductorio	Inmersión parcial	Inmersión total	Ninguna
Actividades ejecutadas por instituciones externas	61,4% / 27	77,6% / 45	71,4% / 10	73,3% / 11	61,7% / 50
Club de robótica, electrónica, programación	29,5% / 13	29,3% / 17	21,4% / 3	53,3% / 8	21,0% / 17
Club/semillero de investigación	18,2% / 8	32,8% / 19	21,4% / 3	33,3% / 5	7,4% / 6
Competencias escolares en áreas STEM	18,2% / 8	19,0% / 11	42,9% / 6	20,0% / 3	2,5% / 2
Eventos institucionales relacionados con áreas STEM	13,6% / 6	22,4% / 13	57,1% / 8	40,0% / 6	4,9% / 4
Ferías CT+I	47,7% / 21	48,3% / 28	42,9% / 6	53,3% / 8	17,3% / 14
Ferías de la ciencia	63,6% / 28	77,6% / 45	64,3% / 9	80,0% / 12	53,1% / 43
Proyectos de investigación	43,2% / 19	50,0% / 29	57,1% / 8	46,7% / 7	14,8% / 12
Semilleros	25,0% / 11	34,5% / 20	21,4% / 3	53,3% / 8	14,8% / 12
Talleres en jornada complementaria relacionados con áreas STEM	25,0% / 11	24,1% / 14	35,7% / 5	20,0% / 3	4,9% / 4
Otra	11,4% / 5	13,8% / 8	0,0% / 0	26,7% / 4	21,0% / 17

Fuente: Elaboración propia.

Nota: se presenta primero el porcentaje y luego el número de IE

Los clubes de robótica, electrónica y programación son más frecuentes entre las instituciones de inmersión total en comparación con las demás; los clubes o semilleros de investigación, por su parte, son más frecuentes entre las instituciones de inmersión total y las instituciones del nivel introductorio.

Ahora bien, las competencias escolares en áreas STEM+H, se evidencian mayoritariamente en las instituciones con modelo de inmersión parcial al igual que los eventos institucionales relacionados con áreas STEM+H.

Las ferias de la ciencia tienen una participación alta indistintamente del modelo, sin embargo, las ferias CT+I tienen mayor incidencia entre las instituciones con modelo de inmersión total; claramente es una participación muy baja en instituciones que no cuentan con ningún modelo. Por su parte, los proyectos de investigación son más frecuentes en las instituciones con modelo de inmersión parcial, mientras que los semilleros lo son en las instituciones con inmersión total. De otro lado, los talleres en jornada complementaria relacionadas con áreas de STEM+H son poco frecuentes en el general de las IE, aunque en un porcentaje diferenciado para las instituciones de inmersión parcial.

Estrategias didácticas vs. modelos de implementación STEM/STEAM

De acuerdo con las estrategias didácticas, se aprecia que, indistintamente del modelo, las estrategias de *Aprendizaje basado en problemas* y *Aprendizaje basado en proyectos* aparecen en una proporción de entre el 18% y 35% de las instituciones en cada grupo. Sin embargo, en el modelo exploratorio la estrategia de *Aprendizaje basado en problemas* es el más frecuente (35%), mientras que esta proporción se reduce para el modelo de inmersión total en el que el protagonista es el *Aprendizaje basado en proyectos* (23,7%) (figuras 23 y 24).

De otro lado, aunque con proporciones más bajas, se evidencia que los modelos de inmersión parcial y total tienen más altos porcentajes de participación en estrategias como *Design Thinking* y diseño de ingeniería, mientras que el grupo de instituciones que no están en ningún modelo tampoco usan este tipo de estrategias didácticas. Además, un porcentaje cercano al 20% de este grupo no implementa ninguna de las estrategias.

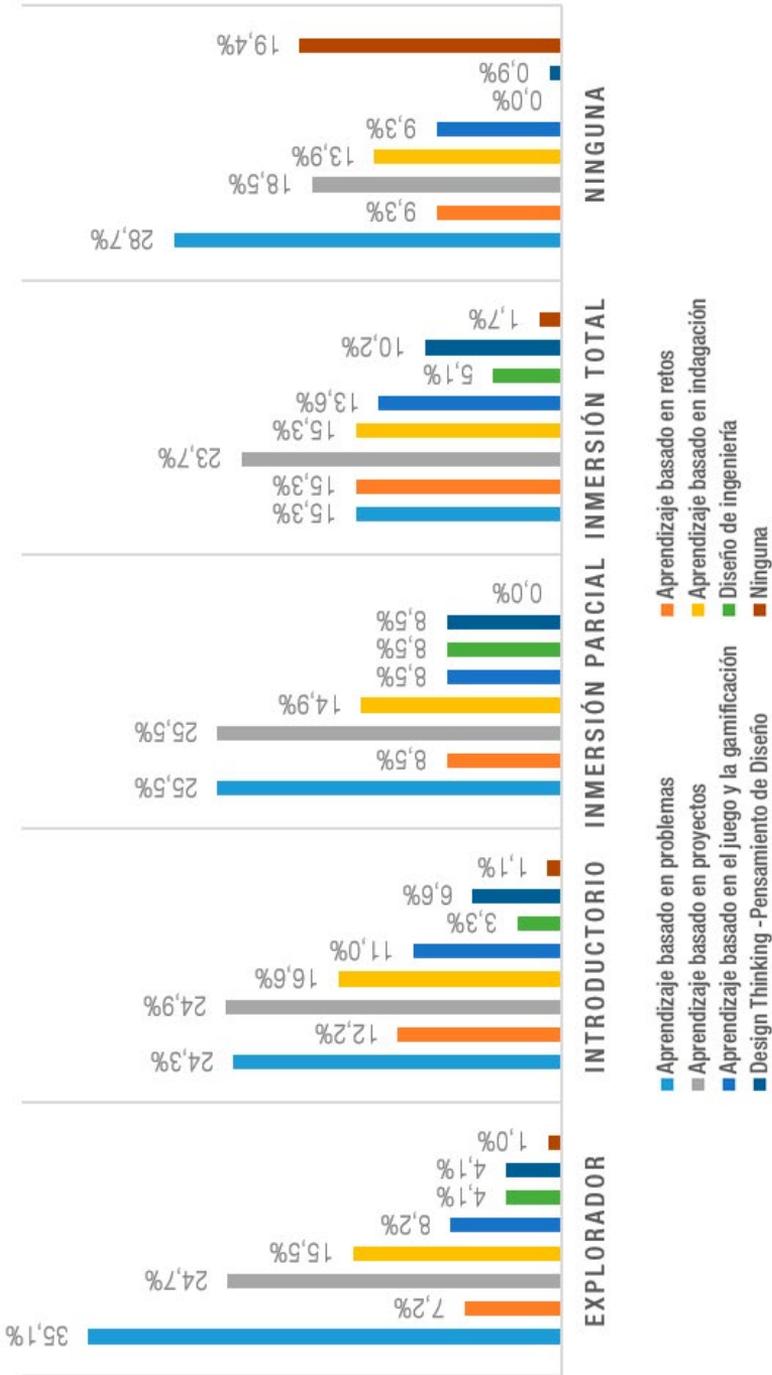


Figura 23. Estrategias didácticas por modelos de implementación STEM/STEAM

Fuente: Elaboración propia

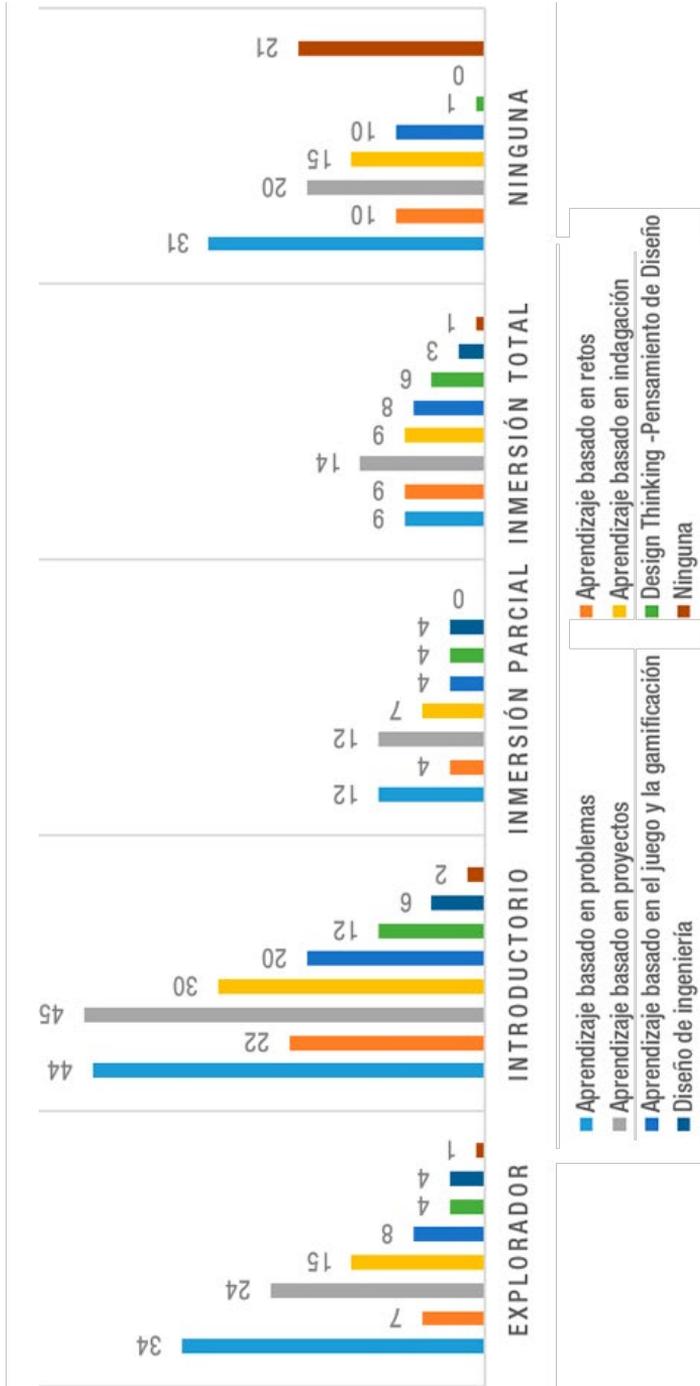


Figura 24. Estrategias didácticas por Modelos de implementación STEM/STEAM-NÚMERO DE IE

Fuente: Elaboración propia

Se observa que indistintamente de los modelos de implementación STEM/STEAM en las que se categorizaron las IE de la ciudad, se utilizan estrategias didácticas relacionadas; es decir, en Medellín se desarrollan prácticas pedagógicas desde el enfoque de la integración de áreas hacia la solución de problemas del mundo real o de desafíos de ingeniería; con la investigación, el trabajo centrado en el estudiante, la colaboración y la utilización de lo aprendido con la realización de productos o procesos.

Instituciones aliadas

Se aprecia que el 51,4% de las instituciones encuestadas manifiestan que realizan actividades STEM+H con organizaciones aliadas, mientras que el 48,6% no lo hacen. Al respecto, cabe mencionar que la Secretaría de Educación de Medellín ha consolidado alianzas derivadas de los Nodos para la Pertinencia Educativa a fin de fortalecer la educación por sectores económicos o clústeres de la ciudad, en aras de aunar esfuerzos entre instituciones del sector público y privado (figura 25).

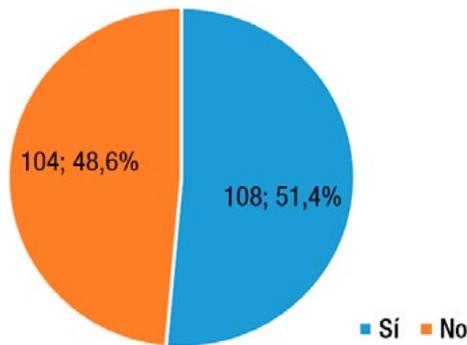


Figura 25. IE que realizan actividades STEM+H con instituciones aliadas

Fuente: Elaboración propia

Como se observa a continuación, la totalidad de las instituciones educativas que se encuentran categorizadas en el modelo de implementación STEM/STEAM de inmersión parcial, trabajan en conjunto con instituciones aliadas. La gran mayoría de las que se encuentran en el modelo de implementación de inmersión total, también cuentan con estas alianzas,

al igual que las que se hayan en el modelo de implementación explorador e introductorio, pero en menor medida (un 70% aproximadamente en ambas). Aquellas que afirmaron no implementar actividades STEM/STEAM, muestran una mínima participación en actividades relacionadas con instituciones aliadas (figura 26).

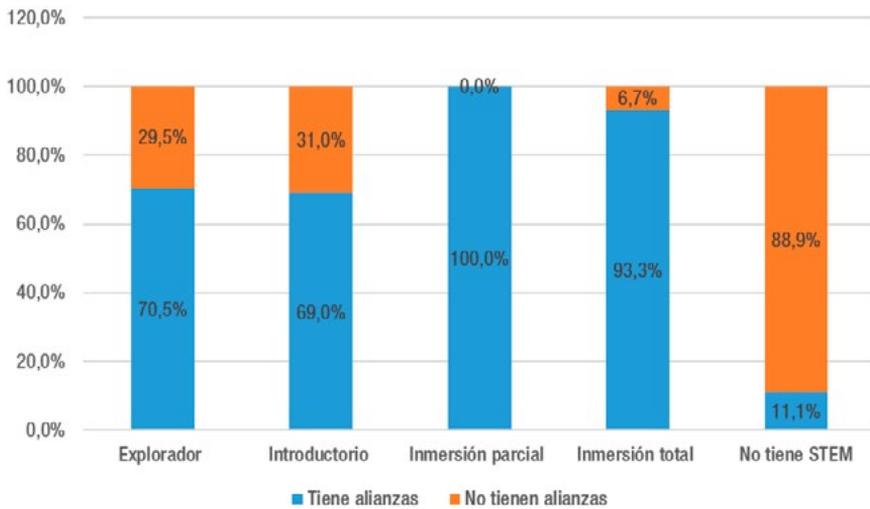


Figura 26. IE que realizan actividades STEM+H con instituciones aliadas por modelo de inmersión

Fuente: Elaboración propia

Los programas e iniciativas aliadas que convergen con la Secretaría en los esfuerzos para impulsar la educación STEM+H en la ciudad son: MOVA, Educación Complementaria, el Vivero del *Software* por intermedio del programa Alianza Futuro Digital; y las organizaciones e instituciones: Parque Explora, MinCiencias, Ministerio de Educación, Ministerio de Tecnologías de la Información y la Comunicación, Ruta N, Universidad Pontificia Bolivariana, Universidad de Antioquia, Universidad de Medellín, Universidad EAFIT, Institución Universitaria Pascual Bravo, SENA y algunas empresas privadas. Todos ellos aportan principalmente en el financiamiento, capacitación del personal docente, ofrecimiento de infraestructura y captación del talento humano.

Adicionalmente, dentro de las actividades de educación STEM+H de la ciudad, en las cuales han participado estudiantes, la actividad más frecuente es la capacitación en manejo de TIC por parte del Ministerio de Educación Nacional, seguido de las ferias CT+I. Por su parte, como se observa en la figura 27, las actividades que menos participación reportan entre las instituciones educativas son los experimentos 4+ (1,9%), experimentos 8+ (1,9%) y el programa pre-estructurado multi-matemático Colciencias (1,9%).

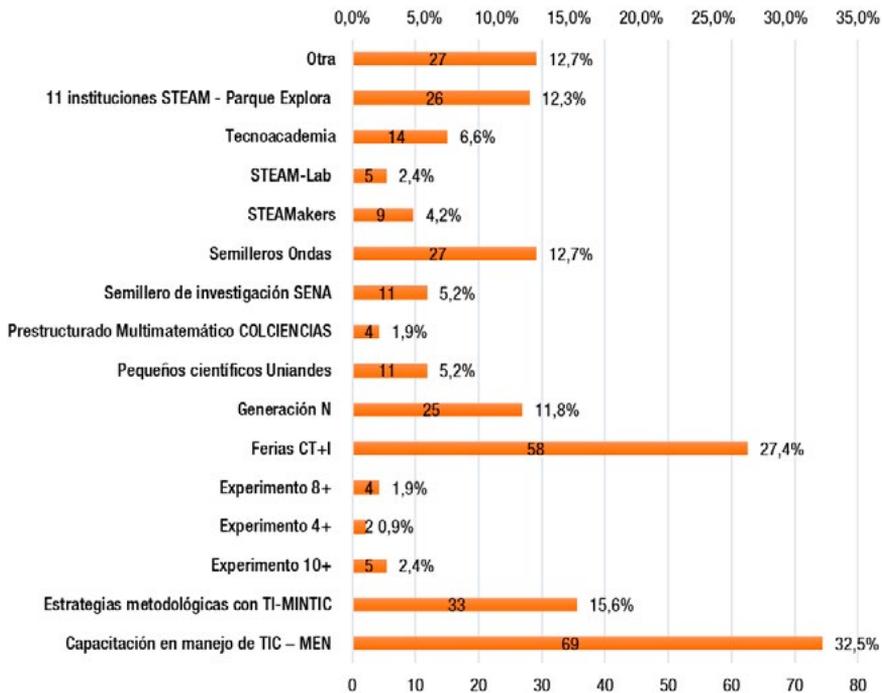


Figura 27. Actividades STEM+H en las que participan las IE

Alianzas con otras instituciones vs. modelos de implementación STEM/STEAM

A este respecto, se observa que las instituciones que no cuentan con ningún modelo de implementación STEM/STEAM, en su gran mayoría tampoco construyen alianzas interinstitucionales. Por su parte, un porcentaje entre

40% y 42% de aquellas que se encuentran en los modelos introductorios, de inmersión parcial y de inmersión total tienen constituidas alianzas para la realización de experiencias STEM+H (figura 28).

Por su parte, la proporción de instituciones del modelo exploratorio que tienen alianzas constituidas son tan solo el 25%, mientras que el restante 75% no cuenta con ellas (figura 29).

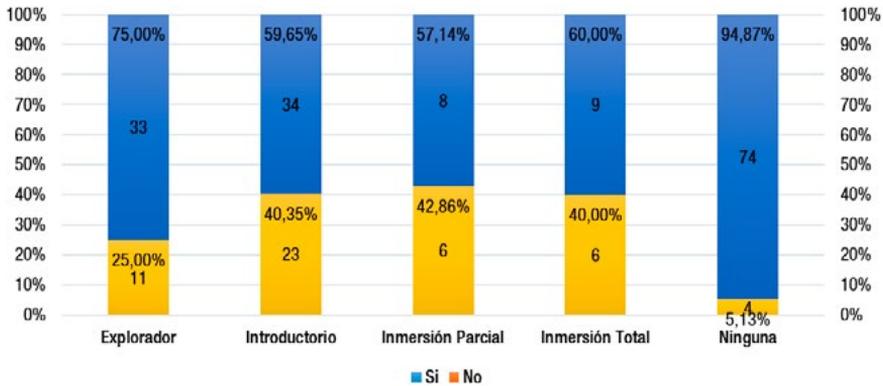


Figura 28. Alianzas por modelo de implementación STEM/STEAM

Fuente: Elaboración propia

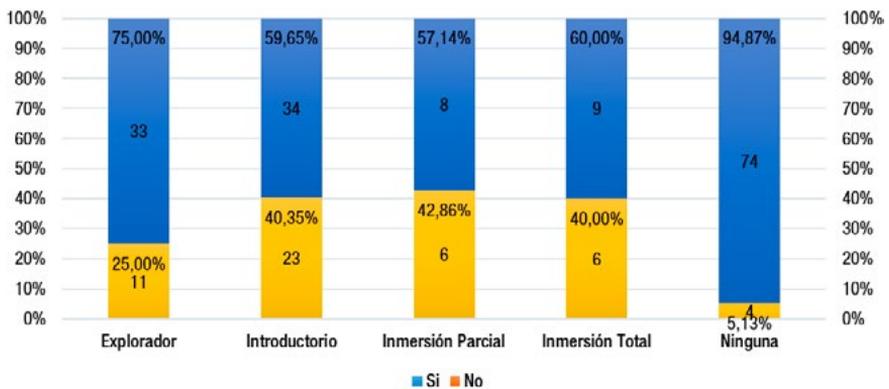


Figura 29. IE por vigencia de alianzas con otras instituciones

Fuente: Elaboración propia

Adicionalmente, en la mayoría de los casos en que existe la alianza, esta se encuentra actualmente vigente. Entre las instituciones de inmersión parcial e inmersión total solo una institución de cada grupo manifestó tener alianzas con vigencias mayores a tres años y cinco años; lo que hace pensar que estas alianzas son, en su mayoría, recientes y se concretan a medida que la estrategia Nodos para el Aprendizaje se consolida en la ciudad.

Finalmente, el 24% de las instituciones educativas ha realizado alianzas interinstitucionales con experiencias STEM+H, lo que les permite consolidar una mejor cualificación de cara a las necesidades del contexto actual de la ciudad.

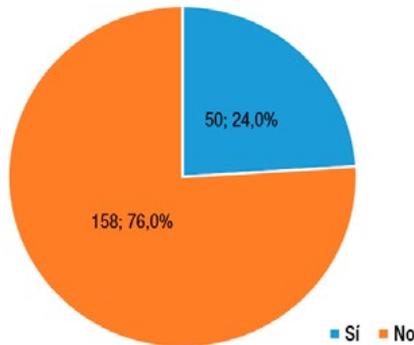


Figura 30. IE que han tenido alianzas interinstitucionales para realizar experiencias STEM+H

Fuente: Elaboración propia

Necesidades didácticas y pedagógicas vs. modelos de implementación STEM/STEAM

Con relación a las necesidades que las instituciones educativas manifiestan con mayor frecuencia para la inclusión de la educación STEM+H se encuentran, en primer lugar, la formación de maestros con un 77,8%, respuesta que concuerda con la poca cantidad de docentes que están formados en educación STEM/STEAM en la ciudad. La dotación de equipos (mobiliario y *hardware*) se encuentra en segundo lugar con el 66,5%, seguido por, materiales y suministros con el 65,6%, salidas de campo con el 61,8%, financiación con el 58%, laboratorios con el 57,1%, alianzas con empresas e industrias con el 57,1%, acceso a internet con el 52,4% y salas de infor-

mática con el 46,7%. En menor medida, aunque con un porcentaje alto, ya que todas las necesidades presentan altos porcentajes, se ubicaron las capacidades institucionales para la gestión de proyectos con un 42% y los talleres con el 44,8%.

Como se observa, son grandes las necesidades que las IE plantean para la implementación de la educación STEM+H en la ciudad, que están en consonancia con la categorización de las instituciones de acuerdo con los modelos de implementación propuestos por Arizona STEM Networking *et al.* (2017), con esto se vislumbra que con mayores esfuerzos en términos de recursos y formación docente, se puede proyectar una tendencia más fuerte hacia la educación STEM+H (figura 31).

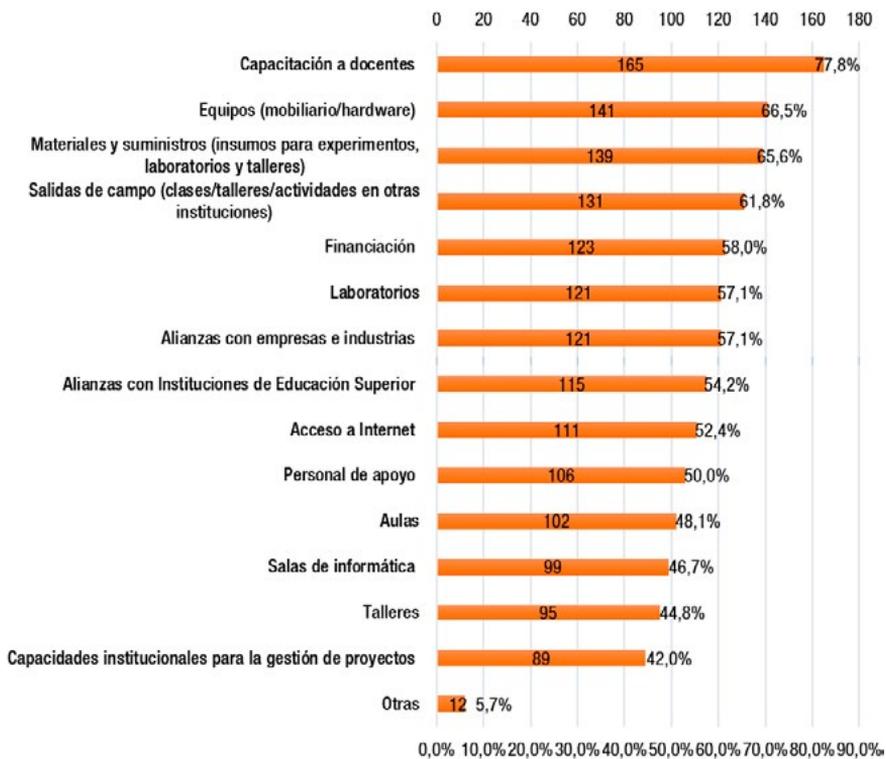


Figura 31. Necesidades didácticas y pedagógicas para implementar actividades STEM+H

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 7 se presentan las necesidades didácticas y pedagógicas de las instituciones educativas para la implementación del enfoque STEM, de acuerdo con el modelo de inmersión en el que se encuentran ubicadas.

En cuanto a las necesidades didácticas, se evidencia que las instituciones que se encuentran en modelo exploratorio e introductorio manifiestan tener en mayor medida necesidades en equipos (mobiliario y *hardware*) (72.7% y 70.7% respectivamente) y en capacitación a docentes (77.3% y 75.9% respectivamente). Por su parte, las instituciones del modelo de inmersión parcial destacaron como primera necesidad la financiación (78,6%), seguida de la capacitación a maestros (71,4 %). Finalmente, las instituciones de inmersión total concentraron sus necesidades en materiales y suministros (80%) seguido de financiación (73,3%).

Distribución territorial por modelo de implementación STEM/STEAM

De acuerdo con el modelo de implementación STEM/STEAM en que se encuentran, se advierte que las instituciones del modelo exploratorio están mayoritariamente en la comuna 7³, las instituciones del modelo introductorio están mayoritariamente en las comunas 3 y 7. La Tabla 8 presenta la distribución por comuna y por modelo de implementación del total de las IE participantes.

Las instituciones de inmersión parcial, por su parte, se encuentran distribuidas entre las comunas sin que existan grandes diferencias en su cantidad; y las del modelo de inmersión total se encuentran en las comunas, 3, 5 y 60 principalmente.

Fase II: Resultados cualitativos de la investigación

A continuación, se presenta una síntesis de la sistematización de experiencias significativas STEM+H de 39 instituciones educativas clasificadas en los cuatro modelos de implementación de este enfoque educativo:

- Modelo de implementación exploratorio.
- Modelo de implementación introductorio.

³ El municipio de Medellín se divide en comunas, en total son 16, esta denominación tiene una función de ubicación de los barrios.

Tabla 7. Necesidades didácticas y pedagógicas por modelo de implementación STEM/STEAM

Necesidades	Explorador	Introductorio	Inmersión parcial	Inmersión total	Ninguna
Acceso a internet	63,6% / 28	55,2% / 32	42,9% / 6	53,3% / 8	45,7% / 37
Alianzas con empresas e industrias	56,8% / 25	62,1% / 36	57,1% / 8	53,3% / 8	54,3% / 44
Alianzas con instituciones de educación superior	52,3% / 23	56,9% / 33	42,9% / 6	40,0% / 6	58,0% / 47
Aulas	52,3% / 23	34,5% / 20	64,3% / 9	40,0% / 6	54,3% / 44
Capacidades institucionales para la gestión de proyectos	29,5% / 13	51,7% / 30	35,7% / 5	20,0% / 3	46,9% / 38
Equipos (mobiliario/hardware)	77,3% / 34	75,9% / 44	71,4% / 10	60,0% / 9	84,0% / 68
Financiación	72,7% / 32	70,7% / 41	57,1% / 8	60,0% / 9	63,0% / 51
Laboratorios	50,0% / 22	56,9% / 33	78,6% / 11	73,3% / 11	56,8% / 46
Materiales y suministros (insumos para experimentos, laboratorios y talleres)	54,5% / 24	51,7% / 30	64,3% / 9	60,0% / 9	60,5% / 49
Personal de apoyo.	50,0% / 22	69,0% / 40	57,1% / 8	80,0% / 12	70,4% / 57
Salas de informática.	34,1% / 15	46,6% / 27	35,7% / 5	60,0% / 9	61,7% / 50
Capacitación a docentes	52,3% / 23	41,4% / 24	64,3% / 9	33,3% / 5	46,9% / 38
Salidas de campo (clases/talleres/ actividades en otras instituciones)	52,3% / 23	67,2% / 39	57,1% / 8	60,0% / 9	64,2% / 52
Talleres	40,9% / 18	43,1% / 25	42,9% / 6	46,7% / 7	48,1% / 39
Otras	4,5% / 2	6,9% / 4	7,1% / 1	13,3% / 2	3,7% / 3

Fuente: Elaboración propia.

Nota: se presenta primero el porcentaje y luego el número de IE.

Tabla 8. Distribución territorial por modelo de implementación STEM/STEAM

Comuna	Explorador	Introdutorio	Inmersión parcial	Inmersión total	Ninguna	Total general
1	3	3	1	-	5	12
2	3	2	-	-	6	11
3	2	6	1	3	5	17
4	4	4	2	-	6	16
5	4	4	1	3	7	19
6	5	4	1	-	5	15
7	6	6	-	2	6	20
8	4	2	1	-	5	12
9	2	3	2	1	4	12
10	1	2	1	-	3	7
11	-	1	-	1	1	3
12	1	3	1	-	4	9
13	2	2	-	-	5	9
14	-	2	-	-	-	2
15		4	1		1	6
16	2	5		1	1	9
50					2	2
60	3	2	1	3	3	12
70					4	4
80	1	2	1	1	6	11
90	1	1			2	4
Total	44	58	14	15	81	212

Fuente: Elaboración propia.

- Modelo de inmersión parcial.
- Modelo de inmersión total.

Esto significa que las instituciones se encuentran en diversos niveles de adopción y apropiación de este enfoque; algunas con prácticas, programas o proyectos más concretos de STEM/STEAM como se evidencia en el primero de ellos que trabaja fuertemente con los programas de media técnica; otras como las IE que se encuentran en el segundo modelo, que, aunque como las anteriores, tienen experiencias afines, integran en mayor medida diversas áreas y grados, a la familia de los estudiantes y hasta la comunidad en los proyectos; las IE que se clasifican en el tercer nivel se ven permeadas o trabajan fuertemente en el fortalecimiento por una cultura de la investigación escolar; y por último, las IE del cuarto nivel incorporan en sus documentos rectores y planes institucionales el enfoque que transversaliza sus prácticas.

De manera general, las experiencias que se presentan a continuación integran con mucha frecuencia las siguientes áreas en las prácticas, programas o proyectos STEM+H de las IE: tecnología, artística, matemáticas y ciencias naturales. Así mismo, las estrategias didácticas más trabajadas son el *Aprendizaje basado en problemas* y el *Aprendizaje basado en proyectos*, aunque es frecuente el uso de la indagación o investigación, el *Aprendizaje basado en retos*, el *Aprendizaje basado en juego*, el *Pensamiento de diseño y de ingeniería*.

La mayoría de las experiencias manifiestan tener un componente fuertemente humanista en el que, además de formar en competencias del siglo XXI con el enfoque STEM, prepara a los estudiantes para un futuro laboral, fortalecen las competencias para la vida cotidiana, pues se mejoran las relaciones y vínculos entre los alumnos, las instituciones, sus pares, sus familias, la comunidad, el entorno y el medio ambiente.

Experiencias en el modelo de implementación exploratorio

En las nueve experiencias que se presentan de este modelo se integran diversas áreas de conocimiento: educación física, ética, física, ingeniería, lógica, mecánica, robótica, ebanistería, etc. En dos IE trabajan con las áreas de lengua castellana o inglés; en tres de ellas con emprendimiento; en cuatro

con artística o con ciencias naturales; y en ocho de las nueve instituciones educativas se integran las matemáticas o la tecnología e informática.

Las IE que se encuentran en la fase exploratoria del modelo tienen en promedio 1.539 alumnos; por plantel entre 64 y 3.643 estudiantes. Solo una de las instituciones tiene oferta académica desde primero de primaria; las demás ofrecen sus servicios educativos desde transición; y todas lo hacen hasta el grado undécimo. Aunque la mayoría de ellas solo trabaja el modelo con los estudiantes que se encuentran en la media técnica o académica, solo dos de ellas tienen propuestas con este enfoque en los primeros grados de la básica primaria.

Es una constante el uso de estrategias didácticas como el *Aprendizaje basado en problemas*, *Aprendizaje basado en proyectos*, Aprendizaje basado en juegos, entre otras. Algunas IE cuentan con el apoyo de otras instituciones para los procesos formativos como el Politécnico Colombiano Jaime Isaza Cadavid, Ruta N, el Parque Explora o el SENA. Como resultado de las experiencias, se evidencian competencias sociales en los estudiantes, especialmente las comunicativas, necesarias para el trabajo en equipo, el diálogo, la toma de decisiones grupales, etc., y la repercusión de estas en su entorno cercano, académico, social y en su futuro laboral o profesional (tabla 9).

Experiencias en el modelo de implementación introductorio

Sobre las diez experiencias que se presentan en el modelo de implementación introductorio, solo una menciona que integra todas las áreas establecidas por la ley; las demás, de acuerdo con los proyectos que tienen activos, integran algunas de las siguientes: artística, ciencias naturales, emprendimiento, español, filosofía, física, humanidades, ingeniería, inglés, lengua castellana, matemáticas, media técnica, sociales, tecnología e informática. De estas, las más comunes son matemáticas, artística, tecnología y ciencias naturales.

Las IE del estudio que pertenecen a este modelo tienen en promedio 1.778 alumnos, entre 605 y 3.177 estudiantes por plantel. Todas las instituciones ofrecen sus servicios educativos desde transición hasta el grado undécimo, y dos de ellas no ofrecen el programa de media técnica. La implementación del modelo no se hace en los mismos grados, una lo hace

Tabla 9. Experiencias STEM+H de las IE en el modelo de implementación exploratorio

IE	Ubicación	Nombre	Síntesis de la experiencia
Antonio Derka	Barrio Santo Domingo Savio	Potabilizador de agua lluvia a partir de la energía solar	<p>El proyecto recibe capacitación, asistencia técnica y acompañamiento de Ruta N y de Parque Explora bajo la estrategia didáctica <i>Aprendizaje basado en problemas</i>. Se realiza una sensibilización hacia el trabajo en equipo, la integración de las áreas y la posibilidad de construir en conjunto soluciones a las problemáticas que enfrentan los estudiantes en su cotidianidad.</p> <p>La experiencia contribuye a alejar a los estudiantes de las dinámicas negativas de su entorno y una proyección en relación con sus proyectos de vida, generalmente hacia vocaciones académicas, con las que ven la posibilidad de servir a su comunidad y cambiar su entorno desde el liderazgo y la conciencia ambiental.</p>
Barrio San Nicolás	Barrio Aranjuez	Proyectos anuales de la media técnica en desarrollo de <i>software</i>	<p>Los estudiantes detectaron las talentos académicas más comunes de compañeros en grados inferiores y, a partir de sus conocimientos y habilidades en lenguajes de programación y diseño como Scratch y Java, elaboraron proyectos de ciencias naturales (relacionados con el sistema solar), de lengua castellana (de la comprensión lectora como preparación para las pruebas Saber) y de matemáticas (para el aprendizaje de las operaciones básicas).</p> <p>El componente humano del enfoque se hace evidente en el trabajo en equipo, en que los estudiantes invierten su tiempo libre en la búsqueda de conocimiento y adquieren habilidades para ingresar al mercado laboral o para seguir con sus estudios en un nivel superior.</p>

Continúa

IE	Ubicación	Nombre	Síntesis de la experiencia
José Celestino Mutis	Barrio Villa Hermosa	Colombian Innovation Program	<p>Se capacita a un grupo de estudiantes de programas de media técnica, con el apoyo de colegios privados y empresas, bajo la tutoría de docentes para que sean autónomos en la toma de decisiones, para la formulación y ejecución de un proyecto de robótica, por medio de <i>Aprendizaje basado en proyectos</i>, <i>Aprendizaje basado en problemas</i> y el <i>Diseño de ingeniería</i>, finalmente participan en una competencia en Estados Unidos, en la que los estudiantes se valen por sí solos, toman decisiones y trabajan en equipo bajo presión.</p> <p>El proyecto brinda una experiencia internacional en la que se promueve la aplicación de conocimientos en contexto, el desarrollo de habilidades para la ciudadanía, la colaboración, la interacción y la inclusión.</p>
José María Bernal	Barrio Belén Las Playas	Pedaleando y cargando	<p>Los estudiantes de décimo, involucrando varias áreas del saber y por medio del <i>Aprendizaje basado en problemas</i> produjeron energía para cargar sus celulares pedaleando en bicicletas estáticas, a las que no se les estaba dando uso.</p> <p>La experiencia concientiza sobre el cuidado del ambiente a través de la implementación de tecnologías limpias y del ahorro de energía. Se evidencia el compañerismo, trabajo en equipo y compromiso de maestros y estudiantes, a través de la formación de seres íntegros, familiarizados con la investigación y el desarrollo de la sociedad.</p>
Kennedy	Barrio Kennedy	Creación de contenidos digitales	<p>La experiencia se lleva a cabo en jornada extracurricular, es liderada por un docente de la IE acompañado de un mentor del SENA. Se utilizan las estrategias didácticas <i>Aprendizaje basado en proyectos</i> y <i>Aprendizaje basado en TIC</i>. Los estudiantes aprendieron sobre la creación de contenidos educativos para abordar temáticas en todas las áreas, para primaria y secundaria. A partir de una indagación, los estudiantes plantearon un anteproyecto, definieron un objetivo de aprendizaje y diseñaron propuestas por medio de sus conocimientos en desarrollo de <i>software</i> y diseño gráfico.</p> <p>La experiencia propende por el desarrollo de las competencias ciudadanas y el mejoramiento del aprendizaje de los estudiantes que presentan dificultades para el desarrollo de competencias y logros académicos.</p>

Continúa

IE	Ubicación	Nombre	Síntesis de la experiencia
María de los Ángeles Cano Márquez	Barrio Granital	Mesa de matemáticas	<p>La IE conformó la Mesa de Matemáticas y se designó un aula taller "Matemáticas Galileo Galilei". Este se constituyó como un proyecto especial institucional, naciente de un convenio anterior (Proyecto Galileo Galilei con la Universidad Nacional de Colombia). La Mesa se articuló con el programa de media técnica en ebanistería, en la que los estudiantes crearon material didáctico como tangrams y geoplanos, a través de guías de estudio de <i>Aprendizaje basado en problemas</i> y de proyectos basados en <i>Diseño de Ingeniería</i> y de Aprendizaje basado en juegos.</p> <p>Este proyecto promueve la comprensión de las matemáticas en relación con las demás áreas. Desarrolla el pensamiento racional, numérico, geométrico y se busca la transformación del entorno local. A través de la página web de la IE, la comunidad tiene acceso a recursos para el aprendizaje de las matemáticas y los padres de familia pueden seguir el proceso académico de sus hijos.</p>
Reino de Bélgica	Barrio María Cano o Carambolas	Proyectos de media técnica en diseño e integración de multimedia	<p>La experiencia fue liderada por un docente de la IE acompañado por un mentor del SENA, con el apoyo de la Alianza Futuro Digital Medellín y, de acuerdo a las necesidades de los proyectos, vincula docentes de otras áreas.</p> <p>A partir de la investigación, se realiza el diseño de una aplicación o página web con diferentes programas como Photoshop, Dreamweaver y Premier, se realiza edición de audio y video, uso de imágenes, colores, vectores y la creación de logos. Los estudiantes han creado juegos de entretenimiento y juegos educativos, aplicaciones y páginas web para públicos o intereses diversos.</p> <p>La experiencia prepara a los estudiantes para el mundo laboral y les permite el contacto de con la educación superior como posibilidad para continuar con su formación.</p>

Continúa

IE	Ubicación	Nombre	Síntesis de la experiencia
República de Uruguay	Barrio Alfonso López	Club Ciu007	<p>El proyecto se centra en la formación de competencias investigativas críticas para problematizar situaciones del entorno escolar y social desde una mirada interdisciplinaria que se realiza mediante las estrategias didácticas <i>Aprendizaje basado en problemas y Aprendizaje basado en proyectos</i>. Las actividades son extracurriculares, por lo que la participación es voluntaria.</p> <p>Se empoderará a los estudiantes para que lideren procesos investigativos en la IE, buscando mejorar sus métodos de aprendizaje y la calidad de vida de la comunidad educativa.</p>
San José Obrero	Vereda la Florida, Corregimiento de San Cristóbal	Medidas	<p>El proyecto tiene como propósito que los estudiantes comprendan los conceptos de espacio, medida y distancia de manera creativa, a través de la integración de algunas áreas. Por medio del Aprendizaje basado en juego y del <i>Aprendizaje basado en problemas</i>, propusieron actividades en equipos que les implicaban hacer experimentación, desarrollo de talleres y creación de prototipos.</p> <p>En equipo, los estudiantes trabajan en resolución de conflictos y por la inclusión, mejoran su actitud, comportamiento, convivencia y respetan la opinión del otro, lo que deriva en la reducción del llamado y citaciones a los padres de familia. Han aprendido que hay un conducto regular tanto en la IE como en la cotidianidad.</p>

Fuente: Elaboración propia a partir de las experiencias recogidas del modelo exploratorio.

solo en básica primaria, cuatro de ellas en media técnica y las demás en todos los niveles educativos.

El uso de estrategias didácticas para el aprendizaje como el *Aprendizaje basado en problemas* y el *Aprendizaje basado en proyectos*, la investigación y el desarrollo de *software*, es una constante en casi todos los proyectos. Algunas IE cuentan con el apoyo de otras instituciones como el Politécnico Colombiano Jaime Isaza Cadavid, el SENA, el Vivero del *Software*, la Fundación Marina Orth y el Parque Explora. Como resultado, se evidencia la formación en competencias diversas para la vida cotidiana y del siglo XXI para el acceso a oportunidades laborales, en habilidades para el trabajo en equipo y colaborativo, el cuidado del medio ambiente, etc.; además hay participación de la familia y de la comunidad, lo que impacta en el entorno próximo de la IE y de los estudiantes (tabla 10).

Experiencias en el modelo de inmersión parcial

De las once experiencias recogidas del modelo de inmersión parcial, la mayoría trabaja con la totalidad de las áreas, por medio de la investigación escolar, y evidencian la integración de áreas del conocimiento como: artística, ciencias naturales, ciencias políticas, ciencias sociales, emprendimiento, ética, filosofía, humanidades, inglés, lengua castellana, matemáticas, media técnica, *software* y tecnología e informática. Sin embargo, solo dos manifiestan de manera particular integrar el área de ciencias naturales y de tecnología e informática, en una, y en la otra, además del área de tecnología e informática, todas aquellas que sean necesarias según la naturaleza de los proyectos.

Las instituciones que se clasifican en este modelo tienen en promedio 1.645 alumnos y entre 930 y 2.408 estudiantes por plantel. Solo dos de las IE ofrecen escolaridad desde el grado de primero de primaria, las demás lo hacen desde transición y todas hasta el grado undécimo. La mayoría trabaja con todos los niveles educativos, sin embargo, una de ellas resalta una experiencia que tiene con el grado octavo, otra la de los grados sexto y séptimo, otra las que tienen desde la básica secundaria y dos las realizan con la media técnica.

Es una constante en estas experiencias el uso de estrategias didácticas como el *Aprendizaje basado en problemas*, *Aprendizaje basado en proyectos*

Tabla 10. Experiencias STEM+H de las IE en el modelo de implementación introductorio

IE	Ubicación	Nombre	Síntesis de la experiencia
Ciudadela Nuevo Occidente	Barrio La Aurora	Hacia un nuevo occidente de la investigación	<p>Los proyectos asociados a esta experiencia están integrados al currículo y a las unidades de aprendizaje, se realizan en el aula con bitácoras para el seguimiento, articulan diversas áreas con la estrategia didáctica <i>Aprendizaje basado en problemas</i>.</p> <p>Tienen un enfoque de investigación social, abordan problemáticas del contexto y buscan sensibilizar y fomentar el mejoramiento de las relaciones humanas, temáticas que proceden de las inquietudes de los estudiantes.</p> <p>El comité de investigación escolar está conformado por cinco docentes de las áreas de ciencias naturales y lenguaje, quienes elaboran un cronograma anual que incluye la formación docente y la participación en ferias de la ciencia. Algunos de los estudiantes son seleccionados para hacer parte de los semilleros de investigación institucionales.</p>
Cristo Rey	Barrio Cristo Rey	Mi vehículo solar sobre el agua, una aventura llena de retos	<p>Este proyecto consiste en la construcción de un prototipo de carro impulsado por energía solar, para el cual se realiza investigación utilizando el <i>Aprendizaje basado en proyectos</i> y <i>Aprendizaje basado en retos</i>. Esto fomenta el trabajo en equipo, el desarrollo de habilidades del siglo XXI como la toma de decisiones, el pensamiento crítico y la resolución de problemas. Además, acerca a los estudiantes a la tecnología, al uso de energías alternativas que contribuyen al cuidado del medio ambiente y al mejoramiento de la calidad de vida de todos.</p> <p>La experiencia, que se convierte en la semilla para iniciar el semillero de robótica, es desarrollada dentro y fuera de jornada escolar. El seguimiento del proceso se realiza a través de bitácoras y el producto final es valorado por jurados externos.</p>

Continúa

IE	Ubicación	Nombre	Síntesis de la experiencia
Dhamarca	Barrio Francisco Antonio Zea	Investigando comprendo mi mundo	<p>A través de esta experiencia se generan proyectos transversales en todos los grados, especialmente en media técnica. Estos surgen del interés de los estudiantes o de las necesidades que observan en su entorno académico, social o familiar, como el proyecto Pensamientos Matemáticos.</p> <p>Para el proceso se utiliza el Aprendizaje por proyectos, el <i>Aprendizaje basado en problemas</i>, el <i>Aprendizaje basado en indagación</i> y se promueve el uso de las TIC, esto con el acompañamiento de los docentes y el apoyo del Parque Explora.</p> <p>Se ha obtenido una mayor calidad de los proyectos en la feria institucional y la participación en la Feria Local CT+I. La experiencia mejora la calidad de vida en el entorno escolar y la participación en eventos de ciudad; además, permite la interacción, la colaboración y el desarrollo de la competencia comunicativa de los estudiantes.</p>
Félix de Bedout Moreno	Barrio Tejero	Media Técnica en Desarrollo de <i>Software</i>	<p>Esta experiencia utiliza las estrategias didácticas <i>Aprendizaje basado en retos</i> y <i>Aprendizaje basado en proyectos</i>, para la formación, en jornada contraria a la escolar de los estudiantes de la media técnica, en convenio con el Politécnico Colombiano Jaime Isaza Cadavid.</p> <p>Los alumnos identifican problemas en su entorno académico y en su espacio social para generar soluciones con el uso de <i>software</i>, aplicaciones y videojuegos. Esto busca mejorar el aprendizaje en los diferentes grados escolares que ofrece la institución y vincular la educación básica con la superior, para ofrecer más oportunidades de profesionalización a los estudiantes en el campo tecnológico.</p>

Continúa

IE	Ubicación	Nombre	Síntesis de la experiencia
Gilberto Alzate Avendaño	Barrio Aranjuez	Desarrollo de <i>Software</i>	<p>La experiencia se realiza en el programa de media técnica en Desarrollo de <i>software</i> con el Politécnico Colombiano Jaime Isaza Cadavid para la formación de estudiantes en lenguaje de programación, diseño y manejo de herramientas ofimáticas y de cómputo. Aunque este proceso se hace en contra jornada, las actividades están ligadas al plan de estudio de la IE.</p> <p>Este proceso desarrolla competencias para la vida, genera posibilidades para ingresar al mercado laboral o para continuar en la educación superior, busca transformar los entornos, mejorar la calidad educativa de la IE a través de la mediación tecnológica, dar solución a las necesidades que surgen en la escuela y mejorar del nivel académico en las pruebas oficiales del Estado.</p>
Javier Londoño Sevilla	Barrio Sevilla	Diseño e integración de la multimedia	<p>Esta experiencia se inscribe en el programa de media técnica en Diseño e integración multimedia, que pretende fortalecer el desarrollo artístico, creativo y tecnológico. Implementa la estrategia didáctica <i>Aprendizaje basado en proyectos</i>, para la creación de guiones, la realización de <i>storyboards</i> y la grabación de narraciones.</p> <p>A partir de un proceso investigativo se produce una pieza multimedia, los estudiantes construyen historias con diferentes técnicas, por medio de las cuales muestran su entorno escolar y social.</p> <p>La mayoría de las actividades se desarrollan en la jornada académica, hacen parte del plan de estudios de la institución y se complementan con salidas de campo. Se busca la transformación del entorno social y académico a través del desarrollo de competencias básicas para la vida, ciudadanas y laborales.</p>

Continúa

IE	Ubicación	Nombre	Síntesis de la experiencia
Monseñor Víctor Wiedemann	Corregimiento San Antonio de Prado	Tejiendo sueños y recuperando autoestima	<p>La experiencia se inscribe en el programa de media técnica en Diseño de modas, que es compartido con otras IE para mayor integración social. Cuenta con el acompañamiento del SENA.</p> <p>En el marco de las necesidades del sector textil del corregimiento, se motiva a los estudiantes a ser empresarios y a continuar con su formación profesional, además, vincula a los padres de familia en el desarrollo del proyecto quienes incluso permiten que utilicen sus talleres y máquinas.</p> <p>Luego de una selección, en la que los estudiantes muestran sus capacidades en dibujo y matemáticas, entre otras áreas, y, mediante el <i>Aprendizaje basado en problemas</i> y una metodología vivencial basada en proyectos, se plantean preguntas, estrategias y soluciones a los problemas que encuentran con productos concretos que desarrollan habilidades para inferir, interpretar, deducir y argumentar, e interés por el conocimiento y la autonomía.</p>
San Antonio de Prado	Sector Parque, Corregimiento San Antonio de Prado	Restauración de la IE	<p>El proyecto se realiza en primaria y en el área de ciencias naturales para el cuidado del medio ambiente. A través de la investigación, el trabajo colaborativo y el reciclaje como un recurso del proyecto, abordan problemáticas sociales del corregimiento y propenden por la cultura ciudadana y el respeto a la diversidad.</p> <p>Así, fortalecen las competencias para la vida, comunicativas, tecnológicas, orales e investigativas, el trabajo en equipo, la construcción del conocimiento y la visión de lo que los estudiantes quieren para su futuro. Además, logran la integración de los estudiantes, los padres de familia y la comunidad.</p> <p>La institución cuenta con otras experiencias como la feria empresarial, el proyecto audiovisual y el periódico escolar, que se llevan a cabo mediante actividades extracurriculares, semilleros y ferias que incorporan la estrategia didáctica <i>Aprendizaje basado en problemas</i>.</p>

Continúa

IE	Ubicación	Nombre	Síntesis de la experiencia
Santa Juana de Lestonnac	Barrio Pedregal	Robótica Santa Juana	<p>La experiencia de formación en robótica se viene implementando en jornada complementaria con el acompañamiento de la Fundación Marina Orth. A partir de la incorporación de dispositivos tecnológicos en las aulas, y tras observar el buen desempeño de las estudiantes se creó un grupo de robótica y un grupo de investigación y programación con Arduinos en los que utilizan las estrategias didácticas <i>Aprendizaje basado en retos</i> y <i>Aprendizaje basado en proyectos</i> e integran las áreas de matemáticas y física a partir del juego.</p> <p>El componente de humanidades del enfoque STEAM permite la mediación en la IE y el desarrollo de competencias comunicativas y argumentativas por parte de las estudiantes, ambas fundamentales para la resolución de conflictos y para contribuir al mejoramiento de la calidad de vida de los participantes.</p>
Sebastián de Belalcázar	Barrio Belalcázar	Fomentando la investigación	<p>El proyecto ambiental ha dado como resultado la Feria de la Ciencia y la Creatividad en la IE, donde participan todos los grados y varias áreas del conocimiento a través del <i>Aprendizaje basado en problemas</i>. Con ello, surge de la necesidad de incorporar la investigación a los procesos de aprendizaje.</p> <p>Los proyectos responden a los intereses de los estudiantes y a la identificación de problemáticas en el ámbito escolar. Estos adquieren competencias comunicativas y para la vida diaria que les permiten participar en la feria de la ciencia institucional y en las ferias CT+I locales y de ciudad.</p> <p>Esta experiencia contribuye a que los estudiantes desarrollen habilidades creativas e investigativas, a la transformación de los espacios de aprendizaje y al mejoramiento de la calidad educativa de la institución.</p>

Fuente: Elaboración propia a partir de las experiencias recogidas del modelo introductorio.

y Aprendizaje por competencias, una de ellas incluso tiene su propia metodología (C3).

Algunas IE cuentan con el apoyo de otras instituciones como el Politécnico Colombiano Jaime Isaza Cadavid, el SENA, Ruta N, la Universidad de Antioquia, el Parque Explora o el Columbus School. Como resultado, se evidencia la formación de competencias ciudadanas, el trabajo colaborativo y en equipo, la lectura del contexto y la reflexión sobre sus problemáticas, el cuidado del medio ambiente, el respeto por los demás, etc. esto repercute en su entorno y en su futuro laboral.

Experiencias en el modelo de inmersión total

En las nueve experiencias que se presentan en este modelo, la mayoría de las instituciones integran todas las áreas establecidas por la ley, aunque algunas hacen ciertas claridades: una de ellas integra todas las áreas en primaria, pero en los grados décimo y undécimo se concentra en ciencias naturales, inglés y tecnología y en algunos temas en ciencias sociales y humanidades. Otra aclara que, además de las estipuladas por la ley, también trabaja las áreas de las modalidades de educación diversificada. La última solo menciona las áreas de ciencias, matemáticas, español, artística, tecnología y estadística, con la investigación como área transversal.

Las instituciones que se encuentran clasificadas en el modelo de inmersión total tienen en promedio 1.674 alumnos, con entre 444 y 4.200 estudiantes por plantel. Dos de las IE comienzan a ofrecer sus servicios educativos desde el sexto grado; las demás lo hacen desde transición hasta el grado undécimo, de las cuales, dos no ofrecen media técnica. La mayoría de las IE trabajan este modelo con los estudiantes de todos los grados, aunque su implementación se hace de manera diferencial en cada uno (tabla 11).

Es una constante en estas experiencias el uso de estrategias didácticas como el *Aprendizaje basado en problemas*, *Aprendizaje basado en proyectos* y la investigación escolar. Algunas IE cuentan con el apoyo de otras instituciones como el SENA, la Institución Universitaria Pascual Bravo, Ruta N, la Alcaldía de Medellín, UNE, EPM, Parque Explora, MOVA, Microempresas de Colombia, la Fundación Concreto, la Fundación Yamaha y de programas como Mentorías Educativas de Proantioquia, Todos a Aprender del MEN y Ondas de MinCiencias.

Tabla 11. Experiencias STEM+H de las IE en el modelo de inmersión parcial

IE	Ubicación	Nombre	Síntesis de la experiencia
Diego Echavarría Misas	Barrio Florencia	Piensa, crea y transforma tu mundo	<p>En el rediseño curricular de la IE se integra este proyecto a los planes de estudio de todos los grados. La experiencia se centra en el desarrollo del pensamiento algorítmico, de habilidades tecnológicas y de competencias para la vida, potenciando la creatividad de futuros estudiantes técnicos, y orientada a que continúen en la educación superior o que tengan mayores oportunidades laborales.</p> <p>Se implementan actividades para la resolución de problemas por medio del pensamiento algorítmico y la apropiación de conceptos tecnológicos. Los estudiantes crean diagramas de flujo, objetos tecnológicos comestibles, maquetas, juguetes y estructuras utilizando diversos materiales, además, exploran herramientas y recursos tecnológicos como Schoology y Google Classroom.</p>
Fe y Alegría Luis Amigó	Barrio Moravia	Investigación escolar como estrategia didáctica	<p>A partir de una evaluación institucional se opta por la investigación escolar como eje transversal del currículo. La integración curricular incluye cuatro nodos en los planes de área (natural, artístico, social y humanidades) y la organización de las fases del proceso de investigación de acuerdo con los periodos académicos. En una experiencia anterior, instituciones como la Universidad de Antioquia, el Parque Explora y el Columbus School aportaron a la IE la formación, y, en algunos casos, recursos económicos.</p> <p>La experiencia involucra el ser y el desarrollo de habilidades en diversas áreas del saber y aplicables en la cotidianidad de su entorno académico, social y escolar.</p>

Continúa

IE	Ubicación	Nombre	Síntesis de la experiencia
Fe y Alegría Popular 1	Barrio Popular 1	Feria de la Ciencia, Tecnología y Emprendimiento	<p>En la experiencia se implementa el aprendizaje basado en: problemas, proyectos y en diseño, la investigación escolar y la construcción de preguntas problematizadoras. En la búsqueda de mejorar el desempeño académico y en las pruebas de Estado, esta experiencia promueve el trabajo colaborativo y entre pares, la confianza para expresar ideas y argumentarlas en público e involucra a toda la comunidad educativa, con el acompañamiento del SENA.</p> <p>En la feria escolar se presentan los proyectos que buscan crear soluciones para el plantel educativo. En esta, los estudiantes de la media técnica son los más creativos, calificados y pertinentes para la institución y su entorno, logrando que algunas propuestas hayan participado en la Feria Tecnológica del SENA.</p>
Federico Ozanam	Barrio Buenos Aires	La investigación en el aula a través de la universalidad del conocimiento	<p>Es una experiencia de investigación escolar que contribuye a la formación de futuros profesionales, en la cual, el docente de cada área implicada es el mentor y acompaña las propuestas con el trabajo por proyectos y el pensamiento de diseño para un aprendizaje contextualizado.</p> <p>El proceso inicia con talleres de ideación que se consolidan en proyectos de investigación, en los que participan todos los estudiantes de la IE y son estos quienes eligen 60 proyectos que van a la feria del conocimiento de la IE, en la que se premian el primero, segundo y tercer lugar de cada categoría: 1) preescolar y primero, 2) segundo a quinto, 3) sexto a octavo, y 4) noveno a undécimo.</p>

Continúa

IE	Ubicación	Nombre	Síntesis de la experiencia
Gabriel García Márquez	Barrio Caicedo	Sana que sana, experiencia colaborativa hacia el conocimiento a partir de mapas conceptuales	<p>La experiencia utiliza el <i>Aprendizaje basado en proyectos</i>, es transversal al currículo e incentiva la investigación, el trabajo colaborativo y el uso de herramientas TIC. Promueve la recuperación de saberes ancestrales por medio de la indagación en libros y en internet sobre enfermedades que pueden curarse con remedios caseros y con entrevistas a quienes les puedan informar sobre remedios caseros y propiedades de las plantas.</p> <p>En la experiencia los alumnos interactúan con estudiantes de otras IE (una de ellas queda en La Guajira y otra en el municipio de Rionegro- Antioquia) a través de wikis y otros recursos digitales.</p> <p>Se conforman equipos con roles específicos (líder, relator, comunicador y vigía del ítem-po) que crean colaborativamente: mapas conceptuales, campañas publicitarias, vídeos, imágenes, glosarios y recetarios que posteriormente pueden ser consultados por la comunidad.</p>
La Milagrosa	Barrio La Milagrosa	La 9 en multimedia	<p>Con el propósito manifiesto de los estudiantes, de construir la memoria del barrio y de la comuna 9, se realizan productos multimediales, bajo el formato de historias de vida con propuesta como: La calle como escenario de educación y conocimiento, Hóccicos callejeros, Héroes de barrio, Estrella roja y Artres.</p> <p>La formación es liderada por docentes de la IE y del SENA que incluyen talleres para contar historias con directores de cine, escritores, poetas y guionistas, hacen recorridos por la comuna y hablan con sus habitantes en busca de historias, arte y conocimiento.</p> <p>Los estudiantes reconocen a otros referentes jóvenes que luchan por un cambio y ven el lado positivo de la comuna, esto les permite evidenciar que la realidad de la calle no es sólo violencia y guerra, sino también de oportunidades a través del arte y el estudio.</p>

Continúa

IE	Ubicación	Nombre	Síntesis de la experiencia
La Salle de Cam-poamor	Barrio Campoamor, Guaya-bal	Metodología C3	<p>La institución determina una metodología propia de enseñanza denominada C3, en la que, a través de proyectos de integración curricular, los estudiantes desarrollan competencias que les permite conocer la aplicabilidad de los aprendizajes, el contexto y la reflexión sobre sus problemáticas, el trabajo en equipo, una cultura institucional de investigación y el amor por el conocimiento.</p> <p>Las clases, son interdisciplinarias y por proyectos, se orientan desde cada área en tres etapas: concientización, conceptualización y contextualización. Cada una es desarrollada en momentos de vivenciar y reflexionar, descubrir y visualizar, ensayar e integrar. El trabajo resulta más dinámico, lo que genera mayor motivación en los estudiantes. Tiene un enfoque humanista que promueve los proyectos de vida, una cultura de convivencia y desarrolla actividades que contribuyen a la inserción de los estudiantes en el mundo laboral y en la educación superior.</p> <p>La IE destaca proyectos en el área de tecnología (con soluciones a problemáticas del entorno), la feria de inglés (implica indagación y desarrollo de competencias comunicativas), el semillero de matemáticas, la simulación de creación de empresas, la identificación y análisis de problemas desde la lectura crítica y la lógica matemática.</p>

Continúa

IE	Ubicación	Nombre	Síntesis de la experiencia
Manuel J. Betancur	Barrio Los Salinas, Corregimiento San Antonio de Prado	Comprendiendo el mundo con uso de las TIC	<p>La institución incorpora la investigación escolar en las unidades de aprendizaje utilizando el <i>Aprendizaje basado en proyectos</i> con un enfoque por competencias. Estas actividades integran diversas áreas y temáticas, principalmente de corte social, se desarrollan en la jornada escolar y se presentan en la semana institucional.</p> <p>Los estudiantes crean unidades didácticas digitales con propuestas como: 1) un canal de videos de coyunturas que ha tenido la institución y el contexto cercano, 2) un canal de audio de historias de guerra y paz y sobre la vida del corregimiento San Antonio de Prado, y 3) un blog <i>Comprendiendo el mundo, jóvenes pensantes</i> en el que presentan su conocimiento sobre el país.</p> <p>Esto les permite construir una idea de territorialidad, pensar un proyecto de vida con contribución al territorio, comprometerse con el cuidado del medio ambiente, desarrollar competencias ciudadanas y ser líderes en su corregimiento. Además, logró la recuperación de espacios comunitarios con la vinculación de las familias.</p>
Nicanor Restrepo Santamaría o La Huerta	Robledo Miramar	De la huerta al alma	<p>El proyecto está integrado al plan de estudios, se desarrolla con el apoyo de Ruta N, el Parque Explora y las familias de los estudiantes. Cuenta con un cronograma semanal por área y guías para orientar el proceso. A partir de un trabajo interdisciplinar, con las estrategias didácticas <i>Aprendizaje basado en problemas</i> y <i>Aprendizaje basado en proyectos</i>, se integran las áreas de ciencias naturales y tecnología e informática, con los resultados de: una página de Facebook y un producto audiovisual.</p> <p>La experiencia recoge, a través de entrevistas, los saberes ancestrales sobre el uso de plantas medicinales, contribuye al vínculo entre los estudiantes y sus familias, principalmente con los abuelos, se fortalecen las competencias del siglo XXI, el trabajo en equipo, el cuidado del medio ambiente y el respeto por el otro.</p>

Continúa

IE	Ubicación	Nombre	Síntesis de la experiencia
San Agustín	Barrio Aranjuez o San Cayetano	Proyectos de investigación (ferias de la ciencia)	<p>La IE implementa proyectos de investigación escolar vinculados a las unidades de aprendizaje que inician con proyectos de aula y luego participan en la feria de la ciencia institucional y en la feria CT+I, entre otros, con proyectos de robótica educativa. Estos suelen abordar temáticas con enfoque social y la resolución de problemas de la vida cotidiana que parten del interés de los estudiantes.</p> <p>Promueven el trabajo en equipo y colaborativo, el respeto, la lectura de contexto, el desarrollo del pensamiento y de competencias para la vida, para lograr la transformación de la práctica pedagógica y mayor motivación por parte de los estudiantes y el apoyo de sus familias.</p>
San Juan Bautista de La Salle	Barrio La Salle	Desarrollo de software	<p>En alianza con el Politécnico Colombiano Jaime Isaza Cadavid, los proyectos de desarrollo de software se desarrollan bajo el enfoque de competencias, son transversales a todas las áreas y abordan temas diversos que tienen en cuenta las características del contexto al que se dirigen con el producto final.</p> <p>Esta experiencia les permite ser más ágiles y competentes en el uso de herramientas de programación de aplicaciones para Android, tener una mayor capacidad para resolver problemas, ser autónomos y, seguir formándose para el mundo laboral y la vida.</p>

Fuente: Elaboración propia a partir de las experiencias recogidas del modelo de inmersión parcial.

Como resultado, se evidencian competencias diversas para la vida cotidiana y laboral en los estudiantes, especialmente el trabajo en equipo y colaborativo, la lectura del contexto, la horizontalidad en las relaciones; además de la vinculación de la familia y de la comunidad en estas experiencias que repercuten en el entorno académico y social de los estudiantes (tabla 12).

Tabla 12. Experiencias STEM+H de las IE en el modelo de inmersión total

IE	Ubicación	Nombre	Síntesis de la experiencia
Ángela Restrepo Moreno	Barrio La Pradera, Corregimiento San Antonio de Prado	Proyectos de investigación	<p>Implementan la investigación escolar en todas las áreas del saber y han generado semilleros y actividades en jornadas complementarias para que los estudiantes comprendan la importancia de aprender a partir de sus intereses y contextos y de formar un proyecto de vida.</p> <p>Esto, a través de la competitividad, el cuidado del entorno, el respeto a la diversidad y la convivencia, lo que deriva en una mayor participación de los estudiantes en su proceso educativo y en la formación de líderes con pensamiento crítico.</p> <p>Con las estrategias didácticas <i>Aprendizaje basado en proyectos</i> y <i>Aprendizaje basado en retos</i> los estudiantes han realizado proyectos, como: Dejando Huellas, Matemáticas Cotidianas y Grupo Gnornon, que abordan problemáticas del entorno como: contaminación ambiental, recursos hídricos, comercio, salud, violencia y diversidad, y otros relacionadas con distintas áreas del saber. Se presentan en eventos internos como la feria de la pregunta y la muestra institucional y en otros locales.</p>

Continúa

IE	Ubicación	Nombre	Síntesis de la experiencia
Camilo Mora Carrasquilla	Barrio Robledo	Fuente clara	<p>La planeación de la IE por estrategias le permite consolidar actividades y proyectos que promueven la integración de áreas, la consolidación de las competencias escolares y para la vida, la transformación de prácticas pedagógicas, el fortalecimiento del grupo humano docente y directivo, el diálogo horizontal con los estudiantes, el trabajo colaborativo y la inclusión.</p> <p>Los docentes estrategias están a cargo cada uno de un componente (tecnológico, académico, comunitario y pedagógico) con dos columnas (respeto y producción académica), cuatro competencias (razonar, innovar, crear y solucionar) y dos áreas transversalizadoras (filosofía y emprendimiento).</p> <p>Con un estudio etnográfico se conoce el perfil de los estudiantes, sus necesidades, intereses, problemas y posibles soluciones, y a partir de este se elige un representante de grupo, un delegado académico, un delegado deportivo, un delegado sociocultural y un mediador, que, con procesos de liderazgo y apropiación de la IE han posibilitado el buen desarrollo de las gestiones.</p> <p>A partir de la experiencia se ha mejorado la convivencia escolar, el vínculo con los padres de familia y la comunidad, la proyección de la IE a la ciudad, la creación de emprendimientos y mayor motivación para el aprendizaje y el trabajo colaborativo de sus miembros.</p> <p>Se implementan proyectos de aula y de área con la incorporación de modelos flexibles para la inclusión de estudiantes con necesidades educativas diversas, de semilleros y actividades como clubes de robótica, proyectos de investigación y de emprendimiento, salidas pedagógicas, etc. Destacan, entre otros, proyectos como: Sembradores de paz y convivencia, Cambiando lo violento por talento, Construyendo familia Camilista para la reconversión social, y Cocina creativa.</p> <p>Esto ha sido posible por la alianza con diversas instituciones y entidades educativas y empresas como: la Institución Universitaria Pascual Bravo, el Parque Explora, MOVA, el programa Todos a Aprender del MEN, Microempresas de Colombia, Fundación Conconcreto y Fundación Yamaha.</p>

Continúa

IE	Ubicación	Nombre	Síntesis de la experiencia
Enrique Olaya Herrera	Barrio Manrique Oriental	Proyecto de comunicaciones	<p>Este proyecto diversifica el manejo de la información institucional por medio de la emisora, el periódico Ventana Mágica, la realización de vídeos, el uso de redes sociales, la página web institucional y un correo electrónico institucional.</p> <p>Se ha capacitado a los docentes en el uso de herramientas informáticas. Los documentos institucionales como diarios de campo, planeaciones y la evaluación pasaron a un formato digital, todo esto para mejorar la comunicación con la comunidad educativa y con los padres de familia.</p> <p>Con este proyecto se promueve la integración curricular de todas las áreas y el uso de las TIC. Además, cuenta con el apoyo del programa Mentorías Educativas de Proantioquia. Intercambian experiencias educativas con la IE Monseñor Víctor Wiedemann. La participación de los estudiantes es valorada en su desempeño escolar, evidencia una motivación de estos, una orientación vocacional y contribuye a sus proyectos de vida.</p>
INEM José Félix de Restrepo	Barrio Poblado	Festival matemático	<p>La formación técnica de los estudiantes para su inserción laboral ha sido la naturaleza de la IE desde sus inicios. A través de la integración curricular se desarrollan productos concretos y se establece colaboración con otras instituciones. En el proceso, se promueven las relaciones humanas; la diversidad, la inclusión, la disciplina, la responsabilidad el trabajo en equipo y la interdisciplinariedad.</p> <p>Esta experiencia particular surgió de la necesidad de mejorar los índices de aprobación en el área de matemáticas. En el Festival Matemático, con el lema "la cara alegre de las matemáticas" intervienen todos los proyectos de grado en su rama y especialidad: en 6° y 7° con la lúdica matemática, en 8° y 9° con funciones lineales y álgebra; en 10° y 11° se vincula con la salida ocupacional.</p>

Continúa

IE	Ubicación	Nombre	Síntesis de la experiencia
José Acevedo y Gómez	Barrio Guayabal	Estrategia metodológica ABP	<p>La IE ejecuta sus actividades basadas en los nodos humano, científico y técnico, e implementa la estrategia metodológica <i>Aprendizaje basado en proyectos</i> en todos los niveles educativos. Integra todas las áreas y, de manera transversal, tiene un proyecto de mediación escolar. Para el acompañamiento del proceso, los docentes de cada ciclo se reúnen diariamente y la comunidad de aprendizaje lo hace cada quince días.</p> <p>Los estudiantes de básica secundaria han desarrollado proyectos como: Mi entorno natural, Memoria Ancestral, Hábitos de vida saludable y Matarte de sensaciones. En ellos resaltan el enfoque humano, el trabajo en equipo, la equidad, la autonomía y el reconocimiento de los derechos humanos, así como la mediación y el interés por el contexto.</p>
Colegio Loyola para la Ciencia y la Innovación	Barrio Castilla	Investigación Escolar	<p>Para la IE la investigación escolar es el eje transversal de la formación de sus estudiantes, dirigida desde el Comité Científico de Revisión Institucional. En los grados 6° a 9° se realiza inducción y reconocimiento de las líneas de investigación para la propuesta, en 10° se desarrolla el anteproyecto y en 11° se realiza la ejecución. Cada proyecto se conforma por un equipo de estudiantes con roles definidos: líder, comunicaciones, utilero, vigía tiempo y relator.</p> <p>Los estudiantes reciben asesoría por proyectos, obtienen las bases metodológicas y realizan el análisis de sus contextos mediante el Seminario de Investigación. Esto se realiza con la estrategia <i>Aprendizaje basado en proyectos</i> que implica el trabajo colaborativo y la integración de áreas: ciencias naturales con problemáticas ambientales, ciencias sociales con impacto social, humanidades con competencias comunicativas, matemáticas con datos cuantitativos, educación física con sana convivencia, tecnología con las TIC y educación artística con la apreciación estética.</p> <p>Los proyectos participan en ferias locales, nacionales e internacionales con las temáticas de: nanotecnología, ingeniería, robótica y biotecnología.</p>

Continúa

IE	Ubicación	Nombre	Síntesis de la experiencia
Lustania Paz de Colombia	Barrio La Aurora, Corregimiento de San Cristóbal	Lustania's Journal	<p>El periódico escolar difunde las investigaciones de los alumnos de los grados décimo y undécimo en seis secciones (creencias y tradiciones, diversidad, innovación, política e ideología, entrevista y deportes). Las actividades se realizan en la jornada escolar y están integradas en las unidades de aprendizaje.</p> <p>El proyecto es liderado por las áreas de lengua castellana, inglés, filosofía, educación ética, tecnología e informática y educación artística, y cuenta con el apoyo de Ruta N, Alcaldía de Medellín, UNE y EPM.</p> <p>Con la estrategia didáctica <i>Aprendizaje basado en proyectos</i>, los estudiantes han indagado sobre culturas del mundo, creencias religiosas, género, gustos musicales, deporte y discriminación para establecer relaciones con la cultura colombiana. El trabajo ha requerido que los estudiantes realicen entrevistas a estudiantes, profesores, padres de familia y personas de la comunidad.</p> <p>Esta experiencia fortalece la autonomía, el trabajo en equipo, el cuidado del entorno, el reconocimiento propio y del otro, la creatividad, el uso de las TIC y el respeto por la diversidad. Además, promueve el desarrollo de las habilidades investigativas, comportamentales, comunicativas, técnicas y las competencias laborales.</p>

Continúa

IE	Ubicación	Nombre	Síntesis de la experiencia
Presbitero Antonio José Bernal Londoño SJ	Barrio Héctor Abad Gómez	Proyectos de grado	<p>La IE utiliza la estrategia didáctica <i>Aprendizaje basado en proyectos</i> y la investigación escolar, con el acompañamiento del Parque Explora. Cada período trabaja un nodo (comunicativo, social, técnico-científico) y al final se socializan los proyectos en una muestra institucional. Los docentes plantean un proyecto para cada grado según los intereses de los estudiantes (Transición: Festival de países; 1°: La naturaleza; 2°: Superhéroes ambientales; 3°: Los tesoros de mi ciudad; 4°: El fútbol es pasión; 5°: ¿Cuál es tu lugar en el universo?; 6°: Deporte y salud; 7°: Memorias e identidades en Colombia; 8°: Hábitos de vida saludable; 9°: El viaje como herramienta de indagación).</p> <p>Para el desarrollo de estos proyectos se cuenta con el seguimiento del comité de investigaciones, y se realizan trabajo en el aula, salidas pedagógicas, recorridos barriales y de ciudad. Los profesores llevan bitácoras o algunos usan blogs, con el propósito de publicar sus reflexiones pedagógicas.</p> <p>Se trabaja en equipo, de manera colaborativa, por comunidades académicas, esto implica un cambio en la mentalidad y motiva a los estudiantes a hacer lectura y transformación de sus contextos y también vincular a las familias. Esto genera mayor conciencia social y construcción de ciudadanía.</p>
Rafael Uribe Uribe	Barrio La América	Proyectos de investigación	<p>Este proyecto fomenta el desarrollo de competencias para la vida, el conocimiento en contexto, el reconocimiento de la ciudad, el trabajo colaborativo, la horizontalidad en las relaciones, la vinculación de los padres de familia y la transformación de las prácticas pedagógicas de los docentes.</p> <p>Varios docentes implementan sus prácticas de aula con la integración de otras áreas, guiados por el <i>Aprendizaje basado en proyectos</i>, la indagación, la resolución de problemas, los retos y la investigación y se apoyan en el uso de bitácoras para el registro de procesos y la creación de productos.</p> <p>Los estudiantes han realizado proyectos de investigación como: Sembrando semillas de ciencia para la vida o Tu basura es mi tesoro, que desarrollan en el marco de: proyectos de aula, la feria de la ciencia institucional, las ferias CT+I del Parque Explora y el programa Ondas de Coiencias.</p>

Fuente: Elaboración propia a partir de las experiencias recogidas del modelo de inmersión total.

Conclusiones

En la primera fase de la investigación, se encontró que las instituciones que tienen docentes formados en el enfoque STEM/STEAM presentan diferencias marcadas en relación con el modelo de implementación en el que se hallan clasificadas. Así, a mayor cantidad de docentes y directivos docentes formados, mayor es el nivel de inmersión en el modelo de implementación de la educación STEM+H.

Con relación a las actividades, se determina que con aquellas acciones ejecutadas por instituciones externas y clubes de robótica no parece existir diferencias en función del modelo de implementación, dado que estas actividades se realizan en la mayoría de las IE de la ciudad. Sin embargo, para las demás actividades como clubes o semilleros de investigación, ferias CT+I, ferias de la ciencia, proyectos de investigación, competencias escolares, eventos o talleres en relacionados con áreas STEM, se concluye que sí hay diferencias estadísticas que se relacionan con el modelo de implementación de STEM/STEAM en el que se categorizan las IE.

Así mismo, sobre las estrategias didácticas para el aprendizaje, se puede determinar que todas presentan diferencias significativas de acuerdo con el modelo de implementación, es decir, cada uno de estos modelos requiere de unas actividades que le son más apropiadas para su implementación.

También se encuentran diferencias de acuerdo con el modelo de implementación y respecto a las actividades realizadas con instituciones aliadas.

Lo anterior se observa en el porcentaje de IE que desarrollan actividades con apoyo de otras instituciones, dado que en aquellas que están en inmersión parcial y total el porcentaje es superior al 99%, mientras que en el nivel explorador e introductorio es cercano al 70%. En las instituciones que no están ubicadas en ningún modelo de implementación STEM/STEAM, estas actividades solo se realizan en un 11%.

En esta línea de ideas, se establece que los aliados más significativos en la implementación de STEM/STEAM son: ADTECH-Lego Education, Centro de Ciencia y Tecnología de Antioquia, Fundación Proantioquia, Institución Universitaria Pascual Bravo, Ministerio de Educación Nacional, Ministerio de las Tecnologías de la Información y las Comunicaciones, MOVA, Parque Explora, Pygmalion, Ruta N, Sapiencia, Secretaría de Educación de Medellín, SENA, Siemens, Universidad de Medellín, Universidad EAFIT y Universidad Pontificia Bolivariana.

En relación con la oferta de media técnica, se encuentran diferencias significativas, pues el porcentaje de instituciones educativas que implementan algún modelo STEM/STEAM con media técnica es superior al 74%, mientras que para los que no tienen ningún modelo es del 63% aproximadamente. Una explicación es que la mayoría de las IE en la ciudad ofrecen media técnica independiente de las actividades STEM+H que realicen.

En cuanto a la formación de docentes y directivo docentes, se establece que hay diferencias significativas por modelo de implementación. De hecho, tal como se mostró anteriormente, el número docentes promedio que tienen formación en STEM/STEAM es más alto conforme mayor inmersión presente el modelo de implementación. Además, en relación con el nivel de formación de los maestros y directivos del establecimiento, se aprecia que tan solo el número de docentes resultó significativamente relevante con relación al modelo de implementación del establecimiento.

Por otra parte, no hay evidencia para afirmar que exista tendencia a un modelo de implementación u otro, por estar, por ejemplo ubicadas en las mismas comuna. Se obtiene el mismo resultado con la variable de núcleo educativo.

Frente a las necesidades didácticas y pedagógicas para la implementación del enfoque STEM+H, se aprecia que no hay diferencias significativas en función de la existencia de media técnica o de que estén formados sus

directivos. Las diferencias se enmarcan en la necesidad de constituir alianzas con instituciones de educación superior y el acceso a la capacitación docente. Ahora bien, en relación con las estrategias didácticas de aprendizaje implementadas por los aliados, se evidencia que las estrategias indagadas son diferenciales de acuerdo con el modelo de implementación que tiene el establecimiento educativo.

Además, se comprueba la existencia de relaciones entre las áreas curriculares que se integran a las actividades STEM+H y los nodos a los que pertenecen. Allí, se encuentra que para el nodo de energía hay una relación con el área de educación artística (aunque puede ser espuria) además, en el nodo de Servicios-comercio se presenta una relación significativa en las áreas de humanidades y matemáticas y, a su vez en el nodo TIC se halla una relación con las áreas de educación física y tecnología e informática. Para los demás nodos no se evidencia relación con áreas específicas de conocimiento.

En la mayoría de las instituciones educativas de Medellín (61,8%) se tienen o han tenido experiencias educativas STEM+H y la totalidad de estas, implementa estrategias didácticas activas, enfocadas en el trabajo con áreas integradas, asumen la posibilidad de resolver problemas de la vida real a partir del aprendizaje situado, la colaboración y la aplicación de conocimiento en la realización de productos.

El trabajo interinstitucional, con organizaciones externas y con aliadas, es vital en la implementación de la educación STEM+H en la ciudad, factor que se ha consolidado por medio de la estrategia Nodos para el Aprendizaje que responde a la necesidad de articular los clústeres con las IE. Tal avance responde también a las características de los docentes de Medellín, a las fortalezas que esta presenta como ciudad, y a los recursos y herramientas con que cuenta.

En las instituciones se realizan gran cantidad de actividades que presentan una clara tendencia hacia los diferentes modelos de implementación STEM/STEAM; sin embargo, al comparar estas cifras con el número de IE que finalmente se categorizaron en dichos modelos, se presenta una inconsistencia en los datos. Esto se debe a que todavía no se relacionan muchas actividades realizadas por las instituciones con el concepto de STEM/STEAM, que se empieza a conocer en el medio, que

poco se entiende entre los docentes y que apenas comienza a permear la esfera de lo educativo en la ciudad.

En este sentido, se reconoce la necesidad de formación de los docentes de la ciudad en este enfoque, como lo expresaban las instituciones encuestadas, es decir, como una necesidad prioritaria y para continuar jalonando la educación STEM+H en la ciudad; cada vez más visible como foco de transformación educativa y, por qué no, social.

En la segunda fase de la investigación, en la que se sistematizan algunas experiencias significativas, se resaltan las características que tienen sus participantes y propuestas. En general, las prácticas, programas o proyectos que integran todos los modelos de implementación cuentan con trabajo en equipo y diálogo entre sus integrantes, en su mayoría, estudiantes y profesores. Esto como una condición *sine qua non* para la implementación de las estrategias didácticas para el aprendizaje más utilizadas como el *Aprendizaje basado en problemas* y el *Aprendizaje basado en proyectos*. Otra constante es la integración de las áreas, que, aunque varíe en cantidad y tipo entre cada modelo y proyecto, se evidencia el aporte de los diversos saberes para el desarrollo de las propuestas.

Las siguientes son algunas particularidades que se destacan en cada uno de los modelos del enfoque. En el modelo de implementación exploratorio la mayoría de las instituciones educativas se concentran en los programas de media técnica que preparan a los estudiantes para la vida laboral o el tránsito para la educación superior. En el modelo de implementación introductorio se amplía este tipo de experiencias a otros grados y a otro tipo de participantes, e incluye a las familias de los estudiantes y la comunidad general. En el modelo de inmersión parcial, además de lo anterior, se integra en mayor medida la investigación escolar en las prácticas, programas o proyectos lo que visibiliza aún más el enfoque STEM+H. Y en el modelo de inmersión total se evidencia el esfuerzo por parte de las IE de integrar y transversalizar el enfoque en el currículo escolar.

Otra característica que resalta en la mayoría de estas experiencias es la alianza o el trabajo conjunto con instituciones públicas y privadas que apoyan los proyectos con formación, financiación o con plataformas, como ferias y eventos, para la visibilización y proyección de sus estudiantes, de las instituciones y de sus proyectos.

Un propósito recurrente en todos los modelos es, a partir de una aproximación humanista de la ciencia, formar en competencias para la vida y las competencias del siglo XXI necesarias para trabajar con otros, habitar el mundo, pensar y hacer en contexto.

Referencias

- Agudelo, M. A. (2016). *Nodos para la Pertinencia Educativa: Una estrategia de ciudad para mejorar la calidad de la educación técnica. Ponencia presentada en Virtual Educa 2016, San Juan, Puerto Rico*. Recuperado de <http://recursos.portaleducoas.org/sites/default/files/VE16.642.pdf>
- Allard, S., y Cortez, E. (2013). *Aspectos fundamentales sobre la Educación STEM (enfoque interdisciplinario de ciencia, tecnología, ingeniería y matemáticas/medicina): Lecciones aprendidas en la Universidad de Tennessee, Estados Unidos. Ponencia presentada en IFLA WLIC 2013, Singapur, Singapur*. Recuperado de <http://library.ifa.org/id/eprint/170>
- Aristizábal, C. (2019). *En Medellín se inauguró el centro para la cuarta revolución industrial*. Recuperado de <https://www.rutanmedellin.org/es/noticias-rutan/item/en-medellin-se-inauguro-el-centro-para-la-cuarta-revolucion-industrial>
- Arizona STEM Network, Science Foundation Arizona y The Maricopa County Educational Services Agency (2017). *The STEM Immersion Guide*. Scottsdale, AZ: Science Foundation Arizona.
- Badilla, E. (2009). Diseño curricular de la integración a la complejidad. *Actualidades Investigativas en Educación*, 9(2), 1–13. <https://doi.org/10.15517/aie.v9i2.9523>
- Barreto, C., Gutiérrez, L., Pinilla, B., y Parra, C. (2006). Límites del constructivismo pedagógico. *Educación y educadores*, 9(1), 11–31. Recuperado de <http://www.scielo.org.co/pdf/edec/v9n1/v9n1a02.pdf>
- Bosch, H. E., Di Blasi, M. A. Pelem, M. E., Bergero, M. S., Carvajal, L., y Geronimi, N. S. (2011). Nuevo paradigma pedagógico para enseñanza de ciencias

- y matemática. *Avances en Ciencias e Ingeniería*, 2(3), 131–14. Recuperado de <http://www.redalyc.org/pdf/3236/323627683013.pdf>
- Cámara de Comercio de Medellín (2009). *Avances de la estrategia cluster en Medellín y Antioquia*. Medellín: Cámara de Comercio de Medellín para Antioquia.
- Cámara de Comercio de Medellín. (2019). *Clúster y competitividad*. Recuperado de <https://www.camaramedellin.com.co/comunidad-cluster/que-es-la-estrategia-cluster>
- Cilleruelo, L., y Zubiaga, A. (2014). *Una aproximación a la Educación STEAM. Prácticas educativas en la encrucijada arte, ciencia y tecnología*. Ponencia presentada en las XXI Jornadas de Psicodidáctica. Bilbao, España. Recuperado de <https://www.augustozubiaga.com/web/wp-content/uploads/2014/11/stem-to-steam.pdf>
- Colombia. Congreso de la República. (8, febrero, 1994). Ley 115 de 1994: por la cual se expide la Ley General de Educación. Bogotá, pp. 1-50. Recuperado de https://www.mineducacion.gov.co/1621/articulos-85906_archivo_pdf.pdf
- Colombia. Congreso de la República. (23, enero, 2009). Ley 1286 de 2009: por la cual se modifica la Ley 29 de 1990, se transforma a Colciencias en Departamento Administrativo, se fortalece el Sistema Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación en Colombia y se dictan otras disposiciones. *Diario Oficial*. Bogotá, pp. 1-16.
- Colombia. Congreso de la República. (23, mayo, 2017). Ley 1834 de 2017: por medio de la cual se fomenta la economía creativa Ley Naranja. *Diario Oficial*. Bogotá, p. 1.
- Alcaldía de Medellín. (2016). *Plan de desarrollo 2016-2019 Medellín cuenta con vos*. Medellín: Alcaldía de Medellín.
- Crisol, E. (2010). Reseña de “Cómo hicieron los sistemas educativos con mejor desempeño del mundo para alcanzar sus objetivos”. *Profesorado. Revista de Currículum y Formación de Profesorado*, 14(2), 301–303.
- Díaz-Barriga, F., y Hernández, G. (2002). *Estrategias docentes para un aprendizaje significativo: una interpretación constructivista* (3a ed.). México DF-México: Mc Graw Hill.
- Duglio, I. (2016). Educación STEM. Recuperado de <http://depquimica.cfe.edu.uy/images/pdf/STEM/EducacionSTEMRivera.pdf>
- Elizondo, J., y Gallardo, K. E. (2017). Desarrollo profesional docente en escuelas de educación primaria: un estudio diagnóstico desde una perspectiva internacional. *Revista Panamericana de Pedagogía*, (24), 135–170. Recuperado de <http://portaldervistasdelaup.mx/revistapedagogia/index.php/pedagogia/article/view/24>

- Ercan, S., Bozkurt Altan, E., Taştan, B., y Dağ, I. (2016). Integrating GIS into science classes to handle STEM education. *Journal of Turkish Science Education*, 13(Special Issue), 30–43. DOI: doi.org/10.12973/tused.10169a
- Escalante-Arauz, P. (2009). *Aprendizaje por Indagación*. Recuperado de <https://educrea.cl/aprendizaje-por-indagacion/>
- Fernández, E., Bello, A., y Massarani, L. (2016). *Políticas públicas e instrumentos para el desarrollo de la cultura científica en América Latina*. Montevideo: UNESCO, RedPOP, LATU.
- Furman, M., y García, S. (2014). Categorización de preguntas formuladas antes y después de la enseñanza por indagación. *Revista Praxis y Saber*, 5, 75–91. <https://doi.org/10.19053/22160159.3023>
- Galeana de la O., L. (2006). *Aprendizaje basado en proyectos*. <https://repositorio.uesiglo21.edu.ar/handle/ues21/12835>
- Ruta Maestra - Santillana (2017). Cultura STEAM y la educación para el siglo XXI. *Ruta maestra*, 18. Recuperado de <https://rutamaestra.santillana.com.co/edicion-18/cultura-steam-y-la-educacion-para-el-siglo-xxi/>
- Heredia, Y., y Sánchez, A. L. (2013). *Teorías del aprendizaje en el contexto educativo*. Monterrey: Editorial Digital del Tecnológico de Monterrey. Recuperado de www.ebookstec.com
- Hernández, R., Fernández, C., y Baptista, P. (2010). *Metodología de la investigación* (5a ed.). México DF: Mc Graw Hill.
- Illán, N., y Pérez, F. (1999). *La construcción del proyecto curricular en la educación secundaria obligatoria*. Málaga, Aljibe.
- 2thinknow® (2018). *Innovation Cities™ Index 2018: Global*. Recuperado de <https://www.innovation-cities.com/innovation-cities-index-2018-global/13935/>
- Johnson, C., Moore, T., y Peters-Burton, E. (2015). *STEM road map: A framework for integrated STEM education*. New York: Routledge. <https://doi.org/10.4324/9781315753157>
- Jolly, A. (16 de diciembre de 2012). Real-World STEM Problems. [Entrada de Blog]. Recuperado <https://www.middleweb.com/5003/real-world-stem-problems/>
- Jolly, A. (17 de junio de 2014). Six Characteristics of a Great STEM Lesson. [Entrada de Blog]. Recuperado de https://www.edweek.org/tm/articles/2014/06/17/ctq_jolly_stem.html
- Jolly, A. (3 de julio de 2016). Begin STEM Planning with a 5-Point Checkup. [Entrada de Blog]. Recuperado de <http://www.stem-by-design.com/begin-stem-planning-with-a-5-point-checkup/>

- Kelley, T. R., y Knowles, J. G. (2016). A conceptual framework for integrated STEM education. *International Journal of STEM Education*, 3(1), 1–11. <https://doi.org/10.1186/s40594-016-0046-z>
- Kennedy, T. J., y Odell, M. R. L. (2014). Engaging Students In STEM Education. *Science Education International*, 25(3), 246–258.
- Martí, J. A., Heydrich, M., Rojas, M., y Hernández, A. (2010). *Aprendizaje basado en proyectos*. *Revista Universidad EAFIT*, 46(158), 11–21.
- McDonald, C. V. (2016). STEM Education: A review of the contribution of the disciplines of science, technology, engineering and mathematics. *Science Education International*, 27(4), 530–569. Recuperado de <http://www.icaseonline.net/sei/december2016/p4.pdf>
- Moore, T., Stohlmann, M., Wang, H., Tank, K., Glancy, A., Roehrig, G. (2014). Implementation and integration of engineering in K-12 STEM education. *Engineering in Pre-College Settings: Synthesizing Research, Policy, and Practices*, 35–60. West Lafayette, IN: Purdue University Press.
- Moore, T., Roehrig, G., Wang, H., y Park, M. S. (2012). Is Adding the E Enough? Investigating the Impact of K-12 Engineering Standards on the Implementation of STEM Integration. *School Science and Mathematics*, 112(1), 31–44. <https://doi.org/10.1111/j.1949-8594.2011.00112.x>
- Navarro, N., Illesca, M., y Cabezas, M. (2009). *Aprendizaje basado en problemas* multiprofesional: Estudio cualitativo desde la perspectiva de los tutores. *Revista médica de Chile*, 137(2), 246–254. Recuperado de <http://dx.doi.org/10.4067/S0034-98872009000200009>
- Nussbaum, M. (2010). *Sin fines de lucro. Por qué la democracia necesita de las humanidades* (1a ed.). Bogotá: Katz Editores.
- OEA. (2018). *Estrategias Didácticas Para la Educación STEM/STEAM. Documento de trabajo Diplomatura en educación STEM/STEAM*. Washington: OEA.
- Olivares, S., y Heredia, Y. (2012). Desarrollo del pensamiento crítico en ambientes de aprendizaje basado en problemas en estudiantes de educación superior. *Revista mexicana de investigación educativa*, 17(54), 759–778. Recuperado de http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S1405-66662012000300004&lng=es&nrm=iso
- Pollmeier, P. (2018). Medellín se mueve hacia una ciudad inteligente impulsada por los datos. Recuperado de <https://www.rutanmedellin.org/es/opini%C3%B3n/>
- Prieto-Castillo, D. (2015). *Elogio de la pedagogía universitaria*. Mendoza: Universidad Nacional de Cuyo.

- Revista Semana. (11 de febrero de 2012). *Medellín cambia su modelo pedagógico*. Revista Semana. Recuperado de <https://www.semana.com/educacion/articulo/medellin-cambia-su-modelo-pedagogico/545154>
- Reyes-Cárdena, F., y Padilla, K. (2012). La indagación y la enseñanza de las ciencias. *Educación Química*, 23(4), 415–421. Recuperado de <http://www.scielo.org.mx/pdf/eq/v23n4/v23n4a2.pdf>
- Salinas, J. (2004). Cambios metodológicos con las TIC : estrategias didácticas y entornos virtuales de enseñanza-aprendizaje. *Bordón. Revista de pedagogía*, 56(3–4), 469–481.
- Sanders, M. (2009). STEM, STEM Education, STEMmania. *The Technology Teacher*, 64(4), 20–26. Recuperado de <https://vtechworks.lib.vt.edu/bitstream/handle/10919/51616/STEMmania.pdf?sequence>
- Secretaría de Educación de Medellín. (18 de septiembre de 2017). Medellín es la Primera Ciudad del Aprendizaje en Colombia. Recuperado de <https://medellin.edu.co/sala-de-prensa/1051-medellin-es-la-primera-ciudad-del-aprendizaje-en-colombia>
- Secretaría de Educación de Medellín. (29 de julio de 2019). *Medellín Territorio STEM+H*. Recuperado de <https://medellin.edu.co/mediatecnica/medellin-territorio-stem-h>
- Serrano, J., y Pons, R. (2011). El Constructivismo hoy: enfoques constructivistas en educación. *Revista Electrónica de Investigación Educativa*, 13(1), 1–27. Recuperado de http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1607-40412011000100001
- Sousa, D., y Pilecki, T. (2013). *From STEM to STEAM: Using Brain-Compatible Strategies to Integrate the Arts* (1a ed.). Thousand Oaks: Sage.
- Tsupros, N., Kohler, R., y Hallinen, J. (2009). *STEM Education in Southwestern Pennsylvania Report of a project to identify the missing components*. Pittsburgh, PA: Leonard Gelfand Center for Service Learning and Outreach y The Intermediate Unit 1. Recuperado de: <https://www.cmu.edu/gelfand/documents/stem-survey-report-cmu-iu1.pdf>
- UNESCO. (2016). *Sistematización de experiencias educativas innovadoras*. Lima: UNESCO.
- Vásquez, A. (2014). *Hacia un perfil docente para el desarrollo del pensamiento computacional basado en educación STEM para la media técnica en desarrollo de software* (Trabajo de grado de Maestría). Universidad EAFIT, Medellín, Colombia.



**Universidad
Pontificia
Bolivariana**

SU OPINIÓN



Para la Editorial UPB es muy importante ofrecerte un excelente producto. La información que nos suministre acerca de la calidad de nuestras publicaciones será muy valiosa en el proceso de mejoramiento que realizamos. Para darnos su opinión, comuníquese a través de la línea (57)(4) 354 4565 o vía correo electrónico a editorial@upb.edu.co Por favor adjunte datos como el título y la fecha de publicación, su nombre, correo electrónico y número telefónico.

