Orientaciones para el desarrollo de una
Estrategia Distrital de Educación en Ciencia, Tecnología e Innovación
para Preescolar, Básica y Media

Estudio analítico-descriptivo del contexto internacional, nacional y distrital para la educación en ciencia, tecnología e innovación.

Contrato de Ciencia y Tecnología
CO1.PCCNTR. 1784169 SED- OCyT

OCyT
OBSERVATORIO COLOMBIANO DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA

ALCALDÍA MAYOR DE BOGOTÁ D.C.
SECRETARÍA DE EDUCACIÓN
BOGOTÁ

Título del proyecto	**Orientaciones para el desarrollo de una estrategia distrital de educación en ciencia, tecnología e innovación para preescolar, básica y media**
Número de contrato	Contrato de Ciencia y Tecnología CO1.PCCNTR. 1784169
Objeto del contrato	Diseñar e implementar acciones de carácter conceptual, pedagógico y metodológico para el desarrollo de una estrategia distrital de fortalecimiento de ambientes de aprendizaje en ciencia, tecnología e innovación según los lineamientos de la Dirección de Ciencias, Tecnologías y Medios Educativos de la SED
Fecha acta de inicio	02/09/2020
Fecha de finalización	15/02/2021
Entidad contratante	**Secretaria de Educación del Distrito – Dirección de Ciencias, Tecnologías y Medios Educativos (DCTME)**
Directora de la DCTME	Ulia Yemail Cortés – Directora Ciencias Tecnologías y Medios Educativos
Supervisora del contrato	Ulia Yemail Cortés – Directora Ciencias Tecnologías y Medios Educativos
Apoyos a la supervisión DCTME	Patricia Niño como apoyo a la supervisión Jaime Hernández Suárez Henry de la Ossa

Entidad ejecutora	**Observatorio Colombiano de Ciencia y Tecnología - OCyT**
Observatorio Colombiano de Ciencia y Tecnología - OCyT	Diego Silva Ardila – Director Ejecutivo Angélica Monroy Pérez – Coordinadora Administrativa y Financiera
Coordinación del proyecto	Mabel Ayure – experta en apropiación de la ciencia y centros de ciencia
Equipo del proyecto	Lina Cano – experta en educación STEM/STEAM Jesús Cardona – experto en transformación digital Milena Barrios – profesional de apoyo Santiago Cajiao – profesional de apoyo Alejandra Jiménez – profesional de apoyo María Paula Ordóñez – profesional de apoyo Marcela Cufiño – profesional de apoyo Ximena Moreno – profesional de apoyo Julián Alvarado – analista de datos Juan Uribe – analista de datos Jaime Vergara – analista estadístico José Tapias - analista estadístico

Fase 1: Estudios técnicos

Objetivo: Realizar estudios analítico-descriptivos sobre referentes normativos y políticos, buenas prácticas y casos exitosos de educación en ciencia, tecnología e innovación, como también levantar líneas de base sobre ambientes de aprendizaje en instituciones educativas ubicadas en Bogotá.

Estudio analítico- descriptivo del contexto internacional, nacional y distrital para la educación en ciencia, tecnología e innovación.

Contenido

1. Introducción **7**

2. **Metodología de rastreo de fuentes y análisis documental que orientan la lectura del documento.** **8**

3. **Cuarta Revolución Industrial y sus implicaciones educativas** **13**

Perspectiva Internacional 13

Perspectiva Regional 16

Perspectiva Nacional 18

4. **Transformación digital: punto de partida para la educación científica y la implementación del enfoque STEM/STEAM** **21**

Perspectiva Internacional 21

Perspectiva Regional 26

Perspectiva Nacional 28

5. **Enfoque educativo STEM/STEAM** **30**

Perspectiva Internacional 30

Perspectiva Regional 38

Perspectiva Nacional 43

6. **Educación científica** **49**

Perspectiva Internacional 49

Perspectiva Regional 62

Perspectiva Nacional 72

7. **Sobre las recomendaciones para la política de ciencia y tecnología en educación científica y educación STEM/STEAM** **78**
Perspectiva Internacional 78
Perspectiva Nacional 87
Perspectiva Local 89

8. Aspectos para construir una estrategia de educación para ciencia y tecnología **91**
Metas y objetivos de los referentes analizados 91
Educación Científica 91
Cuarta Revolución Industrial 96
Transformación Digital 98
Formación STEM/STEAM 101
Inversión, infraestructura y sostenimiento, Recomendaciones y lineamientos 103
Educación Científica 103
Cuarta Revolución Industrial 105
Transformación Digital 109
Formación STEM/STEAM 112
Trayectoria, planes de ejecución y articulación 114
Educación Científica 114
Cuarta Revolución Industrial 118
Transformación Digital 120
Formación STEM/STEAM 124
Indicadores, evaluaciones de impacto u otros sistemas de medición 127
Educación Científica 127
Cuarta Revolución Industrial 128
Transformación Digital 129
Formación STEM/STEAM 131

9. Conclusiones **133**
Educación científica 133
Formación STEM/STEAM 134
Transformación digital 136
Cuarta Revolución Industrial 139

10. Documentos revisados **141**

11. Referentes metodológicos **155**

1. Introducción

El Observatorio Colombiano de Ciencia y Tecnología, pretende a través de este documento, presentar algunos referentes conceptuales construidos a partir de la revisión documental nacional e internacional, relacionada con la educación científica, la educación STEM, los procesos de transformación digital, la cuarta revolución industrial y los procesos de apropiación social del conocimiento y de formación de vocaciones científicas. El documento expone la revisión de referentes normativos de estos conceptos desde el contexto internacional al local destacando sus relaciones y convergencias e identificando los puntos más relevantes para orientar el desarrollo de una Estrategia Distrital de Educación en Ciencia, Tecnología e Innovación para Preescolar, Básica y Media en Bogotá.

Se reconoce que los avances tecnológicos y la transformación digital representan un verdadero cambio e impacto en las formas de vida, la interacción, el cuidado, la educación, el trabajo y el esparcimiento; es decir, se está en plena cuarta revolución industrial tal y como lo declaró el Foro Económico Mundial (2016) y en ese sentido se demandan competencias científicas y tecnológicas en las personas y sociedades. Frente a este retador escenario, la educación es una importante posibilidad para cultivar, capitalizar, desarrollar y explorar conocimientos, habilidades y capacidades que se necesitan en el momento y se proyectan para el futuro. En donde la escuela puede ser ese lugar y espacio central e idóneo de transformaciones epistemológicas y pragmáticas, de experimentaciones y aprendizajes, poniendo un especial interés por las mediaciones, formas y estrategias de enseñanza – aprendizaje, en el que enfoques educativos como STEM permiten viabilizar el desarrollo científico y tecnológico que requieren los actuales y permanentes desafíos.

2. Metodología de rastreo de fuentes y análisis que orientan la lectura del documento.

La revisión de referentes normativos se realizó en las siguientes etapas; en primer lugar, la identificación de una bibliografía robusta, pertinente y favorecedora, que se dividió en cuatro grupos, que se exponen a continuación.

- Primer grupo: Documentos de referencia de la SED y la Dirección de Ciencias, Tecnologías y Medios Educativos (DCTME). Programas, políticas e instrumentos desplegados por el distrito desde el año 2010 con indicación de los logros alcanzados y dificultades en torno a su ejecución.

- Segundo grupo: Disposiciones a nivel nacional: CONPES 3975 y 3988, recomendaciones de la Misión Internacional de Sabios 2019, lineamientos del Ministerio de Educación Nacional, Ministerio TIC, Indicadores de Ciencia y Tecnología Colombia 2019.

- Tercer grupo: Documentación técnica e información relevante para la definición de lineamientos estratégicos sobre educación en ciencia, tecnología e innovación y disposiciones de organismos internacionales: UNESCO, OCDE, Foro Económico Mundial.

- Cuarto grupo: Documentos de políticas o lineamientos educativos con una ventana de observación de ocho años, en las que se evidencien procesos de transformación digital, educación con enfoque STEM/STEAM, apropiación social de la ciencia y fortalecimiento de las vocaciones científicas en niños, niñas adolescentes y jóvenes.

Este gráfico representa la ruta de revisión documental desarrollada, con el fin de realizar la lectura por contextos, partiendo del contexto internacional y llegando al contexto local.

	OCDE	UE	LA	COL	BTA
STEM/STEAM					
Transformación digital					
Vocaciones científicas					

Teniendo en cuenta que la recolección de datos mediante documentos permite establecer una cronología de las unidades de análisis de cada caso y extraer aspectos clave de la política y visión de la situación que se estudia (Simons, 2014) se inicia la lectura cuidadosa de los documentos, a partir de la cual se realiza el análisis y codificación de la información relevante.

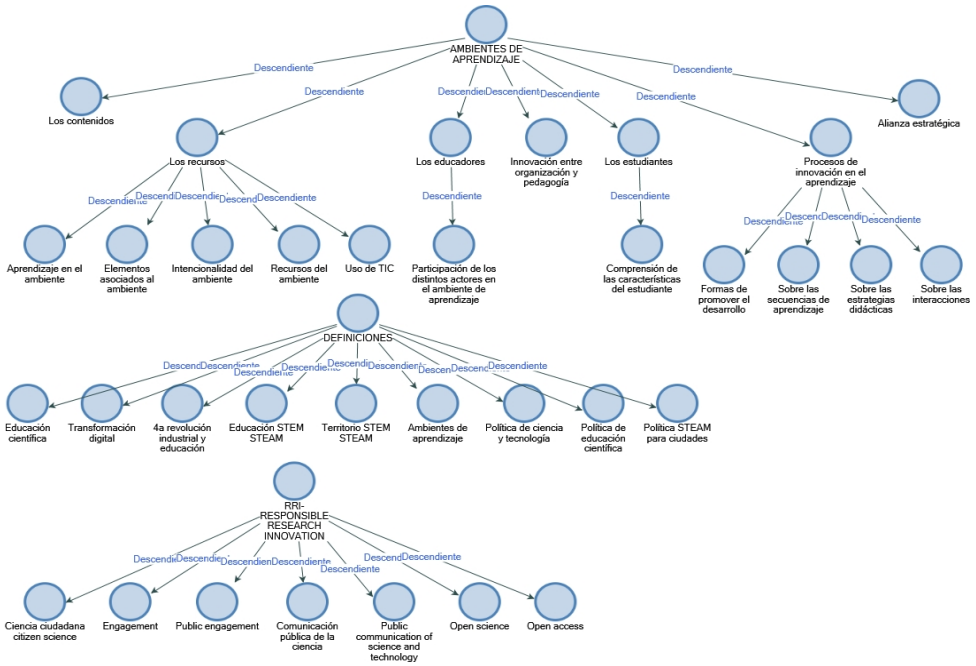
Dicho análisis se realiza mediante codificación axial usando el software NVivo 12, un libro de códigos y una matriz categorial, siguiendo como modelo los parámetros de codificación descriptiva y estructural propuestos por Saldaña (2016). En otras palabras, la revisión documental se enfoca en reconocer los apartados clarificadores de los documentos para posteriormente realizar un ejercicio interpretativo que da paso a la escritura de los referentes, hallazgos y relaciones que se encuentran durante el proceso acerca de los temas relevantes para el proyecto, a saber son: **Educación científica**, **Educación STEM – STEAM, Vocaciones científicas Cuarta Revolución Industrial, Transformación digital,** Política de ciencia y tecnología, Política STEM/STEAM para ciudades, Territorio STEM/STEAM.

Estos temas o apartados como se mencionó con anterioridad se verán relacionados no solo entre ellos mismos, sino que deberán responder a las siguientes inquietudes:

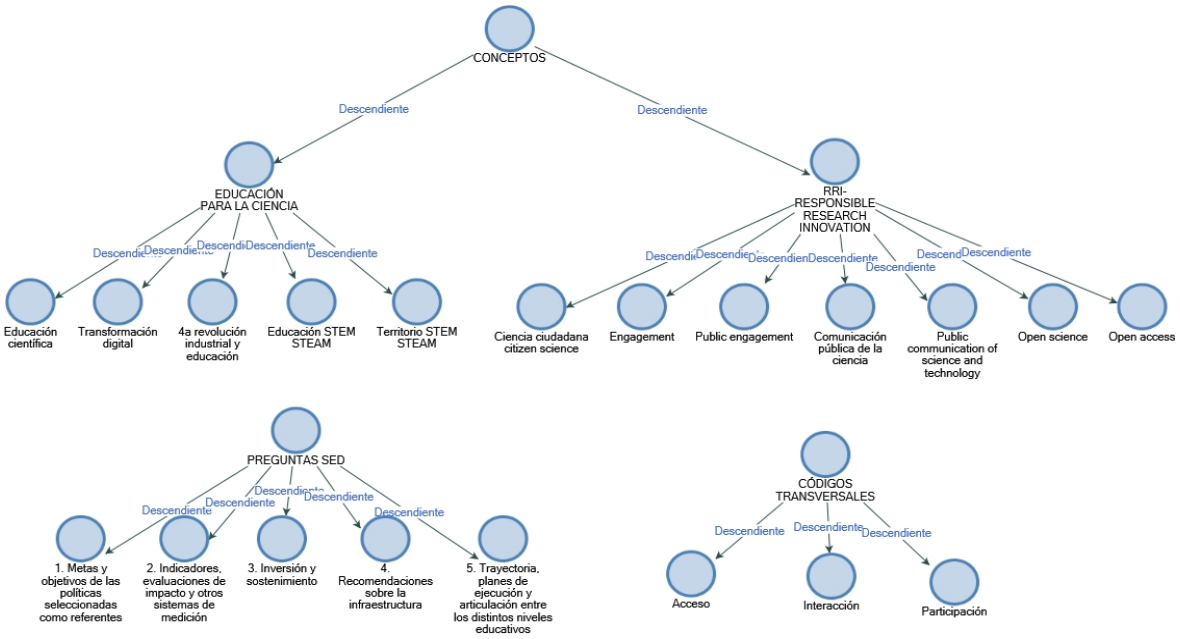
1. ¿Qué referentes existen frente a metas y objetivos de las políticas seleccionadas?
2. ¿Existen indicadores, evaluaciones de impacto u otros sistemas de medición que puedan ser un referente para Bogotá?
3. ¿Qué información hay frente al tema de inversión y sostenimiento?
4. ¿Cuáles son las recomendaciones y lineamientos para la toma de decisiones sobre infraestructura más recurrentes?
5. ¿En cuanto a: la trayectoria, planes de ejecución y articulación entre los distintos niveles educativos, ¿hay ejemplos relevantes que puedan inspirar esta construcción?

Con relación a lo anterior, se proponen los siguientes árboles categoriales, que brindan una forma de organización y ruta conceptual.

Estructura Categorial



Comprensión de conceptos



En el documento se encuentra desarrollada la descripción de cada concepto o hallazgo, iniciando por la instancia global hasta llegar a la instancia más local. Esta interpretación se logra gracias al análisis de contenido en el que se clasificó la información relevante, posterior a esto, se construyó una nube de palabras a cada una de las agrupaciones de citas, con cada uno de los conceptos, en cada uno de estos niveles.

Nvivo. Unesco_Políticas C y T

Lo anterior con el fin de determinar cuáles son las palabras más recurrentes en la matriz categorial, en ellas se muestran más grandes a aquellas que tiene mayor frecuencia. También es importante mencionar que todas las nubes de palabras fueron construidas con las 30 palabras más comunes, después de realizar la eliminación de palabras vacías o a las palabras que no tienen contenido.

Una vez están construidas las nubes de palabras, estas son leídas y seleccionadas de acuerdo con su nivel de correspondencia con el texto. Las seleccionadas están presentes a lo largo del escrito.

3. Cuarta Revolución Industrial y sus implicaciones educativas

Cuarta Revolución Industrial: Es la convergencia de tecnologías digitales, físicas y biológicas, es un momento de transformación e innovación tecnológica, es un proceso de transición hacia nuevos sistemas que están cimentados sobre la infraestructura de la revolución digital, modificando formas de relación, de vida, de educación, de trabajo y recreación.

Perspectiva Internacional

Para la OCDE, en su publicación *Estrategias digitales en la educación en los países de la OCDE: exploración de políticas educativas sobre tecnologías digitales* (2020) el momento actual del mundo, está movilizado hacia la innovación digital, que se basa en datos e información. Si bien los datos siempre han existido, las tecnologías como la IA (Inteligencia Artificial) y el Internet de las cosas (IoT) aumentan la eficacia y, por tanto, el valor de los datos.

Hoy en día, se generan muchos datos en línea, recopilados por plataformas, mercados o ecosistemas digitales, esto fortalecerá las conexiones en red, en el contexto de la Internet de las cosas (IoT), maximizando la interacción social y el desarrollo económico; redes e interacciones que requieren de validez, inmutabilidad y confianza. Es por esto, que el uso efectivo y la confiabilidad de los datos y la información, es una condición fundamental para la innovación digital, incluida la inteligencia artificial, el análisis de macrodatos y tecnologías de contabilidad distribuida o Blockchain (que permiten la realización veraz y segura de cualquier tipo de transacción entre dos o más personas o entidades, sin la necesidad de intermediarios a través de internet) (OCDE, 2019).

Por ejemplo, los algoritmos requieren grandes cantidades de datos, lo que crea un incentivo para maximizar la recopilación de estos. El camino es lanzar pilotos de análisis

de aprendizaje e inteligencia artificial en los escenarios de la educación, para hacer un mejor uso de información disponible y así ayudar a abordar problemas específicos, mejorar la implementación y el seguimiento de la política educativa (Comisión Europea, 2018 [19]).

En 2019, el Grupo de Expertos en IA de la OCDE definió la IA, como un sistema que puede hacer predicciones, recomendaciones o decisiones que influyen en entornos reales o virtuales. Una de las técnicas de Inteligencia Artificial (IA) más prometedoras es el aprendizaje automático, que se describe como conjunto de técnicas para permitir que las máquinas aprendan de manera automatizada a través de patrones e inferencias en lugar de instrucciones explícitas de un ser humano. Detrás de la máquina, el aprendizaje es una técnica conocida como 'redes neuronales', que se acompaña del creciente poder computacional y la disponibilidad de conjuntos de datos masivos, también conocidos como Big Data. (OCDE, 2019, p. 27-28).

Francia, por ejemplo, menciona que el desarrollo de la IA apoyará docentes en su práctica diaria, ayudándoles con la evaluación y valoración de estudiantes (Ministerio de Educación Nacional y Ministerio de Educación Superior, Educación de Francia, 2018, p. 12). Luckin y Holmes (2016) citado por la OCDE (2020) predicen que la IA servirá como un catalizador para la transformación del rol del docente. Argumentan que la IA crea libertad de tareas rutinarias que requieren mucho tiempo, lo que permite a los profesores dedicar su energía a tareas más creativas y actos humanos que proporcionan el ingenio y la empatía necesarios para llevar el aprendizaje a diferentes niveles de complejidad.

Según la OCDE (2019) los impulsores de la nueva revolución productiva son el desarrollo de infraestructura y las aplicaciones digitales, como la banda ancha de alta velocidad, Bigdata, computación en la nube, IoT e impresión 3D. Aunque estas tecnologías son cada día más accesibles a empresas pequeñas, para que su difusión conduzca a aumentos de productividad las empresas deben integrar la tecnología a sus

procesos de negocios y hacer inversiones adicionales en destrezas y modelos de negocios (p.48).

Ahora, en relación con los impactos o implicaciones de la Cuarta Revolución Industrial en el mundo del trabajo y las ocupaciones, existen distintas posturas, las que reconocen bondades y oportunidades y las que refieren que se vendrá una pérdida clara de puestos de trabajo y por ende se aumentará la desigualdad social, es así que la investigación de Rubbi, L., Barlaro Rovati, B. y Petraglia, A. (2020) señala la siguiente comparación:

Pesimistas tecnológicos	Optimistas tecnológicos
Las nuevas tecnologías permiten el reemplazo de los trabajadores con empleos que implican tareas principalmente repetitivas a costos reducidos.	El impacto de las nuevas tecnologías sobre el mercado laboral será relativamente menor; procesos similares han ocurrido en el pasado y el mercado laboral se ha expandido gracias a estos cambios.
Al impactar sobre todo tipo de industrias (tanto manuales como cognitivas), los cambios tecnológicos actuales tienen un menor potencial de creación de empleo que otras revoluciones del pasado.	Los cambios tecnológicos promueven la creación y el aumento de la demanda de nuevos puestos laborales anteriormente inexistentes.
Los requisitos de los nuevos puestos laborales más demandados requieren habilidades y conocimiento difíciles de adquirir.	La automatización de tareas no implica el reemplazo de puestos completos. Es más probable la complementariedad entre humanos y procesos automatizados, lo que aumentará la productividad de los primeros.
La regulación de mercados e instituciones que se requiere como respuesta a los cambios tecnológicos demorará mucho tiempo, lo que otorga ventajas a las nuevas tecnologías por sobre los trabajadores.	Que un empleo sea factible de ser automatizado no significa que lo será. Hay diversas barreras de tipo económico e institucionales que limitan los incentivos al reemplazo de los trabajadores.
Las nuevas tecnologías continuarán reduciendo sus costos y aumentando sus impactos en términos de productividad hasta el punto de quebrar las barreras económicas e institucionales, incluso en los países más tecnológicamente atrasados, lo que resultará en adopciones tardías, pero más abruptas y con menor oportunidad de adaptación para los trabajadores.	El despliegue de las tecnologías más disruptivas aún está concentrado en un número escaso de países e industrias.

Elaboración de Rubbi, L., Barlaro Rovati, B. y Petraglia, A. (2020)

Estos autores concluyen que en relación a la cuarta revolución industrial y el mundo del trabajo, los países y sectores más vulnerables son aquellos que dependen de empleos repetitivos y no creativos, en donde se verán afectados fundamentalmente los países en desarrollo; por otro lado, se espera una elevada fragmentación y polarización social con concentración de puestos de trabajo en los dos extremos tanto en la escala de salarios como de exigencias cognitivas; se proyectan cambios en prácticamente todas las ramas de la actividad económica; los países que más han estudiado los cambios y retos frente a la cuarta revolución industrial son los que pertenecen a la Unión Europea, Reino Unido y Estados Unidos, en Latinoamérica hasta ahora se empieza a mencionar el tema; por último y de manera importante, señalan que, la educación se presenta, más que nunca, como la fuerza clave para elevar los niveles de vida, a nivel individual y social.

Perspectiva Regional

Según el British Council, en su publicación *STEM Educación para el futuro: diálogos de política pública British Council Colombia* (2016), la realidad tecnológica actual, puede entenderse como una revolución industrial porque, incluye conceptos tales como: sistemas autónomos, robots, ciudades inteligentes, vehículos inteligentes auto-monitoreados e ingeniería genética, los cuales exigen comunidades empoderadas e informadas. Es así que la tecnología y la innovación tienen el poder de crear nuevos diálogos en las comunidades, plasmar otras visiones y crear oportunidades de transformación social.

Por ejemplo, en Chile, en el documento "*Preparando a Chile para la sociedad del conocimiento. Hacia una coalición que impulse la Educación STEAM*" (2017) se ha señalado que, según el Foro Económico Mundial, actualmente el mundo experimenta importantes cambios en sectores como la economía, el trabajo, la gobernabilidad y las formas de vida, derivados del desarrollo de las tecnologías que crecen y avanzan exponencialmente, que diluyen límites entre los planos físico, digital y biológico, esto significa hablar de una cuarta revolución industrial. Y en ese sentido, los cambios que se derivan de la revolución digital,

tienen tres características esenciales distintas a la revolución industrial anterior, y modifican las habilidades y conocimientos necesarios para desenvolverse activa y exitosamente en la sociedad actual y futura (p.19):

> •Velocidad exponencial, debido a la interconexión global y la mejora tecnológica continua.
> •Mayor alcance y profundidad, pues los cambios de paradigma exceden a la tecnología y la producción, afectando también las formas en que nos organizamos y nos desarrollamos como personas. No sólo está cambiando qué hacemos y cómo, sino también quiénes somos.
> •Está transformando sistemas, tanto dentro como a través de empresas, industrias, países y sociedades.

Entonces, estas características: velocidad, alcance e impacto en los sistemas, son los tres aspectos que hacen saber que se trata de una nueva revolución industrial, no de una evolución de la anterior.

En México la Alianza para la promoción de STEM (2019), ha dicho que hacer Educación en STEM, es especialmente hablar de la Cuarta Revolución Industrial, y esto significa que las sociedades requieren técnicos, ingenieros, científicos y profesionales de los campos STEM, formados y especializados para responder a las demandas del cambio de paradigma económico, y que los ciudadanos cuenten con competencias STEM que les permitan vincularse a escenarios y mercados productivos emergentes. La Cuarta Revolución Industrial, permea todos los sistemas de la sociedad, incluidos los centros de trabajo, la industria y la vida de las personas con los siguientes elementos:

•Analítica y Big data • Esferas física, digital y biológica • Inteligencia artificial • Internet de las cosas • Robótica y automatización • Tecnología móvil • Colaboración Social

Frente a la Cuarta Revolución Industrial – Tecnológica, México enfatiza en la necesidad de potenciar y canalizar el talento competitivo de niñas, niños, adolescentes y jóvenes para que desarrollen y se apropien de las competencias STEM:

- Resolución de problemas
- Creatividad
- Pensamiento crítico
- Comunicación
- Colaboración
- Manejo y análisis de datos
- Computación e Informática

Perspectiva Nacional

Ahora bien, como se ha evidenciado hasta el momento la cuarta revolución industrial ha propiciado en América Latina la creación y apropiación de tecnologías digitales en todas las esferas de la sociedad, esto teniendo en cuenta la transformación que se ha dado en los procesos productivos y económicos en general. Sin embargo y haciendo énfasis en el comercio internacional, Nicolás Albertoni y Jorge Heine en su columna del *New York Times* (2020) mencionan que es imprescindible que la región latinoamericana comience a modificar su actuar y se vincule a los llamados "megatratos" con el fin de promover el comercio, lo cual movilizaría directamente su infraestructura industrial, empleo, economía, educación e investigación; favoreciendo así su proceso de transformación en la cuarta revolución industrial.

El caso específico de Colombia, se puede percibir claramente como se menciona en el documento *CONPES 3988* (2020) que dicha transformación también tiene una visión transversal que afecta culturalmente a la sociedad pues debido a ella las personas se relacionan, se comunican, acceden a la información y generan conocimiento de maneras

distintas. y haciendo énfasis en el ámbito educativo se menciona que las transformaciones y como se ha mencionado en apartados anteriores se requiere que los estudiantes desarrollen nuevas competencias acordes a los retos que plantea el siglo XXI, donde la generación del conocimiento sea un eje central que requiere que las personas procesen y organicen información, además de ser capaces de analizarla, transformarla e interpretarla. "Por tanto, el pensamiento crítico, el trabajo colaborativo, la resolución de problemas y la alfabetización digital, entre otras, representan competencias que permiten a las personas desarrollarse en un entorno digital. Para esto el sector educativo tiene el reto de incorporar las tecnologías digitales en el sistema educativo, con el propósito de fomentar la innovación, y así, mejorar la calidad educativa." (CONPES 2020. P.8)

Lo anterior no solo afecta el sistema educativo, sino que presenta diversos retos a nivel laboral, pues si bien debido a la pandemia del COVID 19 varios trabajos han experimentado cambios drásticos y de manera acelerada en cuanto a su ejecución, al ser permeados por la tecnología y sus procesos de transformación digital; también es pertinente pensar en los nuevos trabajos que pueden implementarse o modificarse para hacer frente a una sociedad cada vez más automatizada. Ahora bien, para que este pensamiento laboral avance debe existir una transformación contundente a nivel educativo que permita evidenciar a los ciudadanos las posibilidades que se presentan actualmente para asumir sus retos cotidianos.

Según el MEN en su estudio técnico *Educación Activa Con Enfoque Stem+A* (S.F) menciona que esta transformación ha intervenido directamente en los espacios escolares pues se ha generado la necesidad de concebir cambios que permitan a docentes, estudiantes y en general todos los actores de la comunidad educativa utilizar herramientas tecnológicas y por ende desarrollar habilidades digitales que les permiten acceder a ciertos beneficios que se pueden encontrar únicamente por medio de comunicaciones y acciones netamente virtuales. Es en medio de estas acciones que la ciudadanía digital responsable comienza a permear la cotidianidad de los colombianos.

Al respecto en un estudio a cerca de las tecnologías digitales de 2019 situado en Colombia la OCDE publicó en el mes de octubre el informe sobre la revisión que hizo del tema en el país, "señalando asuntos positivos como la disponibilidad de computadores por estudiante que tienen las comunidades educativas, incluso más que países avanzados como Dinamarca y Suecia. Sin embargo, se identifica también que solo dos tercios de los estudiantes están conectados a internet; además, la brecha de acceso y dominio de tecnologías digitales en el sector educativo rural es aún preocupante en relación con el desarrollo en el sector urbano. Sumado a esto se indica que muchos usuarios de computadores carecen de algunas habilidades informáticas básicas, dado que una cuarta parte de estos es incapaz de enviar correos electrónicos con archivos adjuntos." (MEN, S.f p.14). Comentan además que "para mitigar estas falencias, se han concentrado esfuerzos y compromisos del gobierno nacional, como es el caso del CONPES 3975 de noviembre de 2019 en el que se instauró la Política pública para la transformación digital e inteligencia artificial. Este CONPES establece en su plan de acción estrategias como el fortalecimiento de las competencias del capital humano para afrontar la cuarta revolución industrial, trazando la ruta para que el enfoque educativo STEM+A sea implementado y para que el Ministerio de Educación Nacional promueva el desarrollo de las capacidades y competencias que empoderen a la comunidad educativa, de manera que las que actualmente se contemplan como desventajas y limitaciones, en el mediano plazo permitan a las poblaciones escolares contar con recursos y dominio de las tecnologías digitales." Sobre el cual se ahondará más adelante. (MEN, S.f p.15)

Todo lo anterior, permite de alguna manera hacer un llamado de atención no solo a nivel nacional sino regional a asumir la cuarta revolución industrial desde una mirada que favorezca y propicie la creación y apropiación de tecnologías digitales asimilando las transformaciones que esto genera en los procesos productivos y económicos, de manera que como sociedad se asuman de manera efectiva los retos que se presentan y se pueda empoderar a los ciudadanos para tal fin.

4. Transformación digital: punto de partida para la educación científica y la implementación del enfoque STEM/STEAM

Transformación digital: Es un proceso cultural y de desarrollo de habilidades y experiencias en el uso y creación de material digital, desde la alfabetización digital básica, el manejo de datos, el razonamiento cuantitativo, la resolución de problemas y el pensamiento computacional, hasta la aplicación de conocimientos y habilidades de ciencias de la computación más especializados.

Perspectiva Internacional

La OCDE (2019) en su publicación *Cómo medir la transformación digital: Hoja de ruta para el futuro*, refiere que las habilidades y conocimientos relacionados con la ciencia, la ingeniería y las TIC, son sustancialmente útiles para avanzar en el contexto de la transformación digital. En este sentido, aprender cosas, pensar creativamente y resolver problemas son características particularmente valiosas para adaptarse y progresar en ambientes digitalizados. Las habilidades cognitivas sólidas asociadas a la capacidad de solucionar dificultades son fundamentales para que las personas y comunidades prosperen en la sociedad digital, en escenarios como la escuela, el trabajo, el espacio público.

Escenarios de transformación digital, OCDE (2019):
En relación con el escenario del trabajo, las tecnologías digitales les permiten a las empresas acceso a múltiples mercados geográficos y de productos, intercambiando ideas e interactuando en tiempo real y aprovechando rendimientos en dimensiones crecientes. De manera general, se comprende y se percibe que las tecnologías digitales tienen diversos impactos en los ambientes de trabajo; su adopción significa dedicar más tiempo

a aprender a usar nuevas herramientas y adquirir nuevas destrezas, que están vinculadas con las actividades, dinámicas institucionales, culturales, económicas, edades y escolaridades. También hay diferencias en países y territorios, frente al conocimiento y uso de los servicios en línea, confianza y destrezas, esto también es posible en la medida en que, en la cotidianidad, haya experiencias y relaciones en el uso de las herramientas digitales.

En el escenario de la economía digital, se caracteriza por la conectividad entre usuarios y dispositivos, así como de convergencias entre los ecosistemas de comunicación como redes inalámbricas y fijas, voz y datos, telecomunicaciones y transmisión. Favorece la compra y venta de bienes y servicios al instante, dinamiza el acceso a información a través de internet y favorece las economías emergentes.

En el escenario educativo y del conocimiento, la ciencia y la transformación digital favorecen la cooperación, el intercambio, y el enlace de comunidades científicas, también posibilita la generación de soluciones y alternativas de soporte digital entre los sectores públicos y privados. El uso de herramientas digitales avanzadas, entre ellas las asociadas con Big data, está más extendido en las ciencias de computación y de toma de decisiones e ingeniería. Las ciencias de la naturaleza (con excepción de farmacéutica) y las físicas (aparte de la ingeniería) reportan el mayor esfuerzo por hacer que los datos y/o el código sean útiles para los demás. Los campos que menos usan herramientas digitales avanzadas y de propagación de códigos/datos (es decir, ciencias sociales, artes y humanidades) tienen más probabilidades de interacción y participación en espacios digitales como las redes sociales, foros, comunicación digital.

Digital strategies in education across countries: Exploring education policies on digital Technologies de la OCDE[1] (2020), propone que equipar la educación con las habilidades y herramientas

[1] OCDE (2020). Estrategias digitales en educación en todos los países: Exploración de las políticas educativas en tecnologías.

digitales adecuadas es un requisito para mantener sociedades, transformaciones en el conocimiento y economías cada vez más retadoras. En este sentido, la educación tiene dos importantes desafíos: aprovechar los beneficios de las innovaciones digitales para mejorar prácticas y políticas educativas, y preparar a los estudiantes con las habilidades adecuadas para economías y sociedades cada vez más automatizadas. Sin embargo, es clave considerar que para que estos retos de digitalización sean asumidos y resueltos, deben garantizarse cantidades adecuadas de recursos digitales, por lo que, la digitalización de contenidos educativos forma parte de estas estrategias educativas. Así mismo, es esencial el acceso a los recursos digitales, implementando consideraciones sobre acceso abierto y licencias de uso.

Con el ánimo de representar gráficamente los desarrollos y propuestas de la OCDE frente a Transformación Digital, así como los acercamientos conceptuales que plantea, la siguiente nube de palabras recoge y grafica las recurrencias y expresiones basadas en el ejercicio de análisis de contenido realizado.

Nvivo. 2020. OCDE_Transformación Digital

La OCDE (2006) refiere que los ambientes para aprender enriquecidos por el uso de herramientas digitales, favorecen el intercambio, la interacción, la apropiación e identidad con los espacios educativos, por ejemplo, los pizarrones interactivos han favorecido la

comunicación y el intercambio entre estudiantes y docentes. En las escuelas, también se han incorporado pantallas digitales para la señalización de espacios, para emitir mensajes a la comunidad educativa, brindar información de horarios, noticias, actividades, este tipo de experiencias posibilita y agencia la transformación y la cultura digital.

OCDE en su publicación *Escuelas para estudiantes del siglo XXI* (2015), hace referencia a que la tecnología puede ser una plataforma para el aprendizaje basado en la investigación, proporcionando espacios de trabajo colaborativo entre estudiantes, grupos de investigación, clases o redes. Puede también ser el mecanismo sobre el que se basa el aprendizaje basado en la indagación, por ejemplo, el uso de cámaras digitales y grabadores de video pueden recopilan datos en tiempo real, mientras que los computadores portátiles y los equipos móviles, pueden ofrecer un fácil acceso a búsquedas de información en línea.

Según la OCDE en su publicación *Digitalizarse: dar forma a las políticas, mejorar vidas* (2019), la transformación digital se refiere a cambios en el pensamiento y en las formas de interacción de las personas y sus entornos con la tecnología, la información digital y el uso de internet; para que esto sea posible, es fundamental proponer y desarrollar políticas y disposiciones, en este sentido, se plantean los siguientes elementos:

- Establecer un enfoque o una propuesta de liderazgo, que oriente y genere procesos efectivos de transformación digital, reconociendo contextos, culturas, instituciones y trayectorias de las comunidades y países.
- Asignar responsabilidades claras y actores para la coordinación estratégica y la coordinación operativa con el fin de garantizar el desarrollo e implementación de una estrategia nacional de transformación digital (DTS siglas en inglés Digital Transformation Strategy). Trabajar articulada y coherentemente.
- Desarrollar una visión estratégica para direccionar e identificar las principales prioridades y el alcance de los objetivos planteados.

- Garantizar la relación y cohesión entre las distintas estrategias y políticas digitales en diferentes escalas local- nacional – internacional.
- Evaluar y monitorear tendencias digitales clave, políticas y regulaciones relacionadas para identificar oportunidades y desafíos.
- Evaluar la efectividad de las estrategias y/o políticas actuales, identificar brechas y/o incoherencias y alcance.
- Aprovechar el enfoque de liderazgo propuesto, la visión estratégica y los conocimientos del seguimiento y la evaluación para desarrollar una estrategia de transformación digital, integral y coherente.
- Involucrar a todos los actores relevantes en el desarrollo e implementación de la estrategia de transformación digital, incluidas las diferentes sectores, áreas y niveles de gobierno, entidades no gubernamentales y socios internacionales.
- Anticipar y abordar los desafíos de implementación relacionados con las instituciones, políticas, normatividades, capacidad administrativa y técnica.
- Construir, consolidar e implementar un plan de acción con medidas específicas, responsabilidades claras, presupuesto, plazos y objetivos medibles.

La transformación digital impulsa y beneficia a las personas, las empresas, los gobiernos y en esa medida, es fundamental responder a un proceso inclusivo de desarrollo de estrategias, a través de un diálogo abierto entre instancias y actores sociales interesados e implicados, para identificar barreras, intercambiar mejores prácticas y crear oportunidades. El uso de la tecnología facilita cada vez más la participación, el uso de plataformas de registro, de consulta de interacción (OCDE, 2018).

OCDE (2019) menciona que actualmente casi ninguna empresa marcha sin las TIC, su impacto depende del tipo y sofisticación de las herramientas integradas en los procesos empresariales, por ejemplo, la oferta de vacantes se hace en línea, también se incorporan evaluaciones y se digitalizan las formas en como se realizan y propagan los

trabajos de investigación.

La OCDE en su publicación *Estrategias digitales en la educación en todos los países: exploración de políticas educativas sobre tecnologías digitales* (2020) menciona que en relación a la transformación digital se han implementado distintas estrategias, en diferentes países del mundo, por ejemplo,

Turquía planea integrar los datos de los sistemas existentes en un sistema de fácil acceso: Educational Data Warehouse, que también ejecutará una plataforma de análisis de aprendizaje, para evaluar datos académicos de los estudiantes junto con datos sobre sus intereses, talentos y personalidades. Israel ha puesto especial énfasis en su programa de TIC en métodos de evaluación alternativos que promueven el aprendizaje colaborativo. Suecia actualmente realiza pruebas nacionales digitales. La Agencia Nacional de Educación publicó una lista de requisitos técnicos que las escuelas deben tener para implementar las pruebas nacionales digitales para 2020, entre ellas, conexión a Internet estable, suficientes equipos tecnológicos, como computadores, tabletas fijas y auriculares. España se ha basado en el trabajo de la Comisión Europea para publicar un marco común para la docencia, que contenga una propuesta estandarizada para competencias, divididas en cinco áreas: alfabetización en información y datos, comunicación y colaboración, creación de contenido digital, seguridad y resolución de problemas (Comisión Europea, 2013). Alemania aborda una comprensión integral de la alfabetización digital, incluida la competencia como comprensión básica de sistemas digitales, algoritmos y codificación.

Perspectiva Regional

La Alianza para la Promoción de STEM, en su documento *Visión Stem para México* (2019), refiere que las habilidades digitales abarcan un espectro de destrezas en el uso y creación de material digital, desde la alfabetización digital básica, el manejo de datos y el razonamiento cuantitativo, la resolución de problemas y el pensamiento

computacional, hasta la aplicación de conocimientos y habilidades de ciencias de la computación más especializados que se necesitan en la ciencia de datos, ciberseguridad y codificación.

ManpowerGroup (2018) citado por Alianza para la Promoción de STEM de México (2019) refiere que actualmente el mundo se encuentra en medio del fenómeno de la digitalización, a medida que las industrias migran a procesos automatizados más complejos y avanzados, demandan personas para impulsar las transformaciones y el uso de herramientas y equipos tecnológicos, y esto implica las habilidades en el manejo de las Tecnologías de la Información (TICs), por lo que la mayoría de las compañías y sectores, esperan crecer y con ellas que las personas aprendan a pensar y actuar de manera diferente, interactuando con la digitalización y la tecnología. Para el éxito en el mundo digital es clave cultivar la curiosidad y las habilidades para que las personas aprendan a aprender y así responder a los cambios y retos permanentes.

> Las habilidades digitales también desempeñan un papel importante y creciente en la sociedad y la economía, así como en la habilitación de otras disciplinas STEM. Al igual que las matemáticas, las habilidades digitales y la alfabetización digital en particular son esenciales para la participación en la sociedad y en el mercado laboral. Las habilidades digitales abarcan un espectro de habilidades en el uso y creación de material digital, desde la alfabetización digital básica, el manejo de datos y el razonamiento cuantitativo, la resolución de problemas y el pensamiento computacional, hasta la aplicación de conocimientos y habilidades de ciencias de la computación más especializados que se necesitan en la ciencia de datos, ciberseguridad y codificación (p 17).

La alfabetización digital y las ciencias computacionales permiten comparar y elegir recursos tecnológicos y aprovechar sus capacidades y fines. También favorecen diversas formas de comunicación, de obtención, selección, valoración y análisis de información y con ello construir conocimiento. La digitalización representa dinámicas y transformaciones en conceptos, fenómenos y creación de productos. Potencia el desarrollo del pensamiento crítico, creativo, manejo de información, comunicación, colaboración en el uso de tecnología, ciudadanía digital, pensamiento computacional (Alianza para la Promoción de STEM de México, 2019)

Perspectiva Nacional

"La transformación digital hace referencia específicamente a los efectos económicos y sociales derivados de la digitalización, el uso de las tecnologías digitales y los datos para el desarrollo de nuevos productos y servicios (Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico - OCDE, 2019)". (CONPES 3988, 2020 p.8)

"Para profundizar en el significado de la transformación digital es necesario entender la relación que existe entre la digitalización, el uso de las tecnologías digitales y los datos. La digitalización representa la conversión de datos y procesos análogos hacia formatos que pueden ser entendidos y manipulados por máquinas (Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico - OCDE, 2019).

"Por lo tanto, gracias a las tecnologías digitales es posible convertir cada vez más datos y procesos a estos formatos, que también generan nuevos datos que pueden ser manipulados de nuevas formas. Todo esto da origen a una serie de capacidades para la innovación o la creación de nuevos modos de hacer las cosas en distintos sectores económicos. Además, dado que la transformación digital ha sido catalogada como un proceso de transformación social, en la formulación de políticas públicas debe

contemplarse su posible impacto en la profundización de diferencias sociales e inequidad." (CONPES 3988, 2020. P.8)

El CONPES formula una política nacional para la transformación digital e inteligencia artificial. Esta política tiene como objetivo potenciar la generación de valor social y económico en el país a través del uso estratégico de tecnologías digitales en el sector público y el sector privado, para impulsar la productividad y favorecer el bienestar de los ciudadanos, así como generar los habilitadores transversales para la transformación digital sectorial, de manera que Colombia pueda aprovechar las oportunidades y enfrentar los retos relacionados con la Cuarta Revolución Industrial (4RI). (CONPES 3988, 2020. P.9)

El centro de esta política es la transformación digital, ya que este fenómeno está cambiando radicalmente la sociedad y es uno de los principales motores de la 4RI. Esto conlleva grandes retos para Colombia por la pérdida de oportunidad del país para generar valor económico y social, a través del uso de las Tecnologías de la Información y las Comunicaciones (TIC). (CONPES 3988, 2020 p.9)

Para alcanzar el objetivo trazado, es necesario, primero, disminuir las barreras que impiden la incorporación de tecnologías digitales, tanto en el ámbito empresarial como en las entidades del Estado; segundo, crear las condiciones habilitantes para la innovación digital, privada y pública como medio para aumentar la generación de valor económico y social mediante nuevos procesos y productos; tercero, fortalecer las competencias del capital humano que faciliten la inserción de la sociedad colombiana en la 4RI; y finalmente, desarrollar condiciones habilitantes para preparar a Colombia para los cambios económicos y sociales que conlleva la inteligencia artificial (IA), reconociendo esta tecnología como un acelerador clave de la transformación digital. (CONPES 3988, 2020. P.10)

5. Enfoque educativo STEM/STEAM

Educación STEM/STEAM: Enfoque, ruta, propuesta para la integración de disciplinas y saberes en el proceso de enseñanza-aprendizaje, haciendo uso de sus potenciales transversalidades. Es un enfoque apalancado por políticas de ciencia y tecnología, que involucra el uso de recursos físicos y digitales e infraestructura disponible en las comunidades e instituciones educativas, en busca de solución a problemas del contexto, del desarrollo de vocaciones científicas y de la inclusión social

Perspectiva Internacional

STEM es un enfoque educativo y son las siglas en inglés de Ciencia (Science), Tecnología (Technology), Ingeniería (Engineering) y Matemáticas (Mathematics) de formación y educación para garantizar y cultivar saberes y experticias en las personas – jóvenes estudiantes- frente al conocimiento, en donde se requiere de enseñanza actualizada y una formación docente de calidad, que también necesita del respaldo de académicos, científicos, empresarios y de la sociedad en general (Siemens y Universidad de Los Andes, 2017).

La formación STEM/STEAM en Latinoamérica está basada en la perspectiva de la colaboración articulada, de actores relacionados con la temática STEM para el desarrollo sustentable, en este sentido, las reformas educativas, pueden ser una fuerza de movilización y transformación y con ello potenciar el progreso y la sostenibilidad de los territorios, muchos de los problemas actuales relacionados con el cuidado medio ambiental, el cambio climático, la vida y salud humana, la interacción digital, la compra de bienes y servicios, el suministro de energía y la biología entre otros, demandan un

componente técnico y es entonces en donde las llamadas asignaturas STEM, es decir, matemáticas, informática – ingeniería, ciencias naturales y tecnología, proporcionan una formación técnica y de pensamiento complejo e integrativo, necesario para la unión y participación social, así como para la creación de condiciones esenciales en el desarrollo social y económico, siendo conscientes de que el progreso de un país depende del avance tecnológico y científico (Siemens y Universidad de Los Andes, 2017).

Es así como la enseñanza de las ciencias naturales y la tecnología supone un "espacio experimental" propicio para la discusión de valores, necesidades, recursos y formas; donde estas asignaturas (ciencias, tecnología, ingeniería, matemáticas) incitan a preguntar, evaluar, decidir y hacer. No obstante, para que esto sea posible es importante que dentro de la formación a estudiantes y como elementos de soporte, se fortalezcan la solidaridad, la conciencia ecológica y la sostenibilidad (Siemens y Universidad de Los Andes, 2017).

STEM: Enseñanza y aprendizaje en los campos de la ciencia, la tecnología, ingeniería y matemáticas. Eso incluye acciones educativas actividades en todos los niveles de grado, desde preescolar hasta posdoctorado, en espacios formales como las aulas y en espacios informales como los programas extracurriculares (Ciencia con y para la sociedad [SwafS]. Programa Horizonte de Investigación e Innovación, 2020).

STEAM: Es un enfoque educativo y marco de innovación que contempla los campos de la ciencia, tecnología, ingeniería y matemáticas junto con artes/otras disciplinas (STEM + Arte = STEAM o S-TEAM) con el objetivo de que el conocimiento, sea más atractivo, creativo y natural. (Ciencia con y para la sociedad [SwafS]. Programa Horizonte de Investigación e Innovación, 2020).

La Educación STEM (ciencias, tecnología, ingeniería y matemáticas) motiva a los estudiantes a explorar, asimilar y aplicar conceptos y metodologías propias de las ciencias, tecnologías, ingenierías y matemáticas dentro de un marco de colaboración e inclusión.

En donde estos conocimientos son puestos en acción, como competencias en la solución de problemas personales, locales o globales, reconociendo que estas áreas de conocimiento son especialmente críticas para asegurar niveles altos y óptimos de innovación, que conducen a un desarrollo sostenido y continuado a escala humana y social (British Council, 2016).

Por su lado, para STEM Academia (2019), una educación STEM de calidad depende de una buena enseñanza de base, en las áreas de ciencias naturales y matemáticas. Las iniciativas de educación en STEM nacen en los años 90 para responder a tres problemáticas detectadas en los países desarrollados:

1. Un número reducido de nuevos profesionales en áreas STEM frente a las necesidades y demandas del siglo XXI.
2. Una participación minoritaria de las mujeres en varias de las áreas STEM, particularmente aquellas más cercanas a los artefactos tecnológicos y las matemáticas. Se requiere una participación más incluyente en general.
3. Ciudadanos sin las comprensiones y habilidades básicas en las áreas STEM tienen pocas posibilidades de empleo y de desempeño responsable como ciudadanos.

Según el programa "Experimento" de la Fundación Siemens y la Universidad de Los Andes (2017), STEM es una propuesta para aprender investigando, donde es esencial experimentar y descubrir, ganando formación técnica requerida para abordar áreas básicas de la vida humana, el medio ambiente, la sostenibilidad, el cambio climático, el suministro de energía y la biología. El acceso a estos conocimientos hace posible la integración social y crea condiciones para que las personas participen en la sociedad y la economía, generando propuestas y soluciones a situaciones contextuales y globales. "Experimento" fue guiado por un enfoque de educación integral. Por ello, además del conocimiento en ciencias naturales y tecnología, el programa trabajó en la capacidad de

expresión verbal como base para adquirir conocimientos, así como la conexión entre el aprendizaje específico y la capacidad de asumir responsabilidades.

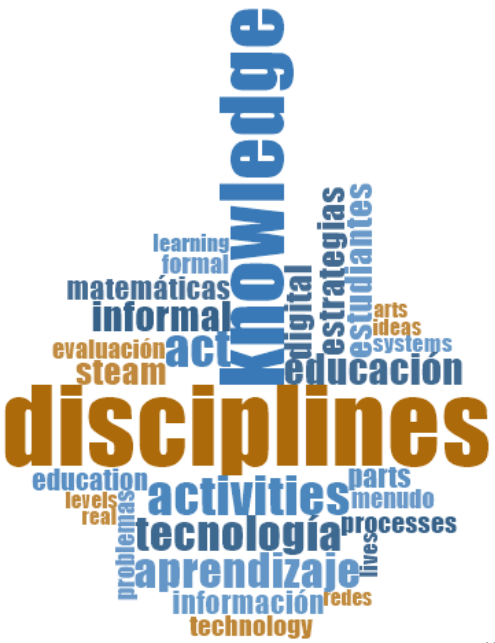
Science Foundation Arizona Innovación en acción (2015) refiere que en general hay un reto esencial en los niveles STEM ya que tradicionalmente son llevados cabo de manera independiente y fuera del programa educativo regular, en ese sentido se hace un llamado a reconocer la educación STEM como una propuesta que anima la colaboración y participación de todo el personal de la escuela, maestros de aula y áreas especiales para resolver problemas, desarrollar proyectos y generar propuestas de solución. Esto implica, desarrollar sesiones planificadas y alineadas por todos los niveles y grados educativos, es una propuesta en espiral, avanzando de menor a mayor complejidad y rigor, y debe comprenderse que la educación STEM está basada en una perspectiva constructivista, con una visión y proyección de contenido integrado en todas las materias, es una apuesta de instrucción interdisciplinaria, por lo que se requiere que dentro de los actores también se involucre a las familias, al sector empresarial y a la comunidad en general, dado que esto favorecerá una cultura STEM, donde la escuela es solo uno de los escenarios para su desarrollo e incorporación.

Ahora, según lo referido desde el Modelo Arizona, en cada uno de sus programas, se ha propuesto, generar conexiones entre los aprendizajes, en donde la realización de productos resulta de problemas y procesos investigativos, explorando STEM, integrando la tecnología, el diálogo con expertos y comunidades en el proceso de formación. STEM se reconoce entonces, como una manera de cruzar e intercambiar saberes, experiencias, temas y abordajes.

Por su lado la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico -OCDE- (2016) menciona que la educación STEM, refiere que el aprendizaje y uso de las matemáticas básicas, está vinculada con la capacidad de acceder, usar, interpretar y comunicar información e ideas aritméticas y cuantitativas para manejar diferentes

exigencias a situaciones cotidianas. La educación STEM también contempla la comprensión lectora, relacionándola con la capacidad de entender, evaluar, usar e interactuar con textos escritos para participar en sociedad, lograr propósitos y desarrollar conocimiento. Así mismo, refiere que la solución de problemas en ambientes tecnológicos se relaciona con la habilidad para usar tecnologías digitales, herramientas y redes de comunicación para adquirir y evaluar información, comunicarse con los demás y desempeñar tareas prácticas.

Ahora, en relación a las propuestas y desarrollos de la OCDE, sobre educación STEM, la siguiente nube de palabras recoge y representa de manera gráfica, las recurrencias y expresiones que, en el ejercicio de análisis de contenido, destacan los aspectos centrales que la OCDE ha planteado.



Nvivo. 2020. OCDE_Educación STEM

Según el British Council (2016) STEM se basa en un enfoque que busca integrar los saberes y técnicas de todas las disciplinas en la metodología de enseñanza, y así mismo, potenciar y aprovechar sus transversalidades. Este enfoque se basa en la enseñanza a través de la conexión entre dos de las áreas utilizando una para reforzar conceptos de la

otra. “Por ejemplo, metodologías que usan tecnología para reforzar conceptos en ciencias o matemáticas o matemáticas para entender ingeniería y tecnología”. Es valioso alertar que cuando se habla de las ciencias, no se debe limitar a las tradicionalmente llamadas ciencias duras, sino que incluye ciencias sociales y también, cuando se dice tecnología, no se debe limitar a las tecnologías de la información. Otro aspecto a señalar, es que los cursos de ciencias y matemáticas son el eje de partida para el enfoque STEM.

Ampliando la discusión y comprensión de cómo correlacionar las disciplinas y cómo no confinarlas a las definiciones convencionales, surgen perspectivas constructivas que centran el debate, no en la definición de educación STEM, sino en las metas y propósito que persigue (el sentido, el para qué), con el fin de establecer un marco de trabajo y la inclusión de más áreas clave para la generación de competencias de creatividad, como el arte, extendiendo la mirada y profundidad para iniciar a hablar de educación STEAM (British Council, 2016)

La educación STEM busca desarrollar capacidades para solucionar problemas, generando preguntas, alternativas e investigaciones que recopilan y organizan datos, analizando información, concluyendo y poniendo en práctica saberes y experticias en situaciones mediáticas, en situaciones nuevas, emergentes e innovadoras. Entonces, estos serían principios y características esenciales en la educación STEM (Morrison, 2006 citado por el British Council, 2016)(p22.):

- Innovación: Usar creativamente los conceptos y principios de Ciencias, Matemáticas y Tecnología, poniéndolos en práctica en los procesos del diseño de ingeniería.
- Invención: Usar conceptos y principios de las áreas STEM en procesos de diseño en ingeniería.
- Autosuficiencia: Capacidad para tomar iniciativas, plantear agendas de trabajo, planear actividades y cumplir con marcos de tiempo para desarrollarlas.

- Pensamiento lógico: Capaces de aplicar el pensamiento racional y lógico de las ciencias, las matemáticas y el diseño en ingeniería para plantear innovaciones e invenciones.
- Información y familiaridad con las áreas STEM: Entender y explicar la naturaleza de la tecnología, desarrollar habilidades necesarias para adaptarla, aplicarla y trabajarla. Además de reconocer cómo las áreas STEM crean y son parte de nuestros entornos culturales e intelectuales.

Principios y características de soporte en la educación STEM:

- Trabajo colaborativo e inclusivo: Trabajar de manera colectiva, garantizando la participación de todos y todas (mujeres, personas con discapacidad, otros)
- Promover el desarrollo humano: Bienestar, salud, capacidades humanas, libertades.
- Enfoque global y transversal: Busca estar en todos los niveles educativos
- Incentiva la interdisciplinariedad: Diálogo de saberes, construcciones y propuestas desde diferentes perspectivas
- Uso de tecnologías emergentes: Reconoce lo nuevo, lo innovador y lo trabaja tanto en el aula como fuera de ella.
- Integración de aprendizajes: El aprendizaje vivencial es viable si se integra en el currículo.

Los nuevos marcos de educación STEM trabajan desde la accesibilidad, tanto física como cognitiva, en donde el diseño universal en educación, debe constituirse en un recurso fundamental, para esto, es significativo promover prácticas, estrategias y currículos flexibles, al tiempo que se debe explorar la tecnología como una herramienta determinante no solo en el aula, sino en todos los procesos y ambientes de enseñanza - aprendizaje (British Council, 2016).

STEM es un entorno que favorece emociones, reacciones y vínculos con el conocimiento, es un ambiente acogedor para el aprendizaje, dando lugar a la pregunta, al error, al contraste y al pragmatismo, conecta la vida real y práctica con abordajes teóricos, fortaleciendo la relación ciencia-sociedad. STEM une elementos de diferentes saberes culturales, científicos y técnicos, construyendo conocimiento e integrando perspectivas diversas por raza y edad dentro y fuera del aula de clase. En la educación formal como informal se diseñan y aplican metodologías basadas en un aprendizaje activo, que incluye a) aprendizaje basado en proyectos, b) aprendizaje basado en problemas (PBL) y c) aprendizaje basado en diseño de ingeniería (British Council, 2016).

STEM es también una cultura científico-tecnológica que es abordada en los museos que no solo toman las áreas específicas de STEM, sino que incluyen temáticas transversales de arte, diseño y música. En los centros educativos se promueven enfoques de ingeniería y ciencias orientadas a entender cómo operan y funcionan las cosas y en diseño, cómo las personas interactúan, usan y experimentan con ellas. El conocimiento en áreas STEM también propende a la construcción de sociedades más incluyentes. Es aquí donde la oportunidad de implementar metodologías aplicadas al aprender-haciendo y al aprender-interactuando se vuelven útiles para trabajar en nombre de la inclusión desde las competencias STEM (British Council, 2016).

En la educación STEAM se promueve el aprendizaje por indagación como metodología, es decir, se privilegia la pregunta y la investigación, de modo que ayuda a desarrollar la curiosidad, el pensamiento crítico y la capacidad para pensar y proponer soluciones a los problemas, así como el aprender haciendo, pasando de la práctica a la teoría. En este orden de ideas, es trascendente renovar la pedagogía implementando la exploración y la Educación en Ciencia Basada en la Indagación (IBSE por sus siglas en inglés), donde indagar significa interactuar para construir hipótesis, experimentar, analizar resultados y luego debatir, comunicar y concluir. Se puede pensar que por las formas de interacción con el conocimiento de la enseñanza IBSE en STEM, esta también juega un papel

fundamental en la formación de ciudadanos y ciudadanas que respetan las diferencias, porque indagar exige interactuar, argumentar, intercambiar y trabajar de forma colaborativa (British Council, 2016).

Varios estudios sugieren que la innovación y el emprendimiento están ligados a competencias fuertes en ciencia, tecnología, ingeniería y matemáticas, pero también a un aspecto central como la ciudadanía, que reta la capacidad para tomar decisiones y de ser críticos con la información que circula y se recibe del entorno.

Perspectiva Regional

Según la Fundación Chile, en su publicación "*Preparando a Chile para la sociedad del conocimiento"* (2017) la sigla STEM fue acuñada durante la década de 1990 por la National Science Foundation de Estados Unidos para referirse al conjunto de disciplinas de ciencia, tecnología, ingeniería y matemáticas (Science, Technology, Engineering y Mathematics) en donde se plantea que de la articulación de estas cuatro disciplinas, pueden emerger nuevas soluciones para promover la competencia, innovación y desarrollo del país.

En ese mismo documento se refiere que la "educación STEM pasó de ser un movimiento liderado por políticos y empresarios con foco en la productividad y competitividad nacional, a ser un movimiento educativo, orientado a potenciar los aprendizajes de los estudiantes, en sus conocimientos y habilidades.

De STEM a STEAM, este cambio sigue al "objetivo coreano de ser la nación líder en innovación dinámica a nivel mundial" (p.9), para lo cual el impulso de la creatividad en los estudiantes es considerado fundamental, tomen o no una trayectoria de educación superior STEM, es así que Corea incorpora las artes y el diseño dentro de su currículo escolar integrado. De esta manera, el enfoque STEAM busca facilitar los vínculos en los

procesos de pensamiento lógico y creatividad, en donde esta última, se considera como la capacidad para generar nuevas ideas, para hacer uso de distintos recursos y para impulsar la innovación.

Abordar el enfoque STEAM, significa reconocer que la ingeniería, la tecnología, junto a las ciencias naturales, pueden trabajar conjuntamente y de manera interdisciplinar en sus objetivos, programas, instrucciones y evaluaciones por dos razones esenciales: 1) reflejar la importancia de entender el mundo creado por el ser humano junto al natural, y 2) reconocer el valor del aprendizaje y enseñanza integrado. Vislumbrando a las matemáticas como el lenguaje de la ciencia, tecnología e ingeniería, y a las artes como un componente de la expresión de las mismas, con el fin de potenciar la complejidad en el conocimiento y buscar abordajes integrados a situaciones o problemas (Fundación Chile, 2017).

En razón a lo anterior entonces se comprende que la educación STEM es una aproximación interdisciplinaria al aprendizaje, en la que los conceptos académicos se enlazan a necesidades reales del mundo, en contextos sociales, laborales, industriales y en la que los estudiantes aplican ciencia, tecnología, ingeniería y matemáticas, en donde también se busca que la escuela genere conexiones, diálogos y proyectos con otros sectores sociales. De esta manera podría llamarse que es necesario desarrollar una alfabetización STEM y las habilidades para competir en economías y transformaciones del mundo contemporáneo. Esta alfabetización STEAM comprende tres enseñanzas: numérica, científica y TIC, para facilitar el desarrollo de dos competencias clave: el pensamiento crítico y la creatividad, en donde la incorporación de metodologías experimentales, propias de las disciplinas STEAM, promueve el desarrollo de la curiosidad, la iniciativa, la persistencia y la adaptabilidad, de esta forma, en la medida en que se desarrollen estas habilidades, las sociedades transitarán hacia la equidad en el conocimiento (Fundación Chile, 2017).

Las ocupaciones STEAM se desarrollan en espacios multidisciplinarios, y por ello es necesario contar con espacios de encuentro, como espacios maker, laboratorios de fabricación digital (fablabs), infraestructura común y/o abierta, en donde se dé la posibilidad de experimentar y hacer uso de conocimientos para la solución de situaciones (Fundación Chile, 2017).

Ahora, en México, la Alianza para la Promoción de STEM, en su documento *Visión Stem para México* (2019), ha dicho que las realidades actuales, exigen personas y profesionales capaces de crear y poner en acción, procesos operativos eficientes, veloces y flexibles, en los que el uso de la tecnología es indispensable. Es por esto que es fundamental desarrollar nuevas habilidades y conocimientos en materias de ciencia, tecnología, ingeniería y matemáticas (STEM), según ellos, éstas son las áreas que en el futuro generarán nuevas formas de trabajo, mayor crecimiento económico y social y conducirán a la innovación social. El enfoque STEM es una tendencia mundial y busca formar en las personas, habilidades y capacidades como el pensamiento creativo, reunir evidencias y hacer uso efectivo de la información y el trabajo colaborativo. Estos, como aspectos esenciales para la innovación, el desarrollo sostenible y el bienestar social.

La Educación en STEM potencia el aprendizaje integrado, en donde el razonamiento lógico, causal y deductivo en las matemáticas, el diseño y optimización de procesos en ingeniería, la indagación en las ciencias, así como el pensamiento computacional en los campos de la tecnología, son todos estrategias para resolver problemas (Aran Glancy y Tamara Moore, 2013, citado por Alianza para la Promoción de STEM, 2019) (p.13). Cada área tiene sus fortalezas y debilidades, y en oportunidades cada uno puede ser más adecuado para resolver algún tipo de problema que otro. Aprender a usar los diferentes aprendizajes es sólo el comienzo, aprender a elegir cuándo utilizar alguno de ellos para resolver problemas específicos, y aprender a combinarlos para resolver problemas complejos, es a lo que apunta la Educación en STEM (p.13).

STEM es un aporte desde la educación para la creación de ciudadanos críticos, habilitados para buscar soluciones a los problemas cotidianos y complejos, como, por ejemplo, el cambio climático, la seguridad alimentaria, la cura de enfermedades (Andrade, 2018). Por esto se requiere de personas formadas desde la escuela, con competencias STEM: Pensamiento crítico, creatividad, resolución de problemas, alfabetización de datos, comunicación, colaboración, alfabetización digital y ciencias computacionales.

Se dice entonces, que la educación STEM (p.30):

- Se basa en la solución de problemas sociales reales, abonando al cumplimiento de la Agenda 2030 de la ONU.
- Propone trabajo colaborativo y en equipo incluyente, brindando un entorno muy propicio para el desarrollo de las habilidades socioemocionales.
- Trabaja los campos de la Ciencia, Tecnología, Ingeniería y Matemáticas de forma interdisciplinaria y transdisciplinaria, y las habilidades asociadas a las disciplinas, en particular la indagación.
- Aplica el Proceso de Diseño de Ingeniería (investigar, imaginar, planear, crear un prototipo, practicar y evaluar, mejorar e iterar y finalmente preguntar).
- Utiliza con rigor las ciencias y las matemáticas y propone el uso de la tecnología.
- Desarrolla habilidades de lenguaje y comunicación, impulsando a plantear soluciones con una comunicación rápida, ágil y eficaz.
- Prepara a los niños, niñas, adolescentes y jóvenes para tener bases sólidas en STEM, descubrir sus talentos en estas áreas y con ello sentar las bases para orientarlos hacia la elección de carreras relacionadas con STEM y/o impactar positivamente en los logros de su plan de vida personal y profesional.

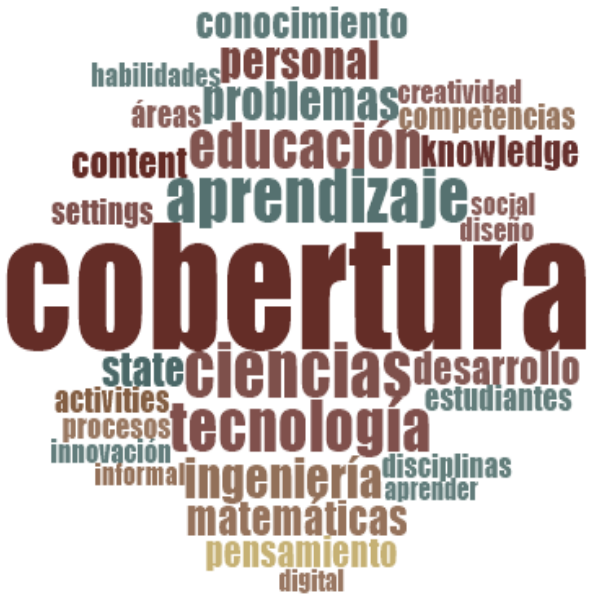
Las prácticas pedagógicas STEM están basadas en el enfoque socio constructivista, en donde es fundamental la interacción social, la necesidad de explorar nuevas formas de lograr el aprendizaje y un contexto en el cual los procesos sociales y situacionales son relevantes. De esta manera, se implementan estrategias que promueven la indagación, la creatividad, la colaboración y la motivación. Se destaca el aprendizaje basado en preguntas, problemas y proyectos, permitiendo a los estudiantes, construir y organizar conocimientos, valorar alternativas, aplicar contenidos y presentar resultados (Alianza para la Promoción de STEM,2019).

Las siguientes son competencias STEM propuestas por la Global STEM Alliance y adaptadas por Villavicencio, 2018, citadas en "*Preparando a Chile para la sociedad del conocimiento*" (2019):

1. Pensamiento Crítico/ Creatividad/ Resolución de Problemas: Desarrolla el pensamiento crítico y resuelve problemas con creatividad
2. Resolución de problemas: Fortalece su pensamiento matemático
3. Alfabetización de datos: Gusta de explorar y comprender el mundo natural y social / Muestra responsabilidad por el ambiente / Cuida su cuerpo y evita conductas de riesgo.
4. Comunicación: Se comunica con confianza y eficacia
5. Colaboración: Tiene iniciativa y favorece la colaboración
6. Alfabetización digital y Ciencias Computacionales

Las competencias STEM, se adquieren y potencian en escenarios educativos la interacción a través de actividades con un significado real, útil e interesante en la vida cotidiana, la implementación de estrategias didácticas y así propiciar la transformación de las dinámicas que se llevan a cabo en el salón de clases, es también importante favorecer la igualdad de oportunidades a través de prácticas educativas incluyentes y de lógicas de equidad de género. (Villavicencio, 2017, citado en Preparando a Chile para la sociedaddel conocimiento", 2019)

La siguiente nube de palabras, permite una representación de las recurrencias y aspectos centrales en relación con el enfoque STEM/STEAM, contenidos en los documentos revisados, en el contexto regional.



Nvivo. Contexto Regional

Perspectiva Nacional

El Ministerio de Educación proponen los siguientes principios para el enfoque educativo STEM+A:

I. Integralidad: El enfoque educativo STEM+A deberá contemplar la implementación de estrategias didácticas, metodológicas y pedagógicas para que los estudiantes interactúen con las áreas de conocimiento de forma interconectada e integral, relacionándolas con situaciones reales y favoreciendo la comprensión y aplicabilidad de los conocimientos adquiridos a problemas de diferente índole que se abordan y solucionan de forma interdisciplinar y contextualizada. (MEN, S.F. p.86)

II. Inclusión: Este principio habilita el derecho universal que tienen todos los colombianos de acceder a una educación equitativa y de calidad. El enfoque educativo STEM+A deberá desarrollar acciones con énfasis en una educación inclusiva que promueva la participación activa de las niñas y la contextualización de los procesos en las comunidades étnicas, rurales o en condiciones de vulnerabilidad. También deberá generar dinámicas para que la población en condiciones de discapacidad pueda formarse en igualdad de condiciones. (MEN, S.F. p.86)

III. Colaboración y confianza: Se enfatiza la necesidad de aprender a construir y transformar con el otro a partir de la confianza. El enfoque educativo STEM+A se materializa desde la pluralidad, el respeto hacia la diferencia y la complementariedad de pensamientos e ideas desde una mirada transdisciplinar para abordar problemáticas del territorio y así generar transformaciones educativas y sociales que lleven a un bien común. En este sentido, promueve y consolida espacios seguros y ambientes democráticos de colaboración y aprendizaje en los que todos puedan participar activamente y experimentar sin temor a equivocarse en la construcción conjunta de soluciones en beneficio de todos. (MEN, S.F. p.86)

IV. Aprendizaje expandido: El enfoque STEM+A deberá estar en la constante búsqueda de un aprendizaje que trascienda los límites físicos e imaginarios de la escuela. Propone abrir sus puertas para que esta se vincule activamente a su contexto inmediato y haga de los escenarios escolares espacios expandidos de enseñanza y aprendizaje. De este modo, la escuela se entiende como parte de un ecosistema que traspasa fronteras para expandirse continuamente y en el que hay apropiación de conocimiento en todos los momentos y lugares. (MEN, S.F. p.87)

V: Empoderar para transformar: El enfoque STEM+A deberá dirigir sus esfuerzos a formar ciudadanos críticos, creativos y que se apropian socialmente de conocimientos a partir de los desarrollos científicos y los saberes locales. Se deberá caracterizar por hacer

uso de las ciencias (incluidas las humanidades), las matemáticas, la tecnología, la ingeniería y las artes para abordar problemáticas complejas y hallar soluciones para transformar condiciones del entorno e impulsar cambios para el bienestar de todos, sin perder de vista los principios éticos y la responsabilidad de sus acciones. (MEN, S.F. p.87)

Para hablar de educación STEM a nivel nacional se podría tomar como referente el documento presentado por la ciudad de Medellín en el que se propone apuntar a los procesos de enseñanza y aprendizaje interdisciplinario basado en proyectos, en indagación, en problemas, en investigación, en retos, entre otros; en donde los docentes o facilitadores deben tener las competencias necesarias para centrar la enseñanza en los intereses de los estudiantes, ya que, un estudiante con formación STEM no solo será un innovador, un pensador crítico, sino que también será capaz de hacer conexiones significativas entre la escuela, su comunidad, el trabajo y los problemas del mundo real.

Este documento se menciona, pues 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 (Secretaría de Educación de Medellín, 2017). A partir de allí, se vienen implementando en el territorio una serie de acciones que jalonan, entre otros, los procesos educativos para generar transformaciones y 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 (Colombia. Congreso de la República, 2017).
- 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

o 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 a la generación de conocimiento con relación a tecnologías emergentes como el internet de las cosas, la inteligencia artificial, el Blockchain, etc.

Medellín, entonces, ha entendido 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) es asumido como un enfoque integrador donde el conocimiento se construye teniendo en cuenta las características de los contextos, el vínculo del desarrollo de lo humano a los procesos formativos y la proyección a la comunidad como propósito de lo educativo. Así, la escuela, la comunidad, el sector empresarial y el Estado se unen para ofrecer a las nuevas generaciones la posibilidad de desarrollar habilidades laborales y sociales que respondan a los cambiantes desafíos del mundo globalizado.

En el modelo de implementación (Arizona STEM Network, Science Foundation Arizona y The Maricopa County Educational Services Agency (2017). The Stem Immersion Guide. Scottsdale, AZ: Science Foundation Arizona.) la mayoría de las instituciones educativas se concentran en los programas de media que preparan a los estudiantes para la vida laboral o el tránsito para la educación superior. En el modelo se amplía este tipo de experiencias a otros grados y a otro tipo de participantes, incluyendo también a las familias de los estudiantes y la comunidad general, a demás de lo anterior, se integra en mayor medida la investigación escolar en las prácticas, programas o proyectos

visibilizando aún más el enfoque STEM+H, y 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, desarrollar competencias para la vida y las competencias del siglo XXI necesarias para trabajar con otros, habitar el mundo, pensar y hacer en contexto.

Según la secretaría de educación de Medellín, en su documento: 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, propone que: "La educación STEM apunta a los procesos de enseñanza y aprendizaje interdisciplinario basado en proyectos, en indagación, en problemas, en investigación, en retos, entre otros; en donde los maestros o facilitadores deben tener las competencias necesarias para centrar la enseñanza en los intereses de los estudiantes, ya que, un estudiante con formación STEM no solo será un innovador, un pensador crítico, sino que también será capaz de hacer conexiones significativas entre la escuela, su comunidad, el trabajo y los problemas del mundo real." (2019. P.14)

La secretaría de educación de Medellín afirma 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. (SEM, 2019)

"En la mayoría de las instituciones educativas de Medellín (61.8%) ya se han tenido experiencias educativas STEM+H y la totalidad de estas, implementa estrategias didácticas activas, enfocadas en el trabajo con áreas integradas, asumiendo la posibilidad

de resolver problemas de la vida real a través del aprendizaje situado, la colaboración y la aplicación de conocimiento en la realización de productos." (SEM, 2019 p. 132)

El trabajo interinstitucional, con organizaciones externas y con aliadas son de vital importancia en la implementación de la educación STEM+H, factor que se ha ido consolidando pues responde a la necesidad de articular los clústeres con las Instituciones Educativas. (SEM, 2019)

6. Educación científica

Educación científica: Como medio, fin y cultura de vida, tiene que ver con el aprendizaje, forma de comprender, apropiar, sentir y actuar en el mundo en el cual se vive y se está. Potencia la creatividad, la duda, la racionalidad y la innovación. Es una propuesta frente al conocimiento situado, contextualizado y transversalizado en escenarios de aprendizaje y educativos, cultivando la búsqueda de soluciones a distintos problemas, toma de decisiones, lectura y análisis de información, reflexiones y pensamiento crítico y propositivo, basado en procesos rigurosos, sistemáticos, comparados e investigativos.

Perspectiva Internacional

Kuhl, P. y col. (2019). Mentes en desarrollo en la era digital: hacia una ciencia del aprendizaje para el siglo XXI. Educación, Investigación e Innovación Educativa, Publicaciones de la OCDE, París.

La educación científica, es una inversión para el aprendizaje, el desarrollo humano y social, en donde es esencial abordar y trabajar desde la primera infancia, dado que ese momento es crucial para impulsar procesos y dinámicas que repercuten en posibilidades de desarrollo para el mundo y la humanidad; hacer énfasis en el aprendizaje temprano puede tener efectos en cascada y acumulativos a medida que el niño o la niña crecen y se desarrollan como estudiantes y ciudadanos. La exploración de entorno, las formas de aproximación al mundo, el proceso de descubrimiento, son factores fundamentales para ser potenciados en los niños y con ello, favorecer el pensamiento científico.

Las propuestas formativas que involucran las familias y entornos inmediatos en los niños, son esenciales para la cultura del aprendizaje, para orientar los talentos e intereses en los niños, en ese sentido, la sociedad en general se beneficiará de personas que vayan cultivando saberes, experiencias, capacidades para responder y transformar de manera positiva las realidades y preocupaciones sociales, así mismo, el conocimiento debe abordarse desde múltiples disciplinas científicas que cooperan en la solución de problemas y necesidades, pero en donde es necesario culturizar y llevar procesos de largo alcance en las personas, para favorecer el interés por el conocimiento, el diálogo y la construcción con otros.

La ciencia de la enseñanza de la ciencia: una exploración de las prácticas de enseñanza de la ciencia en PISA 2015. Documento de trabajo de la OCDE sobre educación núm. 188 (2018).

La enseñanza de las ciencias, es una posibilidad de indagación sobre los fenómenos naturales y sociales, para ello, es importante impulsar la construcción de redes de conocimiento, y no parcializar y dividir disciplinariamente los aprendizajes, los enfoques que impulsan las transversalidades se vuelven más diversos, complejos, contextualizados y de interés para los estudiantes, así como más incluyentes porque ayudan a cerrar brechas, por ejemplo de género, para la elección y gusto por los saberes y profesiones con valores científicos. Una manera de movilizar esos valores y acercamientos a la educación científica es el enfoque STEM, dado que este busca potenciar los intercambios, las preguntas, las formas de solución a problemas, de manera conectada con distintos saberes, así como también se va estimulando los aptitudes y capacidades para que los estudiantes opten por caminos de formación en carreras científicas y tecnológicas.

Otro de los aspectos clave en la formación para la educación científica es la capacidad de instrucción y orientación de los maestros, las dinámicas que se proponen, así como el uso de herramientas y recursos ayudará a que se fomente el disfrute e interés en la ciencia, la

construcción de creencias y saberes de los estudiantes basados en la ciencia, y el fomento de las expectativas para continuar en procesos formativos que integren las ciencias.

Según el modelo de Arizona, propuesto y desarrollado por la *Science Foundation Arizona Innovación en acción* (2015) la educación científica se comprende como un proceso y un medio por el cual se propone vivir y experimentar la ciencia y la tecnología en el escenario escolar y bajo una dinámica de construcción conjunta entre estudiantes y profesores. Para ello se plantea el desarrollo y la implementación de cuatro niveles que se basan en grados de complejidad y participación de los actores (estudiantes y profesores) (Science Foundation Arizona, 2014; Siemens, 2017; Stem Academia, 2019):

a. Nivel exploratorio: Es una propuesta de experiencias extracurriculares, ofreciendo oportunidades a los estudiantes y profesores para acercarse a la ciencia y tecnología a través de itinerarios de verano, ferias científicas, clubes de robótica, producción de videoclubes, etc.

Ejemplos del programa exploratorio, en Colombia se desarrolló "Pequeños científicos" que fue un Proyecto de ciencias naturales de la institución francesa "La main à la pâte" creado por la "Académie des Sciences" de París, en el que a través de sencillos experimentos se realizó un acercamiento a los niños y niñas a las ciencias naturales.

En el año 2007, la Fundación Siemens Colombia propuso la experiencia "Discovery Box" dirigida a niños y niñas y jóvenes, la cual buscó a través de diversos recursos y grados de complejidad, favorecer la curiosidad, la indagación, la búsqueda de alternativas de solución y respuestas a situaciones planteadas.

Así mismo, se desarrollaron cursos de formación para los profesores, con el propósito de reconocer y apropiar en sus espacios formativos, un enfoque de aprendizaje basado en el experimento, en la experimentación.

b. Nivel introductorio: Es una propuesta complementaria en el espacio de aprendizaje regular, que busca reconocer y potenciar lo desarrollado en clases, para que estudiantes y profesores, compartan a través de productos elaborados, resultados o procesos de sus aprendizajes. Estos pueden ser socializaciones e intercambios en el escenario escolar, ferias científicas, noches STEM vespertinas, otros.

c. Nivel de inmersión parcial: Es una propuesta de experiencias que se integran y se transversalizan en el plan de estudios, basado en el desarrollo de proyectos, unidades de aprendizaje o problemas compuestos; se propone la enseñanza STEM, como una manera de relación con el aprendizaje. Es una como una "escuela dentro de la escuela".

d. Nivel de inmersión completa: Es una propuesta, en donde la experiencia escolar, está estrechamente relacionada con STEM y se incorpora dentro de un enfoque temático transversal a todas las áreas de conocimiento. Es un ambiente de trabajo y aprendizaje basado en problemas, es un ambiente de colaboración para proponer soluciones, generar ideas, resolver de manera constante retos.

Ahora, en relación a la propuesta del Modelo Arizona, la siguiente nube de palabras, recoge y representa de manera gráfica, las recurrencias y expresiones que, en el ejercicio de análisis de contenido, destacan los aspectos centrales que componen y propone el modelo.

Nvivo. 2020. Modelo Arizona

Por su parte la Unión Europea en su publicación *Políticas nacionales, prácticas educativas e investigación de Europa* (2011), refiere que la enseñanza de las ciencias en la escuela primaria tiene un fuerte impacto a largo plazo, que corresponde al tiempo de construcción de la motivación intrínseca, asociada a efectos duraderos. La infancia es ese momento de la vida en la que se tiene un fuerte sentido de la curiosidad de manera natural. Es por esto que valdría la pena promover la cultura científica desde la infancia, como ese deseo y proceso de familiarización de los niños y niñas estudiantes, con los conocimientos científicos, este reto también es esencial y debería enmarcar la educación, una educación científica.

Para fortalecer la educación científica es esencial, centrar visiones y acciones sobre estudiantes y docentes:

- Mejorar y apoyar en el plan de estudios, la implementación de materias y enseñanza de las ciencias.

- Proporcionar a los profesores un permanente y continuo desarrollo profesional, (Continuing Professional

Development -DPC-) centrado en el trabajo práctico y el aprendizaje basado en la investigación.

- Apoyar a los estudiantes en la creación y desarrollo de actividades científicas

- Fortalecer la vinculación de estudiantes a proyectos de Matemáticas, Ciencia y Tecnología, alentando los talentos y motivaciones de los estudiantes, esto conducirá a la elección y formación en áreas de ciencia, matemáticas y tecnología.

Ahora, frente a la enseñanza de las ciencias, es fundamental reconocer los enfoques integrados, en primer lugar, la integración parece tener "sentido común" o "validez aparente" (Czerniak, 2007) ya que en la vida cotidiana y en espacios sociales, culturales, productivos y empresariales, el conocimiento y la experiencia no se separan en temas distintos. Esto permite enfatizar que los límites de las disciplinas, como se hace tradicionalmente, no reflejan, ni permiten lecturas contextuales a las necesidades contemporáneas, en donde la investigación científica en sí, es toda una posibilidad y una construcción integradora e interrelacionada (James et al., 1997; Atkin, 1998).

En segundo lugar, es importante enfatizar en el proceso de construcción del conocimiento, en donde la enseñanza de la ciencia tenga un enfoque holístico y de conexión entre diferentes disciplinas, de esta manera, se conduce a nuevas formas de pensamiento y conocimiento (Riquarts y Hansen, 1998) que vinculan varias habilidades (Ballstaedt, 1995), se desarrolla el pensamiento crítico y complejo, y una comprensión más profunda sobre las realidades (Czerniak, 2007). Finalmente, subyacente como idea, que la enseñanza integrada motiva a profesores como a estudiantes (St. Clair y Hough, 1992).

También se define la alfabetización científica como "sentirse cómodo y competente con las ideas científicas amplias, con la naturaleza y procesos de la ciencia, así como tener la capacidad de utilizar estas ideas en la toma de decisiones como ciudadanos informados y comprometidos" (Harlen 2009, pág. 34). La perspectiva constructivista o cambio conceptual en el contexto de la educación científica tiene una larga historia y "la mayor influencia dentro de la comunidad de educación científica" (Anderson 2007, p. 7). El objetivo del cambio conceptual es, por tanto, reorientar la comprensión de los estudiantes a ciertos fenómenos, y transitar de conceptos "ingenuos" hacia conceptos científicos. Para lograr este objetivo, los profesores pueden ayudar a los niños a probar ideas, hacer que se vinculen ideas obtenidas de diversas experiencias y exponerlos a diferentes situaciones (Harlen, 2009). Recursos como las preguntas, la observación, la entrevista, así como los diagramas, representaciones gráficas y mapas conceptuales introducen a los estudiantes a ideas iniciales sobre situaciones, fenómenos y realidades.

El conocimiento de la ciencia potencia que la población participe activamente en sus entornos y que sean ciudadanos responsables, creativos e innovadores, capaces de trabajar en colaboración, plenamente conscientes y familiarizados con los complejos retos que enfrenta la sociedad. La educación científica favorece el desarrollo de las sociedades, pues es una herramienta poderosa que ayuda a comprender y explicar el mundo, a orientar el desarrollo tecnológico y la innovación, y a planificar y pensar el futuro y la vida.

Según la Unión Europea (2016), la educación científica:

- Promueve una cultura de pensamiento investigativo, crítico y reflexivo, inspira a los jóvenes a utilizar el razonamiento para la toma de decisiones, haciendo ejercicios de contraste y comparación, para llegar a procesos y conocimientos confiables.

- Asegura que los ciudadanos tengan la confianza, los conocimientos y las habilidades para participar activamente en un mundo científico y tecnológico cada vez más complejo.

- Desarrolla las competencias para la resolución de problemas y la innovación, así como el pensamiento analítico y crítico que son necesarios para empoderar a los ciudadanos, para llevar una vida personal, socialmente responsable y comprometida profesionalmente, promoviendo la solidaridad a nivel local, nacional, regional y global.

- Inspira a niños y estudiantes de todas las edades y talentos a aspirar a carreras científicas y otras ocupaciones y profesiones que sustentan las sociedades y economías, intensivas en conocimiento e innovación y en las que pueden ser creativos y exitosos.

- Permite que las organizaciones públicas, privadas, el sector empresarial y productivo, encuentren personas con talentos, conocimientos y capacidades, para promover y nutrir un entorno innovador y con ello, favorecer la inversión, el trabajo y el vivir.

- Potencia la participación activa y responsable en la comunicación científica pública, los debates y la toma de decisiones como compromiso activo de los ciudadanos, frente a los grandes desafíos a los que se enfrenta la humanidad en la actualidad.

En concordancia con lo anterior, el Programa de Investigación e Innovación Horizonte 2020, financiado por la Unión Europea, recomiendan seis objetivos clave, que en combinación pueden ayudar a estimular los cambios sistémicos necesarios para generar un efecto sostenible de sociedades y comunidades:

1. La educación científica debe ser un componente esencial de un continuo de aprendizaje para todos, desde la educación preescolar, secundaria y terciaria hasta la ciudadanía activa y comprometida. Esto permitiría a todos los ciudadanos explorar, comprender y aplicar la ciencia y la tecnología en su vida diaria y participar en el debate democrático. El sistema educativo debe abordar las desigualdades socioeconómicas, de género y culturales a fin de ampliar el acceso y brindar a todos los talentos las oportunidades para buscar la excelencia tanto en los procesos de aprendizaje como en los resultados. Como parte del cambio, es importante una profunda familiaridad con la cultura, los valores, la actitud positiva y la voluntad de aprender más sobre la ciencia, la curiosidad por el mundo que nos rodea, aprender a actuar y pensar como un científico y comprender la naturaleza de la ciencia, la cual proporciona una base sólida para el futuro.

2. La educación científica debe centrarse en las competencias con énfasis en el aprendizaje a través de la ciencia y el cambio de STEM a STEAM (ciencia y tecnología interpretadas a través de ingeniería y artes) al vincular la ciencia con otras materias y disciplinas. Una sociedad del conocimiento depende de la adquisición de competencias en lugar de simplemente aprender hechos. Por competencia entendemos toda capacidad demostrada para utilizar conocimientos, habilidades y habilidades personales, sociales y / o metodológicas, en situaciones laborales o de estudio y en el ámbito profesional y personal desarrollo. En el contexto del Marco Europeo de Cualificaciones, la competencia se describe en términos de responsabilidad y autonomía. Los ejemplos de competencias científicas incluyen argumentación, resolución de problemas, modelado, innovación, creatividad, diseño e investigación. Ejemplos de competencias transversales incluyen comunicación, colaboración, autorregulación, apertura y persistencia.

Todas las competencias requieren conocimientos de contenido, procedimentales y epistémicos. El trabajo en grupo científico tiene un papel importante en el desarrollo de estas competencias. Ser capaz de colaborar, escuchar las ideas de los demás, pensar críticamente, ser creativo y tomar la iniciativa, resolver problemas y evaluar riesgos, tomar decisiones y gestionar de forma constructiva las emociones. La capacidad de construir modelos conceptuales y aplicarlos con el fin de generar predicciones e interpretaciones en situaciones previamente desconocidas es un indicador importante para un aprendizaje científico sólido. El aprendizaje sólido de la ciencia también incluye una conciencia de la naturaleza de la ciencia como una plataforma para desarrollar conocimiento confiable, así como un conjunto de convicciones epistemológicas y la motivación para identificar e investigar fenómenos, buscar consistencia en la aplicación de ideas y trabajar en la búsqueda de cada vez mejores explicaciones.

3. La calidad de la enseñanza es esencial, por esto es importante abordar la preparación a los maestros, la profesionalización y profundización de conocimientos sobre las ciencias, impactará la calidad de los resultados del aprendizaje. La calidad de la educación y los resultados del aprendizaje, son la base del desarrollo de las sociedades, por lo cual se deben asegurar cambios sistémicos en la preparación de los maestros y su desarrollo profesional, también se debe reflexionar y trabajar alrededor de que maestros y estudiantes enseñan y aprenden juntos. La calidad de un sistema educativo depende de sus actores, de las condiciones que se tienen en términos de cultura, infraestructura, conocimientos, intercambios, aperturas y relaciones entre por ejemplo el sector educativo y el sector industrial, empresarial, cultural.

4. Se debe promover la colaboración entre instituciones y sectores de la educación formal, no formal e informal, la industria y las organizaciones de la sociedad civil para asegurar una participación relevante y significativa de todos los actores

sociales con la ciencia y aumentar la aceptación de los estudios y las carreras científicas, y así favorecer la empleabilidad y la competitividad. Las asociaciones entre profesores, estudiantes y partes interesadas en campos relacionados con la ciencia pueden ofrecer formas interesantes de introducir desafíos de la vida real, con sus problemas éticos y sociales. La investigación muestra el valor de la colaboración entre escuelas, familias, investigadores, educadores científicos informales, empresas y organizaciones de la sociedad civil. La colaboración también puede involucrar museos, centros de ciencias, parques y centros de la naturaleza. Adoptar un enfoque de la innovación en la educación científica que adopte los principios de la RRI haría que estas voces fueran más evidentes al establecer la agenda para el cambio y generaría beneficios para todos.

5. Debería prestarse mayor atención a la promoción de los principios de Investigación e Innovación Responsable (RRI) mejorando la comprensión pública de los hallazgos científicos y la capacidad para discutir sus beneficios y consecuencias. Muchas organizaciones ya están involucradas en actividades basadas en la ciencia, por ejemplo: iniciativas de reciclaje, grupos de apoyo para pacientes, grupos comunitarios, de salud y ambientales, clubes de jardinería y grupos de programación de computadores para niños. Deben fomentarse enfoques novedosos que pongan énfasis en el aprendizaje y el cambio colectivo, como los que se encuentran en el centro de la promoción de la salud, las artes comunitarias y el desarrollo social y comunitario.

   Esto ayudaría a lograr una educación científica más inclusiva y ayudaría a reducir las disparidades socioeconómicas, de género, regionales y de otro tipo. Encontrar soluciones a los complejos desafíos de la sociedad implica una comprensión más amplia de la innovación social y tecnológica. Valorar y evaluar la calidad y los resultados de la educación científica y la investigación en educación científica deben tener en cuenta la colaboración y la participación de las partes interesadas, la adherencia a los valores de RRI, la internacionalización y el impacto y beneficio

social. El cambio previsto hacia una participación más activa de los ciudadanos en la ciencia refleja la creciente conciencia de que los enfoques participativos, que respetan los derechos humanos y cumplen los más altos estándares éticos, aportan beneficios tangibles para todos. La participación de todos los ciudadanos, desde una edad temprana y durante todo el ciclo de vida, proporciona una forma valiosa de incorporar la educación científica y crear una sociedad más justa e informada sobre la ciencia.

6. Debería hacerse hincapié en conectar las estrategias de innovación y educación científica a nivel local, regional, nacional e internacional, teniendo en cuenta las necesidades de la sociedad y la evolución mundial. En Europa, por ejemplo, se promueve una vinculación de acciones complementarias y de intercambio a nivel nacional y regional. Al mismo tiempo, la atención debe centrarse en establecer y fortalecer la colaboración y las asociaciones internacionales. Compartir el conocimiento de y sobre la educación científica para la ciudadanía responsable con colegas a través de las fronteras debe ser una parte intrínseca de todas las iniciativas. La adherencia a los principios de RRI es clave para garantizar que las partes interesadas participen en todo momento. El énfasis en la RRI crea la responsabilidad de que la educación científica contribuya a una mayor innovación, pero también a una conciencia generalizada de los beneficios de las normas éticas, la responsabilidad, la transparencia y la participación ciudadana.

También se proponen enfoques para dinamizar la educación científica (Programa de Investigación e Innovación Horizonte 2020 – Unión Europea):

La educación científica basada en la indagación (ECBI) se refiere a un proceso complejo de creación de sentido y construcción de modelos conceptuales coherentes, donde los estudiantes formulan preguntas, investigan relaciones y fenómenos, construyen nuevos entendimientos, significados y conocimientos, comunican sus aprendizajes y aplican su

aprendizaje a situaciones desconocidas. La educación científica orientada a la investigación involucra a los estudiantes en problemas, en actividades de aprendizaje en las que puede que no haya una respuesta correcta; también a vincularse en procedimientos experimentales y actividades de reflexión; con esto podría decirse, que este tipo de enfoque lleva a que el proceso de enseñanza-aprendizaje en los estudiantes, se fortalece la autonomía, la autorregulación, la argumentación discursiva y la comunicación.

Aprendizaje basado en problemas (PBL) es un método de instrucción de aprendizaje activo centrado en la investigación y resolución de problemas del mundo real. Cuando los estudiantes identifican los problemas que investigan, tienen un mayor potencial para estimular el interés en cuestiones científicas y el potencial de resolver problemas basados en la ciencia. El aprendizaje basado en problemas está impulsado por problemas abiertos, basados en el contexto en el que se está, problemas no estructurados, con varias alternativas y soluciones que agregan pertinencia, significado y motivación. Los estudiantes pueden trabajar en pequeños grupos colaborativos como investigadores activos y autodirigidos, mientras el docente adopta el papel de facilitador que guía a los estudiantes en sus investigaciones.

Trabajo práctico o proyectos de investigación en educación científica, incluye tareas en las que los estudiantes observan o manipulan objetos o materiales reales en el laboratorio, el trabajo de campo o en el aula, y generalmente es una parte integrada de ECBI o ABP. De esta manera, se desarrolla una actitud científica, así como la mentalidad abierta y la objetividad. Sin embargo, los hallazgos científicos requieren discusiones, contrastes, reflexiones.

Para la educación científica es prioridad la igualdad de género y las acciones afirmativas para ello, en donde se involucren, enfoques participativos e inclusivos de género (que desafían los estereotipos de género y estimulan la participación equitativa de niñas, niños,

mujeres y hombres en las actividades científicas y en las carreras científicas); la integración del análisis de género en la investigación (IGAR, que tiene como objetivo evitar sesgos de género en la producción de ciencia). El enfoque inclusivo de género tiene como objetivo principal alentar a las niñas y mujeres jóvenes a ingresar a carreras académicas y de investigación en todos los campos científicos, especialmente en los relacionados con la ingeniería y la tecnología.

Perspectiva Regional

Según la UNESCO (2012; 2019) la educación científica busca fortalecer la indagación científica, las habilidades para la investigación, el conocimiento y apropiación del método científico, sin embargo, vale la pena señalar que el método científico es solo una de las maneras de aproximación. Se propone que, a lo largo de la vida de las personas y las sociedades, y desde los escenarios educativos, se adquieran habilidades, valores y competencias que permitan "encontrar soluciones y crear nuevas formas que impacten positivamente la vida y el desarrollo". También se considera clave que estas herramientas (habilidades, valores y competencias) entren en total concordancia con los cuatro dominios de la sustentabilidad del mundo: el medio ambiente, la sociedad, la cultura y la economía; propiciando vínculos entre escenarios y realidades locales como globales, aproximaciones interdisciplinarias y el uso de estrategias pedagógicas diversas.

Es importante resaltar que la educación es un eje determinante y fundamental para el desarrollo del pensamiento científico, en términos de que busca cultivar aptitudes analíticas y la toma de decisiones que refuerzan ideas de desarrollo sostenible. Por consiguiente, los sistemas y escenarios educativos tienen la responsabilidad de generar oportunidades, alternativas y experiencias para la adquisición y potenciación de estas aptitudes, respondiendo a los retos del momento con una visión de transformación dinámica y activa hacia la sostenibilidad.

En América Latina y el Caribe, la UNESCO (2003, 2012), ha señalado, que se espera promover y enriquecer en los estudiantes la sensibilidad y la proyección hacia una sociedad y medio ambiente sostenible, para ello es esencial que se fundamente y se desarrolle el sentido crítico, creativo, complejo, sistémico e integrativo, el repensar e interpretar las realidades, el construir, argumentar e investigar frente a nuevos principios, conceptos y valores para el desarrollo sostenible de las personas y los entornos. Los estudiantes necesitan una educación que promueva la participación, la adopción de decisiones éticas y políticas.

La educación científica, requiere del pensamiento sistémico, como una manera para resolver problemas más que para buscar o mirar desafíos o situaciones de manera aislada, por ejemplo, "los asuntos de sostenibilidad están vinculados y son parte de un 'todo' (UNESCO, 2012, p. 5). De igual manera, el pensamiento sistémico es el proceso para comprender cómo los elementos que componen un sistema influyen unos a otros en su conjunto, en ese sentido, se anima, entonces a basar el pensamiento y a tener en cuenta:

a. La imaginación y el planteamiento de hipótesis o puntos de partida, desde la capacidad para pensar en términos de tiempo, hacer pronósticos, prever y planificar (UNESCO, 2012, p. 11).
b. El principio cautelar, esto significa pensar y actuar para evitar la posibilidad de un daño ambiental o social grave o irreversible incluso cuando el conocimiento científico sea incompleto o sea poco concluyente (UNESCO, 2012, p. 6).
c. La adopción de decisiones de manera participativa y en colaboración, es decir potenciar y aprovechar la capacidad para usar muchas perspectivas de comprensión, desde diferentes lugares de enunciación y conocimiento (UNESCO, 2012, p. 11).
d. La capacidad para analizar los valores y aportes que subyacen a las posturas divergentes (UNESCO, 2012, p. 11).

e. La capacidad de transitar desde la sensibilización, al conocimiento y a la acción" (UNESCO, 2012, p. 11).
f. La capacidad para trabajar en conjunto con otras personas (UNESCO, 2012, p. 11).
g. Entender los temas locales en un contexto global y reconocer que las soluciones a los problemas locales pueden tener repercusiones e impactos mundiales (UNESCO, 2012, p. 6).

Según el Foro de Ciencias Latinoamérica y el Caribe -CILAC- (2018) de la UNESCO, la Agenda 2030 del desarrollo sostenible, refiere la importancia de la formación de ciudadanos competentes en las sociedades, donde estas competencias estén atravesadas por los avances y conocimientos científicos y tecnológicos (Scott, 2015). Para ello, afirman que los estudiantes necesitan conocimientos profundos sobre las ciencias y las capacidades de pensamiento curioso, creativo, riguroso y autónomo que se complejizan y ahondan de forma gradual y paulatina a lo largo del tiempo y proceso escolar (Harlen, 2003). Se considera que para que esto sea posible es necesario proveer oportunidades de formación de alta calidad y de manera contextual, esto también implica reconocer a los actores del proceso formativo, dentro de ellos, los profesores, que tienen el desafío de revisar y orientar transformaciones en el proceso de enseñanza.

En el Foro CILAC del año 2016 de la UNESCO, se refirió que el desafío más importante del momento actual, en todo el mundo, es salvaguardar los procesos naturales de la tierra para asegurar el bienestar de las poblaciones, erradicando la pobreza, reduciendo el conflicto, dando soporte a la salud humana y a los ecosistemas; avanzando tecnológicamente para superar las limitaciones en la producción de alimentos, asegurar recursos energéticos sostenibles y condiciones adecuadas de salud. En ese sentido, la educación en ciencia y tecnología es una fuerza importante para el desarrollo humano, social y económico, donde es necesario favorecer la incorporación, apropiación y uso de

estos conocimientos, lo que implica, una integración, conexión y abordaje entre las ciencias naturales, las ciencias sociales y las ciencias económicas.

Según el British Council (2016), garantizar una cultura científica para todos y todas, se basa en una visión democrática, que supone que la formación científica contribuye al desarrollo de los países y permite a los ciudadanos participar en las decisiones que las sociedades deben tomar acerca de problemas socio-científicos y socio-tecnológicos cada vez de mayor complejidad. Esto significa promover transformaciones en las estructuras mentales de los estudiantes, para ampliar sus perspectivas del mundo e interactuar con el entorno y con las comunidades a las cuales pertenecen. Hablar de educación científica es disponer de saberes y éstos en cuanto a diversidades, formas, velocidades de producción, difusión, naturalezas sociales y políticas.

En esa medida es valioso que los estudiantes se acerquen al conocimiento a partir del cuestionamiento, de la incertidumbre, para promover dinamismos en el aprendizaje y transformaciones permanentes, esto evitará caer en las trampas de la acumulación de seguridades, del confort y conformismo frente al conocimiento y el mundo.

La siguiente nube de palabras representa elementos clave y recurrentes, referidos por la UNESCO, en relación con lo que, en la revisión por el contexto latinoamericano, se menciona, sobre educación científica.

Nvivo. 2020. Unesco_Educación científica

A manera de recomendación para la educación científica es importante reconocer los aportes que han hecho las neurociencias para comprender y buscar mejorar los procesos de enseñanza-aprendizaje. En este sentido, el aprendizaje se reconoce en el siglo XXI como un proceso dinámico, transformante e interactivo en donde circulan y se producen transformaciones a nivel biológico, cognitivo y emocional. Y es por esto que es clave intencionar y desarrollar estrategias y ambientes innovadores que conduzcan y despierten la curiosidad y la motivación hacia el conocimiento con perspectivas reflexivas. Dentro de algunos elementos a tener en cuenta se debe (Araya-Pizarro, S.C., & Espinoza Pastén, L, 2020):

- ✓ Mejorar y potenciar aspectos básicos como el estilo didáctico de la clase
- ✓ El ambiente de la sala de clases, tanto físico como humano
- ✓ Los planes de estudio y las estrategias evaluativas
- ✓ La configuración horaria de las clases
- ✓ El material didáctico y pedagógico tanto digital como tradicional

- ✓ Preocupación por el nivel de actividad física de los estudiantes, los hábitos de alimentación, el sueño, las rutinas diarias
- ✓ Las emociones espontáneas y propias de los estudiantes para aprender.
- ✓ Modelo de educación integral: centrado en el estudiante y basado en el uso de metodologías activas de enseñanza-aprendizaje (Arruti, 2015).
- ✓ Aprendizaje experiencial, vivencial y significativo
- ✓ Espacios para la reflexión, la crítica, el trabajo en equipo y la autoformación, bajo un contexto donde las ideas se conviertan en acción (Sánchez, Ward, Hernández & Flórez, 2017).

Furman, M (2018). En el documento, *La educación científica en las aulas de América Latina señala,*

> La educación científica ha sido declarada una meta educativa prioritaria en muchos países. Este estudio corresponde a un proceso de análisis para Latinoamérica, en materia de educación científica, recogiendo y estudiando documentos, diseños curriculares de Ciencias para la escuela primaria, informes de resultados de evaluaciones y de la revisión de la literatura vinculada a la temática de los últimos diez años (2007-2017), con especial énfasis en los casos de Argentina, Paraguay y Uruguay.

Encontrando que, para Latinoamérica, las capacidades, como el pensamiento analítico, crítico, la toma de decisiones, el uso de información, la observación, la resolución de problemas, la formulación, el testeo de hipótesis, la interpretación de evidencias y la argumentación están estrechamente vinculadas con el pensamiento científico, entonces, la enseñanza de las ciencias es un escenario para favorecer su aprendizaje. Según Miller (1983, citado por Furman) es fundamental pensar que la educación científica es una posibilitador de progreso y va más allá de aspirar a que los jóvenes y estudiantes opten por formación profesional en carreras científicas.

Para ello, es necesario incorporar enfoques alternativos al modelo tradicional, que contribuyan al desarrollo del pensamiento científico. Reconociendo que la ciencia que no es solo cuerpo de conocimientos sobre el funcionamiento del mundo natural sino, un proceso por el cual se genera dicho conocimiento es así, que la alfabetización científica implica que el aprendizaje conceptual debe estar integrado a aspectos epistemológicos y al desarrollo capacidades o habilidades científicas (Gellon et al., 2018). Es importante superar el aprendizaje y el conocimiento desde un enfoque tradicional, de la enseñanza, basada en la transmisión de conocimientos como acabados, sin un lugar dinámico de los estudiantes y sin incitar al pensamiento complejo.

Las ciencias aparecen en los currículos de los países de América Latina de distintas formas. Se propone una mirada interdisciplinaria para los primeros años de la escuela primaria, integrando a las Ciencias Naturales con las Ciencias Sociales en una asignatura que recibe el nombre de "Conocimiento del Mundo" u otras denominaciones similares. A partir de la segunda parte de la educación primaria, en cambio, en la mayor parte de los países se dicta una asignatura específica de Ciencias Naturales (también llamadas Ciencias, Ciencias de la Naturaleza y Tecnología, o Ciencia y Ambiente) en la que se abordan contenidos básicos de las disciplinas de Biología, Física, Química, Astronomía y Ciencias de la Tierra.

Las capacidades de pensamiento científico requieren una enseñanza deliberada y sostenida, esto requiere trabajar en procesos que dinamicen articulaciones, intercambios e interacciones, hilar aprendizajes, en donde se hace necesario complementar los diseños curriculares con orientaciones concretas para la enseñanza y potenciación de capacidades de pensamiento. Ahora, el enfoque STEM se ha señalado como fundamental en la promoción de capacidades de pensamiento y el fomento de vocaciones en ciencia, ingeniería y tecnología (Marginson et al., 2013). Aunque en algunos casos empieza a aparecer la idea de trabajar de manera interdisciplinaria, al menos a nivel curricular se trata de un horizonte lejano para la mayoría de los países de la región (Furman, 2018).

Según el estudio realizado por Furman (2018), en estudiantes de último grado de primaria por nivel de desempeño en Ciencias, Tercer Estudio Regional Comparativo y Explicativo -TERCE-. Tomado de OREALC/UNESCO (2015), se identifica que la mayoría de los estudiantes en Latinoamérica han alcanzado solamente las capacidades más básicas: reconocer conceptos sencillos en contextos cotidianos, seleccionar, comparar e interpretar información simple desde tablas, gráficos y esquemas para reconocer conclusiones. Los resultados también indican que menos de 1 de cada 5 estudiantes se mostró capaz de aplicar o utilizar sus conocimientos científicos para explicar fenómenos del mundo natural, o de analizar actividades de investigación para identificar las variables involucradas o inferir la pregunta que se desea responder. Estos resultados señalan la importante necesidad de trabajar en los niveles de formación primaria para cultivar el pensamiento científico.

Se espera que la escuela primaria se constituya en una etapa de oportunidad y fundamental para la educación científica de los estudiantes, potenciando la curiosidad, orientándola hacia hábitos de pensamiento sistemáticos, autónomos y conscientes que se complejizan y profundicen en forma paulatina. Es necesario cultivar gradualmente y de forma escalonada el proceso de la educación científica. La exposición temprana a la enseñanza de las Ciencias está asociada a un aumento del interés y el desempeño posterior de los estudiantes en campos afines (Mantzicopoulos, Patrick, y Samarapungavan, 2013). En particular, se destaca la importancia del trabajo experimental, la resolución de problemas, la introducción de la historia de la Ciencia como actividades propicias para promover el aprendizaje riguroso sobre fenómenos naturales y la aplicación de dichos conocimientos a desafíos reales y complejos, teniendo en cuenta también los aspectos éticos, económicos y sociales de los asuntos científicos y tecnológicos (Furman, 2018).

Estas posibilidades anteriormente señaladas, deben estar bajo la concepción constructivista del aprendizaje, promoviendo la comprensión de fenómenos a partir de la participación de los estudiantes en la construcción del conocimiento, integrando el

aprendizaje de saberes conceptuales y el desarrollo de capacidades científicas. Es necesario hacer propuestas de transformación, en donde el centro de esta propuesta sean los docentes como actores clave para el cambio, de esta manera, se fortalecen y actualizan las prácticas de enseñanza, los recursos didácticos, materiales, tecnológicos, se provee de oportunidades para la construcción del trabajo en red. A mediano y largo plazo se propone actualizar los lineamientos curriculares con un particular énfasis en el desarrollo de capacidades de pensamiento, revisar los programas de formación docente y generar cultura del uso de datos de la evaluación tanto al interior de las instituciones educativas como para el diseño de políticas y programas a nivel macro (Furman, 2018).

Los mayores retos de la educación científica están en saldar las brechas existentes por raza, género, lugar de origen, condiciones económicas, para que los niños, niñas y jóvenes, tengan la oportunidad de construir conocimiento, participar en proyectos de transformación para su calidad de vida y progreso de los territorios.

Dentro de las aulas, los retos se centran en dinamizar el pensamiento, la construcción de posibilidades frente a fenómenos estudiados, por ejemplo, se encontró que en las aulas de América Latina (Furman, 2018) se hace uso libros de textos, que recopilan información y actividades organizadas por temáticas. Típicamente, estos son utilizados por los docentes como fuentes en actividades de lectura y búsqueda o interpretación de textos, a través de cuestionarios de preguntas (Guerra Ramos y López Valentín, 2011). Esto podría ser una oportunidad para fortalecer en los estudiantes, capacidades comunicativas, interpretación y análisis crítico de información de diversas fuentes, procesos de contraste, elementos fundamentales para la alfabetización científica (Lerner, Aisenberg y Espinoza, 2010; OREALC/UNESCO, 2015).

Otro aspecto clave, como reto, en la educación científica, es la evaluación, como esa herramienta formativa que busca ayudar a los estudiantes a identificar lo que lograron y lo que aún les presenta dificultad, así como para el docente, es un instrumento que permite reorientar la enseñanza en aras de que se alcancen los objetivos de aprendizaje

(Anijovich y Cappelletti, 2017). No obstante, Valverde y Näslund-Hadley (2010) señalaron que un aspecto crítico en las aulas de Ciencias de la región es que los docentes les brindan a los estudiantes poca retroalimentación (Furman et al., 2018). Por lo que es necesario trabajar sobre el proceso evaluativo, potenciar sus bondades, actualizar de acuerdo con los contextos y movilizar transformaciones en la relación enseñanza - aprendizaje y estudiante – profesor.

Otro de los retos para el desarrollo de la educación científica, es contar con condiciones de infraestructura, así como de voluntades gubernamentales para favorecer la inclusión y el mejoramiento de la educación, un estudio basado en los datos del Segundo Estudio Regional Comparativo de la UNESCO expuso que las condiciones de infraestructura son altamente deficitarias en la región Latinoamericana, y que en muchos casos no está garantizado el acceso a los servicios básicos, por ejemplo, el 21% de las escuelas no tienen acceso al agua potable, 40% no tienen desagüe, 11% no tiene electricidad, 32% tiene insuficiencias en el número de baños y 53% no tienen línea telefónica (Duarte, Gargiulo y Moreno, 2011). Además, se encontraron diferencias significativas en el estado de la infraestructura escolar entre los países y entre las escuelas según el tipo de gestión (pública o privada), el ámbito (urbano o rural) y nivel socioeconómico de los estudiantes (Furman, 2018). En el conjunto de países de América Latina, el 88% de las escuelas no tienen laboratorios de Ciencias (Duarte, Gargiulo y Moreno, 2011). Brasil, El Salvador, Paraguay, Cuba, Costa Rica, Guatemala, México y Nicaragua, el porcentaje de escuelas sin laboratorios supera el 90%. Esto significa que la dimensión de infraestructura es fundamental para agenciar experiencias en espacios de trabajo y exploración adecuados, no obstante, es importante reconocer que también lo que favorece las experiencias en los espacios, son las interacciones, las intencionalidades, las preguntas, los fenómenos a estudiar y los actores.

Como otro de los retos centrales, ya mencionado anteriormente, resulta necesario fortalecer la formación y el apoyo a los docentes, en contenidos disciplinares y en la

comprensión de la naturaleza del conocimiento científico, y dinamizar, acompañar y orientar el proceso pedagógico y la didáctica, tanto general como específica, para implementar estrategias que promuevan la participación activa de los estudiantes y el aprendizaje de capacidades de pensamiento más complejas, algo que, es poco habitual en las aulas de la región de América Latina, según, Fernández Nistal y Tuset Bertran, (2008) y Näslund-Hadley et al.(2012).

Perspectiva Nacional

El Ministerio de ciencias, Tecnología e Innovación en su documento lineamientos para fomentar la vocación científica en niños, niñas y adolescentes menciona que "la formación de vocaciones en ciencia, tecnología e innovación, propende por el desarrollo de procesos de mediación que permitan a niños, niñas, adolescentes y jóvenes participar de diferentes prácticas relacionadas con la ciencia, la tecnología y la innovación a partir de las cuales se identifican y se potencian capacidades y habilidades que les permitirán a mediano y largo plazo insertarse en diferentes espacios (académicos, sociales, culturales, productivos, científicos), fortalecer sus proyectos de vida y contribuir a la construcción de una sociedad que gestiona, valora y apropia el conocimiento." (2020, p.4)

Proyectos y retos

"Es indispensable diseñar mecanismos para promover el desarrollo de la vocación en ciencia, tecnología e innovación en niños, niñas, adolescentes y jóvenes vinculados a las diferentes etapas de la educación, incluyendo la preescolar, básica, media y superior, así como de los jóvenes recién egresados de su formación en pregrado." (Minciencias 2020, p.4). En este mismo documento menciona que los proyectos con enfoque en vocaciones en ciencia, tecnología e innovación se caracterizan por plantear alternativas de solución que buscan:

✓ La transformación de concepciones y percepciones sobre la ciencia, la tecnología y la innovación, así como de las actividades propias del quehacer científico.

✓ El desarrollo de capacidades y habilidades relacionadas con la investigación, la creación y la innovación.

✓ La interacción de los niños, niñas, adolescentes y jóvenes con los diferentes actores del Sistema Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación que permitan su inserción y permanencia en el sistema.

✓ La participación de los niños, niñas, adolescentes y jóvenes en la generación de conocimiento y la construcción de redes de ciencia, tecnología e innovación.

✓ La generación de experiencias de aprendizaje que fortalezcan los proyectos de vida relacionados con la ciencia, la tecnología y la innovación de niños, niñas y adolescentes.

✓ El fomento de procesos de investigación en todos los niveles educativos, con particular interés por promover prácticas de investigación + creación.

✓ El fortalecimiento de la creatividad como elemento dinamizador entre la investigación y la industria, que favorece el desarrollo de contenidos creativos y culturales con proyección de transferencia al sector de la Economía Naranja.

Entre los programas más relevantes se encuentra: El Programa Ondas, el cual "es un mecanismo de operación del instrumento de política de CTeI de Vocaciones científicas en niños, niñas y adolescentes de la Dirección de Vocaciones y Formación en Ciencia, Tecnología e Innovación (CTeI) del Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación. Cuyo objetivo es promover en niños, niñas y jóvenes el interés por la investigación y el desarrollo de actitudes y habilidades que les permitan insertarse activamente en una cultura de la ciencia, la tecnología y la innovación." (Minciencias 2020, p.7)

Dicho programa se ha implementado por más de 18 años, donde ha consolidado una propuesta pedagógica y metodológica que permite a los niños preguntar, experimentar, comprobar y abrir las puertas de su escuela a nuevas formas de comprender el mundo a través de la investigación, la mediación de sus maestros, la interacción con profesionales expertos de diferentes áreas del conocimiento y el diálogo constante con su comunidad. (Minciencias 2020, p.7)

Ahora bien, al hablar sobre educación científica en Colombia es imperante aclarar que, debido a su gran diversidad, las realidades sociales y culturales el Ministerio de educación en su estudio técnico de Educación activa con enfoque STEM+A (S.F) presenta algunas recomendaciones que permitan comprender de una manera más objetiva el concepto a construir partiendo de la idea de fortalecer algunas áreas como:

I. Promoción y consolidación de una cultura que gestione, valore y apropie la ciencia, la tecnología y la innovación. Esta es una condición habilitante para todo el enfoque educativo STEM+A. Es en los entornos familiares, barriales y sociales donde es necesario que la ciencia, la tecnología y la innovación permeen el sistema de creencias, actitudes, prácticas y valores de todos los ciudadanos, para que se construyan nuevos sentidos y significados alrededor de la ciencia. (MEN, S.f. p. 93)

El interés y entusiasmo por la ciencia, la tecnología, la innovación y la creatividad, y su resignificación como una opción de vida, no pueden supeditarse únicamente a la formación escolar, sino que debe darse un trabajo sinérgico con los entes rectores, autoridades locales, organizaciones sociales, medios de comunicación y sector empresarial. Con lo anterior en mente se sugiere el diseño e implementación de un programa conjunto con Min. de Ciencia y Tecnología Colciencias, Ministerio TIC y Ministerio de Cultura que integre procesos divulgativos y de comunicación pública de la ciencia y que genere espacios abiertos a la participación de ciudadanos en la ciencia, diálogos sociales con enfoque reflexivo en la relación a la construcción de conocimiento

y a los saberes locales, e incentivos para el desarrollo de proyectos que aborden problemáticas del territorio a partir de la ciencia y la tecnología. (MEN, S.f. p. 93)

En ese mismo documento se menciona que la sinergia debe movilizar actores educativos y gestores de ciencia, entre otros, de manera que los científicos, desarrolladores de tecnología e innovadores interactúen con la población estudiantil y sus familias, y que sostengan con ellas diálogos abiertos para desmitificar distancias y fortalecer el pensamiento crítico y científico. (MEN, S.f. p. 94)

II. Inclusión de la mujer: Situaciones como embarazos adolescentes y las diferentes violencias de género que afrontan las niñas y las jóvenes en determinados contextos deben tenerse en cuenta en las acciones que se promuevan para la implementación del enfoque educativo STEM+A y en la consolidación de una cultura que gestione, valore y apropie la ciencia, la tecnología y la innovación.

En este sentido es necesario resignificar el rol de las mujeres como ciudadanas y portadoras de derechos básicos, identificando las problemáticas que llevan a que se tengan indicadores bajos en el desempeño académico de las jóvenes en iniciativas de ciencia, tecnología e innovación promovidas en los escenarios educativos y, por ende, al bajo desarrollo las vocaciones profesionales en las carreras basadas en el enfoque STEM+A, además del abandono de las estudiantes del proceso formativo en los últimos años de formación básica secundaria y media, afectando sus trayectorias educativas. (MEN, S.f. p. 94). Es imperante identificar acciones desencadenantes de violencias de género contra las estudiantes, discriminación o representaciones erradas del rol de la mujer, con el fin de tomar medidas preventivas para valorar y proyectar a las niñas y jóvenes en los procesos educativos, promoviendo su participación en igualdad de condiciones de modo que se reconozcan sus derechos escolares y ciudadanos, propiciando así la apropiación y participación en los todos escenarios educativos.

III. Cierre de brechas con la ruralidad. En el marco de la educación con enfoque STEM+A, y como parte de la promoción y consolidación de una cultura científica, se debe avanzar en el desarrollo de contenidos y metodologías pertinentes para el contexto rural (rural – rural disperso), teniendo presente la diversidad territorial y la complejidad de sus condiciones. (MEN, S.f. p. 95)

En este mismo documento exponen que la implementación de este enfoque en el contexto rural es una oportunidad para el diseño de programas flexibles a partir de lecciones aprendidas, en los que el enfoque STEM+A se articule a procesos de producción agrícola, protección y uso sostenible de los recursos de la biodiversidad y la reconstrucción del tejido social en el campo afectado por el conflicto armado.

En este contexto, se deben aunar esfuerzos para fortalecer la formación docente y el despliegue de recursos educativos transversales con contenidos apropiados a las necesidades del territorio. De igual forma, es necesario continuar con los avances de los últimos años en relación con la conectividad de las instituciones educativas en la ruralidad. (MEN, S.f. p. 94)

IV. Población en condiciones de discapacidad. Desde un enfoque inclusivo, se recomienda avanzar en el desarrollo de habilidades, capacidades y competencias para la población en condiciones de discapacidad. El enfoque STEM+A ofrece un alto potencial de trabajo en el desarrollo de procesos relacionados con la transformación digital y la cuarta revolución industrial, fortaleciendo capacidades para la programación y el pensamiento algorítmico. Es importante señalar que no se trata de generar programas diferenciados para esta población, sino procesos inclusivos en los que puedan participar en igualdad de condiciones. (MEN, S.f. p. 95)

V. Cierre de brechas regionales. Se presenta una alta concentración de programas en las regiones centrales del país, en particular en las capitales principales, lo cual ha

agudizado las brechas regionales con territorios ubicados en el litoral pacifico, la región amazónica, los llanos orientales y La Guajira, regiones con población rural, étnica y en condiciones de pobreza y vulnerabilidad. El enfoque educativo STEM+A deberá proponer acciones intencionadas para la reducción de brechas regionales, por lo que deberá avanzar en estrategias para la generación de alianzas con fuentes de financiación alternativas que movilicen el ecosistema educativo para concentrar esfuerzos en estos territorios y que tengan indicadores y metas concretas a mediano y largo plazo. (MEN, S.f. p. 96)

7. Sobre las recomendaciones para la política de ciencia y tecnología en educación científica y educación STEM/STEAM

Políticas de ciencia y tecnología: Disposiciones y acciones gubernamentales, sistema de articulación con sector privado, sociedad civil y otros actores movilizando todos los recursos disponibles. Cada país es primordialmente responsable de su propio desarrollo económico y social. Propuesta de implementación necesaria para los países, con el fin de potenciar el capital humano, científico, tecnológico y económico, estimular el desarrollo sostenible y con ello, la distribución equitativa de la educación y de los recursos. La ciencia, tecnología e innovación debe ser un componente esencial para un mejor desempeño en todas las áreas de la acción gubernamental.

Perspectiva Internacional

Según el modelo Arizona propuesto por la *Science Foundation Arizona Innovación en acción* (2015), las metas y objetivos relacionados con la educación científica:

- Deben promover la participación de todas las personas en una educación de calidad y motivar el aprendizaje desde la investigación, fomentando el intercambio de ideas y relaciones de la escuela con otros entornos.

- Las políticas deben incorporar herramientas de autoevaluación y monitoreo para reconocer los procesos de implementación y operativización, es fundamental tener elementos de referencia para los ejercicios de contraste.

- Las políticas al interior de las escuelas deben plantear misiones y visiones sobre los programas STEM, así como contenidos, establecer un comité que asesore, guíe y haga seguimiento continuo de la misión, visión, alcance del proyecto, este comité debe estar constituido por representantes de la escuela, del distrito, de la junta escolar, de la comunidad, de la educación superior, de instituciones e industrias STEM.

- Cada equipo educativo STEM debe identificar, diseñar y crear un programa que cumpla con las necesidades de su comunidad. Así como generar ideas para programas educativos STEM que brinden apoyo y colaboración con los negocios y recursos que tiene en su comunidad. Los ejemplos de programas incluyen; ingeniería, agro-ciencia, biotecnología, sostenibilidad, electrónica, biomedicina, energía solar, minería.

- Las políticas deben plantear indicadores, sistematizaciones, evaluaciones de impacto y otros procedimientos de medición y retroalimentación, debe haber claridad de la inversión y sostenimiento que se requiere para poner a andar los proyectos o programas que materializan la política, deben proponerse recomendaciones y lineamientos para la toma de decisiones sobre infraestructura, debe recogerse la trayectoria de las instituciones, deben plantearse planes de ejecución y articulación entre los distintos niveles educativos.

Según la OCDE, en su publicación *Ciencia con y para la sociedad (SWAFS)* (2020) para la Educación Científica son clave los siguientes objetivos, con el fin de estimular cambios sistémicos que impacten la sostenibilidad de las sociedades y comunidades:

1. La educación científica debe ser un componente esencial de un continuo de aprendizaje para todos, desde educación preescolar, secundaria y terciaria a una ciudadanía activa y comprometida. Esto permitiría a todos los ciudadanos explorar, comprender y aplicar la ciencia y la tecnología en su vida cotidiana y participar en el debate democrático. El sistema educativo debe abordar las desigualdades socioeconómicas, de género y culturales con el fin de ampliar el acceso y brindar a todos los talentos las oportunidades para buscar la excelencia tanto en los procesos de aprendizaje como en los resultados del aprendizaje. Como parte del cambio, es fundamental que la educación obligatoria en ciencia sea para adquirir habilidades aplicables en diferentes dominios, con profunda familiaridad con la cultura, los valores y actitudes científicas y con ello, explorar el mundo que nos rodea y aprender a actuar en él.

2. La educación científica debe centrarse en las competencias con énfasis en el aprendizaje a través de la ciencia y el cambio de STEM a STEAM (ciencia y tecnología interpretadas a través de ingeniería y artes) al vincular la ciencia con otras materias y disciplinas. El éxito en la sociedad del conocimiento depende de la adquisición de competencias en lugar de simplemente aprender hechos.

[Por competencia se entiende como toda capacidad demostrada para utilizar conocimientos y habilidades personales, sociales y/o metodológicas, en situaciones y contextos, laborales, académicos, profesionales y de desarrollo personal. En el contexto del Marco Europeo de Cualificaciones, la competencia se describe en términos de responsabilidad y autonomía. Los ejemplos de competencias científicas incluyen argumentación, resolución de problemas, modelado, innovación, creatividad, diseño e investigación. Ejemplos de competencias transversales incluyen comunicación, colaboración, autorregulación, apertura y persistencia. Todas las competencias requieren contenido, procedimental y epistémico conocimiento. El trabajo en un grupo científico tiene un papel importante desarrollando competencias de colaboración, escucha e intercambio de ideas, pensamiento crítico, creatividad, toma de iniciativas, resolver

problemas, evaluar riesgos, tomar decisiones y manejar constructivamente las emociones. Las competencias también contribuyen a la ciudadanía activa a nivel local, nacional, regional y global].

El aprendizaje sólido de las ciencias también incluye una conciencia de la naturaleza, de la ciencia como empresa humana para desarrollar conocimientos fiables, así como un conjunto de convicciones epistemológicas y la motivación para identificar e investigar fenómenos, buscar consistencia en la aplicación de ideas y trabajar con otros en la búsqueda de mejores y mejores explicaciones.

3. La calidad de la enseñanza, es fundamental, es decir, se deben garantizar unas condiciones óptimas para los procesos educativos y el desarrollo de la ciencia, para esto, los siguientes son aspectos clave: el trabajo con maestros, el cambio de enfoque en cómo los estudiantes y los profesores enseñan y aprenden juntos. Llevar a cabo, acciones de apoyo, a través de redes colaborativas de educadores, estudiantes, investigadores de educación científica y otros interesados. Facilitar mayores oportunidades para intercambiar ideas con las empresas y las partes interesadas de la sociedad civil y con esto aportar a la solución de problemas de la vida práctica y al fortalecimiento de la educación científica y el desarrollo profesional continuo.

4. Fortalecer la colaboración entre instituciones y actores de la educación formal, no formal e informal, la industria y las organizaciones de la sociedad civil, para asegurar un compromiso relevante y significativo con el desarrollo científico de los territorios y los países, y con esto, mejorar la competitividad y la solución de problemas. Estas colaboraciones pueden involucrar museos, centros de ciencia, parques y centros naturales. Tomando un enfoque de la innovación en la educación científica. prestando mayor atención a la promoción de la investigación y la innovación y mejorando comprensión pública de los hallazgos científicos y las capacidades para discutir críticamente los beneficios y los retos.

5. Los enfoques para la enseñanza de la ciencia, deben ser novedosos y poner énfasis en el aprendizaje y los cambios que demandan la sociedad, por ejemplo, frente a la promoción de la salud, las artes comunitarias y la comunidad, para así fomentar el desarrollo social. Esto ayudaría a generar una ciencia y educación más inclusiva y ayudar a reducir las diferencias socioeconómicas, de género, regionales y de otro tipo. Encontrar soluciones a los complejos desafíos de la sociedad implica una comprensión amplia de la innovación tecnológica. Valorar y evaluar la calidad y los resultados de la educación e investigación científica, teniendo en cuenta la colaboración, la participación, la internacionalización y el impacto y beneficio social.

El cambio previsto hacia una participación más activa de los ciudadanos en la ciencia, refleja la creciente comprensión de que los enfoques participativos, que respetan los derechos humanos y cumplen con los más altos estándares éticos estándares, aportan beneficios tangibles para todos. Involucrar a todos los ciudadanos, desde temprana edad y en todo ciclo de vida, proporciona una forma valiosa de incorporar la educación científica y crear una sociedad más equilibrada e informada sobre la ciencia.

6. Insistir en conectar las estrategias de innovación y educación científica, a nivel local, regional, nacional, internacional, teniendo en cuenta las necesidades de la sociedad y los desarrollos globales. Compartir conocimientos, construir proyectos conjuntos con diferentes instituciones y niveles de organización. Es necesario que la educación científica responda mejor a los desafíos y prioridades de la sociedad, pero también que adopte procesos más abiertos para establecer prioridades y reflejar resultados.

En Europa, la Resolución del Parlamento Europeo, de 9 de septiembre de 2015, sobre la carrera de las mujeres en las ciencias y las universidades, y los techos de cristal encontrados (2014/2251 (INI)) pide a la Comisión y a los Estados miembros que promuevan:

• Programas educativos que fomenten sinergias y vínculos positivos entre asignaturas STEM y las artes y las humanidades y promover una perspectiva de género, facilitando el papel que pueden desempeñar las mujeres al hacer estos enlaces.

• Modelos y prácticas para promover la participación y reconocimiento femenino en ciencia y tecnología.

Según la OCDE en su publicación *Entornos de Aprendizaje para el Siglo XXI (*2006), refiere que, dentro de las políticas de ciencia y tecnología, es necesario en el aprendizaje centrado en el estudiante, esto significa reconocer sus potencialidades y necesidades, en ese sentido es también preciso, pensar en el diseño de espacios, dado el importante papel que tienen para aprovechar las creatividades y capacidades de los estudiantes. Los edificios escolares y aulas deben ser lo más adaptables posible, para mantenerse al día con los requisitos que cambian tan rápidamente en el mundo de las TIC (Mukund Patel).

Por su parte, la Unión Europea en su publicación *La ciencia en Europa Políticas nacionales, prácticas educativas e investigación* (2011), también insta a los Estados miembros a desarrollar planes de estudio y métodos de enseñanza STEM eficaces y atractivos para mantener a las niñas comprometidas con la ciencia, y reconocer e invertir en los maestros como impulsores del cambio cultural, con su potencial para impulsar la participación continua de las niñas en la ciencia en la escuela. Hypatia, un proyecto financiado por la UE, se centra desde perspectiva de género, identificando cuatro temas principales: equidad y acceso, currículo y pedagogía, naturaleza y cultura de la ciencia e identidad, y con esto generando acciones concretas, pero también herramientas de orientación para la inclusión de la perspectiva de género, en las políticas de ciencia, tecnología e innovación. Relacionado con la necesidad de atender e implementar la ciencia y la tecnología para el desarrollo sostenible e inclusivo de las sociedades, así como potenciar la competitividad y la economía, se plantea la necesidad de diseñar y efectuar disposiciones, lineamientos,

programas y políticas que articulen, cohesionen y favorezcan el progreso de los países (UNESCO, 2016).

La siguiente nube de palabras, representa aspectos que, en términos de definiciones sobre la política de C y T, dan cuenta de las características, actores y necesidades, planteadas por la UNESCO, en su mirada por Latinoamérica.

Nvivo. Unesco_Políticas C y T

Según la UNESCO y el CILAC (2016) para el desarrollo e implementación de políticas en ciencia, tecnología e innovación, es fundamental que los gobiernos, el sector privado y la sociedad civil, sean un sistema y actúen en concordancia con principios de interacción, soporte, ajuste y proyección. Cada país es responsable de su propio desarrollo económico y social, pero es importante tener en cuenta, procesos, acuerdos, intereses y desafíos globales. De esta manera, el financiamiento público, nacional e internacional, jugará un papel clave en proporcionar servicios esenciales y bienes públicos para garantizar la operatividad y sostenibilidad de las políticas, sobre todo, porque las políticas en ciencias, tecnologías e innovación, requieren de andamiajes y recursos digitales, internet, dispositivos electrónicos, entre otros.

Para el 2018, la UNESCO en su publicación *Hacia un Programa Regional de Cooperación en Ciencia, Tecnología e Innovación para América Latina y el Caribe*, menciona que las políticas en ciencia, tecnología e innovación deben reconocer la diversidad y diferenciación frente a las condiciones de vida, cultura, accesibilidad, uso e incorporación de las propuestas de desarrollo tecnológico, pues si esto no aparece en la agenda y la construcción de las políticas, fácilmente podría caerse en prácticas de exclusión hacia las personas, por esto, es clave el trabajo articulado y mancomunado de actores, instancias y sectores. En ese sentido, el diseño, implementación y desempeño de las políticas en ciencia, tecnología e innovación (CTI) – al igual que cualquier otra política pública – es altamente dependiente de los factores contextuales, políticos, culturales e históricos de un país o región (UNESCO, 2016). Es así que el avance de la ciencia y la tecnología exige continuidad y flexibilidad en los programas y procesos de cooperación. De este modo, la ciencia, tecnología e innovación no deben considerarse como un sector especializado independiente, sino como un componente esencial para un mejor desempeño en todas las áreas de la vida y las acciones de gobierno.

Por su parte, en el material presentado y discutido durante el primer Foro de educación STEM For The Future, en Colombia, evento, patrocinado por el British Council– Colombia (2016), se compartieron experiencias, opiniones e inquietudes y se señaló que las políticas de C y T, en el caso de Colombia, deben estar edificadas sobre lo que aquí se ha denominado "apropiación social" de la C y T, es decir, en promover relaciones sólidas y sistemáticas entre la comunidad científica y tecnológica y la sociedad, más allá de la educación formal (escolar, tecnológica y universitaria) y la informal (medios de comunicación y experiencias cotidianas), es valioso ofrecer experiencias de aprendizaje significativas, a la luz de: Escenarios interactivos. Enseñanza-aprendizaje de CTI. Comunicación y participación CTS. Investigación ASCTI.

En el documento *Los ritmos de las políticas CTI y de sus paradigmas tecno-económicos/ organizacionales en ALC (1945–2030)* de la UNESCO (2016), se ha considerado que la condición necesaria para estimular el desarrollo sostenible de una nación se encuentra

anclada en la estabilidad política, la ausencia de violencia, la distribución equitativa de la educación, de la salud, de los recursos y sobre todo, en la eficiencia gubernamental a la hora de implementar políticas públicas. La transición hacia la sostenibilidad requiere la emergencia y desarrollo de nuevos campos de investigación científica y tecnológica, la implementación de innovaciones productivas que preserven el medio ambiente y la concepción de marcos teóricos revolucionarios que permitan abordar y operar sobre los sistemas complejos y las relaciones entre la naturaleza y sociedad. Es imprescindible implementar enfoques transdisciplinarios.

UNESCO – CILAC (2016) indicó que el desarrollo tecnológico es esencial en el sustento y crecimiento económico de las sociedades, en razón a esto, las políticas de innovación, articuladas con las de ciencia y tecnología, son necesarias para vincular de manera eficiente los esfuerzos de empresas, gobiernos y sectores académicos. Esto permitirá fortalecer los sistemas nacionales de innovación y articularlos con las principales tendencias que operan en la economía mundial. Una perspectiva de las políticas, profundiza la necesidad de estructuras y funcionamientos con herramientas teórico-metodológicas inter y transdisciplinares, y de esta manera, avanzar hacia la comprensión y desarrollo de respuestas y soluciones a problemas que no necesariamente se ajustan a fronteras sectoriales o disciplinares.

Dentro de los países de América Latina y el Caribe, la definición de una integración de políticas con una implementación exitosa, debería tener en cuenta tres criterios: (1) una identificación clara del problema que busca resolver la política, (2) un diseño de intervención adecuado que también previene fallas del gobierno y (3) las capacidades institucionales adecuadas para la intervención de la política, o ante la ausencia de estas capacidades, un mecanismo claro para construcción de dichas capacidades. Las políticas deberían enfatizar el aprendizaje incremental, la experimentación y reflexión, así como debatir y argumentar sobre medios y fines, e incluso tensiones y alternativas creativas (Flanagan et al., 2011).

Perspectiva Nacional

El panorama nacional colombiano tiene bastantes retos frente a su entorno de innovación, sus políticas del mercado laboral y educativas; es por esto por lo que el Ministerio de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones desarrolla una política nacional para la transformación digital e inteligencia artificial en el 2019 cuyos objetivos se desarrollarán a continuación.

Objetivo general

"Aumentar la generación de valor social y económico a través de la transformación digital del sector público y del sector privado, mediante la disminución de barreras, el fortalecimiento del capital humano y el desarrollo de condiciones habilitantes, para que Colombia pueda aprovechar las oportunidades y enfrentar los retos relacionados con la 4RI." (MIN. TIC 2019, p. 38)

Objetivos específicos

OE 1. Disminuir las barreras que impiden la incorporación de tecnologías digitales en el sector privado y en el sector público para facilitar la transformación digital del país.

OE 2. Crear condiciones habilitantes para la innovación digital en los sectores público y privado con el propósito que sea un mecanismo para el desarrollo de la transformación digital.

OE 3. Fortalecer las competencias del capital humano para afrontar la 4RI con el fin de asegurar el recurso humano requerido.

OE 4. Desarrollar condiciones habilitantes para preparar a Colombia para los cambios económicos y sociales que conlleva la IA. (MIN. TIC 2019, p. 39)

Esta política presenta una clara ruta de acción que plantea 14 líneas de acción descritas a continuación:

- Línea de acción 1. Disminuir barreras relacionadas con la falta de cultura y el desconocimiento para abordar la adopción y explotación de la transformación digital en el sector privado
- Línea de acción 2. Desarrollar ajustes normativos e institucionales para favorecer la adopción de la transformación digital en componentes clave de la productividad empresarial
- Línea de acción 3. Mejorar el desempeño de la política de gobierno digital, para abordar la adopción y explotación de la transformación digital en el sector público
- Línea de acción 4. Alianzas internacionales para la innovación
- Línea de acción 5. Diseñar y ejecutar iniciativas de fomento al emprendimiento y la transformación digital
- Línea de acción 6. Promover la innovación basada en TIC en el sector público
- Línea de acción 7. Ejecutar iniciativas de alto impacto apoyadas en la transformación digital
- Línea de acción 8. Generar condiciones habilitantes que favorezcan el desarrollo de competencias digitales durante la trayectoria educativa, correspondientes con los retos de las transformaciones tecnológicas
- Línea de acción 9. Desarrollar capacidades y competencias para potenciar la interacción de la comunidad educativa con las tecnologías emergentes para aprovechar las oportunidades y retos de la 4RI o industria 4.0
- Línea de acción 10. Configuración de ecosistemas de innovación orientados a generar apropiación de la cultura innovadora para incentivar el desarrollo social y económico
- Línea de acción 11. Alianzas internacionales para la formación de talento
- Línea de acción 12. Preparación de la educación, con prioridad en IA, que contribuya al desarrollo de competencias para la 4RI

- Línea de acción 13. Generar las condiciones habilitantes para impulsar el desarrollo de la IA en Colombia
- Línea de acción 14. Impulsar el desarrollo de tecnologías digitales para la 4RI en Colombia (MIN. TIC 2019, p. 40)

A los retos presentados anteriormente, el *CONPES 3988* propone que "es necesario dar un mayor alcance a la política de incorporación de las tecnologías digitales en la educación, para impulsar la innovación en las prácticas educativas a partir de las tecnologías digitales, y fomentar en los estudiantes de educación preescolar, básica y media, el desarrollo de las competencias para el siglo XXI que les permitan afrontar los retos y aprovechar las oportunidades de la sociedad digital." (CONPES 2020. P.20)

En este mismo documento se exponen las cuatro causas por las cuales en Colombia no se ha logrado impulsar la innovación en las prácticas educativas a partir de las tecnologías digitales que son:

- ✓ Insuficiente acceso a tecnologías digitales en las sedes educativas para impulsar la creación de espacios de aprendizaje innovadores.
- ✓ Deficiencia de conectividad a Internet en las sedes educativas.
- ✓ Baja apropiación de las tecnologías digitales para la innovación en las prácticas educativas.
- ✓ Debilidad en el monitoreo y evaluación del uso, acceso e impacto de las tecnologías digitales en la educación.

Perspectiva Local

Bogotá en cuanto a políticas públicas cuenta con varias propuestas importantes, con diversos alcances; Una de ellas es la política que propende por la conectividad en el área rural de la ciudad de Bogotá.

Desde la Alta Consejería Distrital de TIC mencionan que están comprometidos con adelantar programas y proyectos orientados a promover la economía digital de Bogotá, fortaleciendo el gobierno en línea, el acceso seguro y oportuno de los ciudadanos a los medios digitales, impulsando nuevos canales que permitan masificar la cultura TIC y propender por el efectivo despliegue de infraestructura de TIC en el Distrito Capital.

Para esto es indispensable:

- Cooperación con el Gobierno Nacional para instalar redes de comunicaciones en las zonas rurales.
- Apoyo al desarrollo de soluciones de conectividad comunitarias
- Incentivos para la instalación de infraestructura en las localidades distritales con vocación rural.

Para tal efecto, en conjunto con la Secretaria Distrital de Planeación, la Alta Consejería Distrital de TIC está desarrollando los aspectos reglamentarios que le permitirán a la ciudad, contar con los instrumentos técnicos y normativos actualizados que faciliten el desarrollo de la infraestructura TIC, lo que permitirá, por ejemplo, fomentar proyectos asociados al wifi, mejorar el servicio celular en la ciudad, y avanzar en la conectividad en las diferentes localidades distritales, incluyendo las que tienen zonas rurales.

8. Aspectos para construir una estrategia de educación para ciencia y tecnología

Educación Científica

Para iniciar, en el ***contexto internacional***, la Educación Científica, según la Comisión Europea (2020) tiene como meta generar sociedades y comunidades sostenibles, para enfrentar cambios y retos del mundo contemporáneo. Para ello, los principales objetivos se centran en:

- ✓ Componente esencial y de continuo aprendizaje, durante todos los procesos de formación y conducir hacia una ciudadanía que comprenda y aplique la ciencia y la tecnología en la vida cotidiana, y participe activamente en la toma de decisiones para enfrentar los problemas y retos del momento.
- ✓ El sistema educativo debe brindar oportunidades y contar con recursos para estimular talentos e iniciativas científicas y con ello favorecer la inclusión, la igualdad de oportunidades y el desarrollo humano y social.
- ✓ Un cambio de paradigma, dejar de preparar a las personas para empleos de por vida a generar familiaridad y cultura con la ciencia, adquiriendo habilidades que son aplicables en diferentes dominios de la vida y la sociedad.
- ✓ Centrarse en competencias con énfasis en el aprendizaje a través de la ciencia y el cambio de STEM a STEAM (ciencia y tecnología interpretadas a través de ingeniería y artes).
- ✓ Garantizar calidad en la educación, desarrollar procesos de formación a docentes y generar redes de trabajo colaborativas.
- ✓ Facilitar oportunidades para intercambiar ideas con empresas, sociedad civil, centros de tecnología, museos y generar soluciones a problemas de la vida real, basados en la educación científica.

- ✓ Aumentar la adopción de estudios científicos y carreras basadas en la ciencia para mejorar la empleabilidad y la competitividad.
- ✓ Prestar mayor atención a la promoción de la investigación y la innovación responsables (RRI), mejorando la comprensión y apropiación pública de hallazgos científicos y las capacidades para discutir sus beneficios y consecuencias.
- ✓ Conectar estrategias de innovación y educación científica, a nivel local, nacional regional e internacional, teniendo en cuenta las necesidades de la sociedad y desarrollos globales.
- ✓ Resolución Parlamento Europeo, 9 de septiembre de 2015, para promover la participación activa de las mujeres en campos de ciencia, tecnología e innovación.
- ✓ La ciencia debe estar al alcance de todos, bajo perspectivas de "diseño inclusivo" y hacer que las escuelas sean más accesibles para las comunidades, para los estudiantes con diversidades a nivel cultural, funcional y de aprendizaje.
- ✓ Continuando en esta línea del *contexto internacional* (Unesco, OCDE, British, Unión Europea, 2016, 2018, 2019) la educación científica busca fortalecer los conocimientos para la sustentabilidad: medio ambiente, sociedad, cultura y economía; así como ampliar y robustecer vínculos locales como globales y diálogos interdisciplinares. La educación científica es una apuesta por una cultura de vida, usando el pensamiento crítico, creativo, para la inclusión y la participación ciudadana, comprender y aplicar la ciencia y la tecnología en la vida diaria.
- ✓ Otra meta de la educación científica es que la sociedades y personas dispongan de saberes y conocimientos, para tomar decisiones sobre problemas socio-científicos y socio-tecnológicos cada vez de mayor complejidad (British Council. 2012; 2019).

Continuando en esta línea del ***contexto internacional*** (Unesco 2018, OCDE 2018, British 2016, Unión Europea 2019) la educación científica busca fortalecer los conocimientos

para la sustentabilidad: medio ambiente, sociedad, cultura y economía; así como ampliar y robustecer vínculos locales como globales y diálogos interdisciplinares. La educación científica es una apuesta por una cultura de vida, usando el pensamiento crítico, creativo, para la inclusión y la participación ciudadana, comprender y aplicar la ciencia y la tecnología en la vida diaria.

Otra meta de la educación científica es que la sociedades y personas dispongan de saberes y conocimientos, para tomar decisiones sobre problemas socio-científicos y socio-tecnológicos cada vez de mayor complejidad (British Council. 2012, 2019).

En el ***contexto regional*** el CILAC (2016; 2018) refiere que se debe impulsar la ciencia y su popularización como primer paso hacia una política científica de Estado. La ciencia es un derecho y se debe: Garantizar la participación en el progreso científico y en los beneficios que de él resulten. Y respetar la libertad para la investigación científica, lo que incluye reconocer la autoría intelectual.

La educación científica permite estimular el desarrollo sostenible y el cumplimiento de los objetivos de desarrollo sostenible, para ello es necesario contar con estabilidad política, ausencia de violencias, distribución equitativa de la educación, de la salud, de los recursos y la eficiencia gubernamental a la hora de implementar políticas públicas.
En América Latina, durante la última década, países como Brasil, México, Argentina, Chile y Uruguay, comenzaron a cambiar sus mecanismos horizontales de promoción de la I+D por otros de carácter sectorial, definieron una dirección estratégica para promover sectores económicos, que requieren aumentar la productividad a través de la innovación (agricultura, energía, TIC). También se aplicaron políticas específicas y mecanismos de incentivos para desarrollar tecnologías estratégicas (biotecnología, nanotecnologías, tecnologías espaciales, biocombustibles, etc.).

Un segundo grupo de países está implementando una serie de fondos científicos y

tecnológicos con el fin de ampliar las actividades de investigación e innovaciones endógenas (Perú, Paraguay y Panamá). Otros están promoviendo programas de competitividad (Rep. Dominicana, El Salvador y Guatemala).

La postura de la Unesco (2019) al respecto es que, en concordancia con los ODS, se debe garantizar una educación inclusiva, equitativa y de calidad, promover oportunidades de aprendizaje durante toda la vida para todos. La educación es un factor de transformación, inculcando conocimientos, habilidades, valores y actitudes para poder contribuir a un mundo más inclusivo, justo y pacífico.

Continuando con el ***contexto regional*** (Furman, 2018; CILAC, 2016) se encontró, que la educación científica busca fortalecer las capacidades para el pensamiento analítico, crítico, la toma de decisiones, el uso de información, aptitudes analíticas para el desarrollo el sostenible, atravesadas por avances y conocimientos científicos y tecnológicos. Es contar con las habilidades para los desafíos del siglo XXI: Manejo y comprensión de información, cuidado del entorno, cuidado de la salud, ciudadanos competentes para los desafíos sociales.

Por otro lado, en cuanto al ***contexto Nacional*** es conveniente mencionar que uno de los objetivos primordiales planteados por el Ministerio de Ciencia Tecnología e Innovación, es la formación de vocaciones en ciencia, tecnología e innovación, que propende por el desarrollo de procesos de mediación que permitan a niños, niñas, adolescentes y jóvenes participar de diferentes prácticas relacionadas con la ciencia, la tecnología y la innovación a partir de las cuales se identifican y se potencian capacidades y habilidades que les permitan insertarse en diferentes espacios no solo académicos, sino sociales, culturales, productivos y científicos, con el fin de fortalecer sus proyectos de vida y contribuir a la construcción de una sociedad que gestiona, valora y apropia el conocimiento.

Al respecto, este mismo Ministerio en su documento "COLOMBIA HACIA UNA

SOCIEDAD DEL CONOCIMIENTO Reflexiones y propuestas" (2019) menciona de manera clara los objetivos y propuestas que tienen las políticas nacionales que se relacionan con este tema, a saber:

Políticas para el apoyo y el desarrollo de centros e institutos de investigación. Partiendo de un análisis de la situación existente y los problemas que enfrentan las diversas modalidades institucionales, se proponen estrategias diferenciadas que les permitan funcionar en forma correcta. También hay propuestas para crear nuevos centros regionales que actúen como interface entre la investigación y la empresa, y hay una propuesta para generar una integración productiva entre diversos institutos públicos de ciencia y tecnología.

Políticas adicionales para educación. Además de unas acciones prioritarias y medibles, se proponen otras estrategias de carácter más general que podrán impactar muy positivamente al sector educativo en todos los niveles y a largo término, formando a la población no solo para el mercado laboral sino también para la satisfacción de la curiosidad científica, la creación artística, la cooperación social, la interacción no violenta, el ejercicio de la democracia y para que ejerza más ampliamente la libertad de escoger un camino en su vida.

Políticas para el gobierno de la ciencia. Se proponen políticas que permitan una administración más eficiente de la ciencia. Hizo recomendaciones para la estructuración del Ministerio de Ciencia Tecnología e Innovación (CTI) y para el sistema de CTI. Se analizó normas existentes (incluidas las actuales para el sistema general de regalías) y se recomendó considerar otras más ágiles y apropiadas en forma específica para la actividad investigativa. También se propuso una para promover la internacionalización de la ciencia y una movilidad adecuada que nos comunique con los grandes centros de desarrollo tecnológico del mundo.

Siguiendo una línea similar, en el ***contexto Distrital*** la alcaldía de Bogotá en su PLAN DE CIENCIA, TECNOLOGÍA E INNOVACIÓN BOGOTÁ D.C (2007) presenta los siguientes objetivos:

- Definir los programas y proyectos estratégicos para consolidar a Bogotá como una sociedad del conocimiento en la que las capacidades científicas, el desarrollo tecnológico y la innovación contribuyen al desarrollo social y económico de la ciudad, con criterios de inclusión y equidad.

- Fortalecer la institucionalidad del quehacer de la ciencia, la tecnología y la innovación en la ciudad a través de la coordinación, articulación, divulgación y financiación del Plan.

- Promover la investigación, la innovación y el desarrollo tecnológico que respondan a las necesidades sociales y ambientales, en busca del incremento de la calidad de vida de los hombres y mujeres de la ciudad.

- Incentivar la formación y promoción del espíritu científico, el pensamiento tecnológico e innovador y las capacidades de la población, en busca del incremento de la cultura científica y tecnológica.

- Promover el desarrollo tecnológico sostenible y la innovación y la modernización de las actividades productivas, en procura del crecimiento económico asociado al bienestar general de todas las personas que habitan la ciudad.

Cuarta Revolución Industrial

Continuando con el desarrollo contextual de las metas y objetivos de las políticas en los documentos revisados existen algunos apartados específicos que apuntan a clarificar las

ideas frente a la cuarta revolución industrial, por ejemplo en el ***contexto internacional*** podemos a preciar que según la OCDE (2019) el impulso de la nueva revolución productiva, está basada en el desarrollo de infraestructura y aplicaciones digitales, como la banda ancha de alta velocidad, la bigdata, computación en la nube, el internet de las cosas, la impresión 3D, la cultura maker (hacerlo usted mismo), los sistemas ciber físicos.

Este momento de evolución científico-tecnológico y económico que tiene como objetivo potenciar transformaciones en la interacción, uso de equipos, manejo de datos, interconexiones entre sistemas y dispositivos digitales y con ello, desarrollar e incrementar la inteligencia artificial, para aprovechar y organizar medios de producción. Es un momento que determina un avance en el desarrollo industrial haciendo uso intensivo y masivo de internet y de tecnologías punta, con el propósito principal de generar plantas industriales, cadenas de producción más efectivas, comunicaciones más rápidas entre distintos mercados, energía más inteligente y más considerada con el medio ambiente, todo esto podría marcar importantes cambios en las dinámicas sociales actuales (Foro Económico Mundial, 2020).

Al respecto, se encuentran algunas acotaciones pertinentes que exponen realidades específicas en el ***contexto regional***; como que actualmente se están experimentando acelerados procesos de cambio productivo y tecnológico: Transformación en técnicas, métodos y recursos industriales, desarrollo de economías cada vez más basadas en servicios y la ampliación en la creación y uso de plataformas digitales como espacios generalizados y cotidianos de interacción. Con este panorama, surgen distintas necesidades y problemáticas, dentro de las cuales, en América Latina, hay una sería preocupación en relación con la dimensión ocupacional laboral y del trabajo, sus cambios, la desaparición de oficios, el conocimiento y habilidades para escenarios cada vez más digitales y automatizados.

Es importante entonces, reconocer que históricamente América Latina ha tenido serios

problemas de desigualdad social y en ese sentido, si el mundo está migrando a nuevas formas de interacción y de desarrollo, es esencial contar con las habilidades, capacidades y recursos para responder a esas demandas, en donde se agencie desde las políticas públicas, las instituciones educativas, las instituciones laborales formas de aprender, apropiar, impulsar el desarrollo de las sociedades con principios de equidad (Banco Interamericano de Desarrollo, 2020).

En esta misma línea, en el ***contexto Nacional*** el MCTI (2019) hace una propuesta dirigida a una concentración de esfuerzos adicionales que pretende fortalecer los esfuerzos permanentes y necesarios en ciencias básicas y aplicadas de calidad ni en aquellos en ciencias sociales, en humanidades y en artes con el fin de ser continuamente promovidas. Adicionalmente a estas se proponen resolver tres retos: Colombia Productiva y Sostenible, Colombia Bio-diversa y Colombia Equitativa.

En el marco de esos tres retos se definen cinco "misiones": generar un nuevo modelo productivo y sostenible, conocer a fondo y promover la utilización de la mega diversidad biológica (terrestre y marina) y la cultural, afrontar el cambio climático y el manejo del agua, mejorar con ciencia la educación a todos los niveles y aumentar la equidad produciendo conocimientos que eliminen las barreras del desarrollo humano.

Transformación Digital

Ahora, en los documentos revisados del ***contexto internacional*** se encontraron algunas aproximaciones en cuanto a la transformación digital que hacen alusión a las metas y objetivos, por ejemplo, según la OCDE (2018) una de las metas de la transformación digital, es aumentar la comprensión frente a los cambios y aplicación de tecnologías de datos e información, que requiere una acción política coordinada porque impacta las economías y la sociedad en su conjunto. Un principio fundamental es aprovechar las tecnologías digitales de manera integral: diseñar, desarrollar, entregar y monitorear

políticas públicas y servicios centrados en necesidades de las personas y los usuarios (ciudadanos y empresas).

Una de las metas con la transformación digital es impulsar el crecimiento de la productividad al permitir innovación y reducción de costos en procesos y procedimientos en diferentes escalas y escenarios de la vida social (Goldfarb y Tucker, 2017, citado por OCDE, 2018).

También se encontró que la OCDE (2015), refiere que la tecnología puede ser una plataforma para el aprendizaje basado en la investigación, proporcionando espacios de trabajo colaborativo entre estudiantes, grupos de investigación, clases o redes, haciendo uso de distintos recursos tecnológicos que potencien la creatividad, el aprendizaje mediado por la interacción y experimentación.

Según la OCDE (2019), la transformación digital se refiere a cambios en el pensamiento y en las formas de interacción de las personas y sus entornos con la tecnología, la información digital y el uso de internet.

Un objetivo mencionado, es que se busca con la transformación digital potenciar el pensamiento creativo y resolver problemas para adaptarse y progresar en ambientes digitalizados haciendo uso de tecnologías. (OCDE, 2019;2020) Al igual que potenciar y/o desarrollar habilidades y conocimientos relacionados con la ciencia, la ingeniería y las TIC, para avanzar socialmente. Las habilidades cognitivas asociadas a la capacidad de solucionar dificultades hacen que prospere la sociedad digital, en la escuela, el trabajo, el espacio público. (OCDE, 2019)

En el ***contexto Regional*** se menciona que la transformación digital busca desarrollar destrezas en el uso y creación de material digital, la alfabetización digital básica, el manejo de datos y el razonamiento cuantitativo, la resolución de problemas y el pensamiento

computacional, la aplicación de conocimientos y habilidades de ciencias de la computación más especializados que se necesitan en la ciencia de datos, ciberseguridad y codificación (Visión STEM para México, 2019). Esto con el fin de hacer uso de la tecnología para la solución de problemas y migrar la interacción digital a la vida cotidiana. También se busca responder a los desafíos de los cambios sociales, industriales, económicos, para impulsar el desarrollo, favorecer el crecimiento empresarial y el aprendizaje de nuevas formas de ocupación humana (Unesco,2016).

Siguiendo esta línea en el ***contexto Nacional*** en la visión del Plan Decenal de Educación -PNDE- 2016-2026, "Para el año 2026 y con el decidido concurso de toda la sociedad como educadora, el Estado habrá tomado las medidas necesarias para que, desde la primera infancia, los colombianos desarrollen pensamiento crítico, creatividad, curiosidad, valores y actitudes éticas; respeten y disfruten la diversidad étnica, cultural y regional; participen activa y democráticamente en la organización política y social de la nación, en la construcción de una identidad nacional y en el desarrollo de lo público.
Se menciona además que se propenderá, por una formación integral del ciudadano que promueva el emprendimiento, la convivencia, la innovación, la investigación y el desarrollo de la ciencia, para que los colombianos ejerzan sus actividades sociales, personales y productivas en un marco de respeto por las personas y las instituciones, tengan la posibilidad de aprovechar las nuevas tecnologías en la enseñanza, el aprendizaje y la vida diaria y procuren la sostenibilidad y preservación del medio ambiente."

El ***contexto Distrital*** no dista de estas afirmaciones, pues en el PLAN DE CIENCIA, TECNOLOGÍA E INNOVACIÓN BOGOTÁ D.C. 2007-2019 se presentaron algunos ejes de desarrollo que van ligados a lo anterior, a saber, son:

- ✓ Investigación, innovación y desarrollo tecnológico.
- ✓ Formación y promoción del espíritu científico, innovador y del conocimiento y habilidades de la población.

- ✓ Desarrollo tecnológico sostenible e innovación y modernización de las actividades productivas de la ciudad - región.
- ✓ Infraestructura para la ciencia, la tecnología y la innovación.

Formación STEM/STEAM

Por último, se desarrollará las ideas encontradas en los documentos frente a las metas y objetivos planteados a cerca de la formación Stem. En el ***contexto Internacional*** se ven como objetivos, favorecer y potenciar las capacidades de entendimiento, interpretación, evaluación, uso e interacción con datos, experimentaciones y con ello la participación en sociedad y el desarrollo conocimientos y diálogos interdisciplinares. De esta manera, encontrar soluciones a problemas en ambientes tecnológicos, disponer de habilidad para usar tecnologías digitales, herramientas y redes de comunicación, adquirir y evaluar información, comunicarse con distintos conocimientos y desempeñar tareas prácticas (OCDE, 2016).

También se expone que STEAM promueve el aprendizaje por indagación, en donde se privilegia la pregunta y la investigación, se desarrolla la curiosidad, el pensamiento crítico y la capacidad para pensar y proponer soluciones a problemas de la sociedad (British Council, 2016).

Ahora en el ***contexto Regional*** la formación STEM busca:

- ✓ Generar comunidades de práctica comprometidas y en red
- ✓ Desarrollar actividades de aprendizaje accesibles que invitan al juego intencional y al riesgo
- ✓ Desarrollar experiencias educativas que incluyen enfoques interdisciplinarios para resolver grandes desafíos
- ✓ Promover espacios de aprendizaje flexibles e inclusivos
- ✓ Medidas de aprendizaje innovadoras y accesibles

- ✓ Imágenes y entornos sociales y culturales que promueven la diversidad y la oportunidad

La formación STEM busca que la enseñanza de las ciencias naturales y la tecnología sean espacios experimentales (Siemens y Universidad de Los Andes, 2017). En América Latina, se viene impulsado una transformación sobre los objetivos de la formación STEM/STEAM: Pasar de ser un movimiento liderado por políticos y empresarios con foco en la productividad y competitividad, para pasar a un movimiento educativo, orientado a potenciar aprendizajes en estudiantes. Interdisciplinariedad, enlaces académicos, aplicando ciencia, tecnología, ingeniería y matemáticas, buscando conexiones de la escuela con otros sectores sociales (Fundación Chile, 2016).

También se propone formar personas con habilidades y capacidades: pensamiento creativo y complejo, hacer uso efectivo de la información y trabajo colaborativo, para la innovación, el desarrollo sostenible y el bienestar social (Alianza para la Promoción de STEM- México, 2019).

En este sentido el ***contexto Nacional*** coincide pues la educación Steam se ve con el propósito de compartir y fortalecer prácticas y saberes para que las personas tengan oportunidades de aprendizaje durante toda su vida, lo anterior propicia la construcción de conocimiento y la formación en valores humanísticos y democráticos apostando a un amplio uso de las tecnologías de información y comunicación para alcanzar sus metas.

En el rastreo realizado los documentos más relevantes y desarrollados pertenecen a la ciudad de Medellín lugar donde se ha venido trabajando desde hace años 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.

Inversión, infraestructura y sostenimiento – Recomendaciones y lineamientos

Educación Científica

Este apartado como su título lo indica está enfocado en exponer los ítems más representativos en cuanto a inversión, infraestructura y sostenimiento encontrados en los documentos revisados. En el ***contexto Internacional*** se encontró que los gastos en I + D e innovación están relacionados con el nivel de actividad de una economía. Para economías como la de China, no es posible informar sobre el apoyo presupuestario para I + D por separado de otras inversiones públicas en CTI. Para las tecnologías medioambientales, los países de la Unión Europea, incrementaron su actividad de patentamiento y representaron el 28% del total de solicitudes en 2010-13, mientras que Japón y Estados Unidos experimentaron un declive en el campo, vinculado al aumento de las actividades en Asia, especialmente en Corea y China, estas, representaron más 90% de las familias de patentes mundiales de tecnologías de mitigación del cambio climático y relacionadas con la salud (OCDE, 2016).

Por otro lado, en Sudáfrica el gobierno se ha centrado en mejorar el acceso a la educación científica y matemática para los jóvenes y en apoyar estudiantes e investigadores. La matrícula universitaria ha aumentado un 7,7% entre 2011 y 2013 hasta casi 1 millón en 2013, lo que está en línea con el objetivo del PND de aumentar la matrícula a 1,62 millones para 2030. En materia de posgrado los estudiantes apoyados por la Fundación Nacional de Investigación (NRF) se duplicaron de 5.061 en 2008/09 a 11.400 en 2013/14. Además, para mejorar la participación y la inclusión en la educación superior, Sudáfrica se ha trazado objetivos de equidad, adoptados desde hace tiempo, apoyando a las mujeres y a la comunidad negra (OCDE, 2016).

En cuanto al ***contexto regional*** según la Unesco- CILAC (2018) América Latina y el Caribe se encuentran en una posición comparativamente desfavorable en relación a los

recursos destinados a ciencia y tecnología. Las regiones con mayor inversión en investigación y desarrollo (I+D) son Asia, que concentra el 41% del total mundial, le siguen Estados Unidos y Canadá con el 27% y Europa con el 22%; América Latina y el Caribe están con sólo 3.5% de la inversión mundial en I+D. La distribución de investigadores mantiene una proporción similar: Asia cuenta con el 42%, Europa el 31%, Estados Unidos y Canadá el 19%, y América Latina y el Caribe el 3.9%.

Como porcentaje del Producto Bruto Interno (PBI) la inversión en I+D de los países de América Latina y el Caribe pasó de 0.58 en 2007 a 0.68 en 2013, y llegó a US$53 mil millones en ese último año. Durante el mismo período este porcentaje aumentó de 1.74 a 2.0 en Asia Oriental y el Pacífico hasta alcanzar la cifra de US$563 mil millones en 2013, monto del que China representa un 51%. Los países de altos ingresos, cuya inversión en I+D creció 13% en el mismo período, lograron movilizar aproximadamente US$1 millón de millones en 2013, el doble que los países de Asia Oriental y el Pacífico. La distribución de la inversión en I+D en América Latina fue muy sesgada: Argentina, Brasil y México concentraron el 86% del total, y Brasil es el único país que destinó a I+D más del 1% de su PBI (Unesco- CILAC, 2018).

Se evidencia una recomendación en cuanto a que los países de América Latina y el Caribe deberían aumentar progresivamente los recursos destinados a I+D para aproximarse a los niveles de otras regiones, y llegar en un decenio por lo menos al 1.5% del PBI para la región en conjunto para no perder más terreno. Si bien la responsabilidad de crear capacidades en ciencia y tecnología recae sobre las autoridades de cada uno de los países de América Latina y el Caribe, los esfuerzos nacionales pueden y deben ser complementados con iniciativas de cooperación regional.

Un programa regional de cooperación de magnitud razonable motivaría esfuerzos adicionales de inversión y generaría beneficios complementarios: compartir experiencias, fortalecer buenas prácticas; mejorar el diseño y la implementación de políticas públicas;

formular y ejecutar proyectos conjuntos; coordinar posiciones en negociaciones internacionales; y superar la masa crítica de recursos financieros, humanos y de infraestructura necesarios para contar con sistemas de ciencia, tecnología a innovación viables (Unesco- CILAC, 2018).

En el ***contexto Nacional y Distrital*** se evidencian algunas recomendaciones generales que apuntan al desarrollo de la ciudadanía, sin embargo, de manera concreta se encontró la financiación del Plan de Ciencia, Tecnología e Innovación de Bogotá, D.C., 2007-2019, en el documento se menciona la participación del sector público y del sector privado.

Cuarta Revolución Industrial

Al respecto de la relación con la inversión de los países y la cuarta revolución industrial se encontró en el ***contexto Internacional*** que, durante los años 2010 y 2012, Estados Unidos contribuyó con el 36% de todas las invenciones patentadas de tecnologías relacionadas con Internet de las cosas [IoT], big data, computación cuántica y telecomunicaciones. La Unión Europea como Estados Unidos vieron disminuir su participación relativa de invenciones de IoT a medida que los países asiáticos, en particular Corea, China y Japón ganaron terreno y contribuyeron con alrededor del 36% de las invenciones (OCDE, 2016).

Por otro lado, otro ejemplo es el gobierno del Reino Unido que ha identificado una serie de tecnologías como fuentes potenciales de crecimiento futuro y ha mapeado actividad inventiva en estas tecnologías durante el período 2004 -2013 mediante el examen de documentos de patente publicados en todo el mundo. Entre las tecnologías identificadas se encuentran una serie de tecnologías habilitadoras que forman la base de la nueva generación de TIC, así como materiales avanzados y tecnologías relacionadas con la salud. La nueva generación de tecnologías TIC incluye la computación cuántica y telecomunicaciones, IoT, big data y computación eficiente en energía. Las tecnologías

cuánticas aprovechan la física cuántica para adquirir funcionalidades o mejorar el rendimiento de las tecnologías existentes. Los macrodatos y la informática energéticamente eficiente, se relacionan con los datos y requisitos de alta velocidad de procesamiento, que requieren enfoques innovadores para su manipulación. El internet de las cosas (IoT) se refiere a redes de objetos físicos cotidianos, a las que se puede acceder a través del internet y pueden identificarse automáticamente con otros dispositivos.

En adición a esto, se explica que la mayoría de las personas y organizaciones utilizan herramientas digitales, pero en general están lejos de su máximo potencial. Casi todas las empresas están conectadas a internet, pero solo el 33% de las grandes y el 11% de las pequeñas las empresas realizan análisis de big data. Solo el 31% de los adultos tiene suficientes habilidades de resolución de problemas para tener éxito en el uso de las tecnologías. Por esto se requiere desarrollar habilidades necesarias en las personas, instituciones y organizaciones.

Para aumentar el uso efectivo, las políticas deben empoderar a todas las personas con una combinación de habilidades para prosperar y confiar en un mundo digital; impulsar la adopción y difusión de herramientas digitales y con esto, el crecimiento de la productividad en las empresas, en las pequeñas y medianas empresas en particular; promover el dinamismo empresarial y el cambio estructural; fomentar la inversión en activos intangibles (patentes, software); y hacer que los servicios gubernamentales digitales estén más centrados en el usuario.

Es pertinente mencionar que la innovación digital y basada en datos está en aumento. Durante los años 2013 y 2016, alrededor del 60% de las patentes de China fueron en tecnologías de la información y las comunicaciones. Las políticas deben promover el espíritu empresarial; facilitar acceso a financiamiento; apoyar la investigación básica, la difusión del conocimiento y la ciencia abierta; también deben fomentar la

experimentación y los nuevos negocios.

Avanzando en la comparación se puede decir que en el ***contexto Regional*** el Banco Interamericano de Desarrollo (2020), sugiere que, frente al panorama y necesidades de América Latina, es fundamental, para transitar efectivamente a cambios que respondan a los retos de la cuarta revolución industrial, las siguientes "habilidades 4.0":

1. Educación de calidad: Actualización en los contenidos formativos, conjuntamente con el fuerte cambio tecnológico, una formación que también responda a requerimientos y necesidades del sector productivo.
2. Nuevos métodos de aprendizaje: Generar mecanismos para el desarrollo del pensamiento crítico (discutir, pensar, analizar), es decir, la generación de habilidades transferibles o adaptativas que son útiles en diferentes actividades y escenarios. Ordenar conocimientos vinculando la enseñanza con problemas cotidianos y la participación en la transformación de la realidad. Esto implica dejar atrás el enfoque basado en disciplinas para establecer uno nuevo, centrado en objetos de transformación.
3. Capital humano para la integración: Que se capacite y entrene a los jóvenes en aquellas habilidades que las empresas necesitan, ejemplo, pasantías en donde los estudiantes reconozcan y se familiaricen con dinámicas y nuevas formas de producción, de desarrollo, de análisis, de trabajo.
4. Mayor colaboración público-privada: En países de alta productividad, como Alemania y Corea, la tecnología y la educación se retroalimentan y hay importante colaboración entre actores e instituciones público-privadas. Los roles, alcances, saberes y posibilidades de los dos sectores, son toda una posibilidad de articulación para impulsar el desarrollo, el avance tecnológico, la educación científico – tecnológica.
5. Sociedad comprometida con el futuro: Repensar el sistema educativo de manera integral, establecer nuevas bases que permitan desarrollar en las personas

habilidades blandas y duras requeridas para integrarse al mundo del trabajo, incluso de cara a trabajos que aún no existen. Diseñar políticas públicas e invertir recursos en calidad educativa, en capacitación para la integración, en formación continua, y en el desarrollo de colaboraciones público-privadas y regionales.

6. Redefinición de las categorías laborales: La transformación digital implica nuevas formas de organización de las actividades, como las relacionadas con el trabajo, donde se combinan elementos físicos, biológicos y digitales. Los cambios socio-tecnológicos, inducidos por la digitalización y la conexión de las sociedades en tiempo real, generan una nueva subjetividad dando lugar a la innovación y nuevas ideas de progreso social. Las políticas educativas y las acciones para la formación y capacitación laboral deben necesariamente abordar al nuevo sujeto, con sus nuevos hábitos y paradigmas.
7. Sinergias regionales para explotar al máximo los recursos disponibles: Los principales mecanismos de integración de la región - Alianza del Pacífico, MERCOSUR, Sistema de la Integración Centroamericana (SICA), Comunidad Andina y CARICOM – están priorizando agendas para la creación de mercados y ecosistemas digitales regionales, que incluyen iniciativas comunes en torno a la formación de habilidades para la economía digital, los trabajos del futuro y los retos del siglo XXI.

En cuanto a esta premisa en el ***contexto distrital*** podemos encontrar el eje D, de "Infraestructura para la ciencia, la tecnología y la innovación", del PLAN DE CIENCIA, TECNOLOGÍA E INNOVACIÓN BOGOTÁ D.C. 2007-2019 propuso los programas de consolidación de medios innovadores para la construcción de la ciudad del conocimiento y para facilitar y fomentar el acceso y uso de las TIC como apoyo a la consolidación de la Sociedad del Conocimiento.

Transformación Digital

Este apartado explicará las acotaciones relacionadas entre la transformación digital y la inversión y sostenimiento encontrados. En el ***contexto Internacional*** se puede ver que según la OCDE (2019) se recomienda para los procesos de transformación digital:

- ✓ Generar orientaciones y métodos reconociendo contextos, culturas, instituciones y trayectorias de las comunidades y países.
- ✓ Asignar responsabilidades claras y actores para las dimensiones estratégica y operativa, así como objetivos y prioridades.
- ✓ Garantizar la relación y cohesión entre estrategias, políticas, acciones desde lo local hasta la internacional.
- ✓ Evaluar y monitorear tendencias digitales clave, políticas, necesidades y regulaciones
- ✓ Evaluar la efectividad de las estrategias y/o políticas actuales
- ✓ Involucrar a todos los actores relevantes en el desarrollo e implementación de la estrategia de transformación digital
- ✓ Construir, consolidar e implementar un plan de acción con medidas específicas: presupuesto, objetivos, metas, responsables, articulaciones.

Al respecto también se encontraron algunas recomendaciones de política para la transformación digital: 1) mejorar el acceso a las tecnologías digitales; 2) fortalecer su uso efectivo; 3) permitir la innovación digital; 4) garantizar empleos de calidad para todos; 5) promover una sociedad digital inclusiva; 6) fortalecer la confianza; y 7) fomento de la apertura del mercado (OCDE, 2019).

Y finalmente se menciona que las inversiones en recursos con licencias abiertas (plataformas, bases de datos, recursos bibliográficos) son formas de apertura a la transformación digital en la educación, en donde los profesores pueden experimentar, crear y adaptar los espacios y materiales para el proceso de enseñanza – aprendizaje. (Departamento de Educación de Estados Unidos, 2017)

En cuanto al ***contexto Regional*** se encontró que los procesos de transformación digital incluyen (OCDE, 2017):

1. Teléfono inteligente: La popularización del teléfono inteligente ha transformado la informática al permitir la movilidad constante, conectividad y proporcionar a las personas acceso a una amplia gama de aplicaciones y servicios.
2. Internet de las cosas: Comprende dispositivos y objetos cuyo estado se puede modificar a través de Internet, con o sin la participación de las personas (ubicación, estados de salud)
3. Análisis de Big Data: Conjunto de técnicas y herramientas para procesar e interpretar grandes volúmenes de información que son generados por el aumento de la digitalización del contenido
4. Inteligencia artificial: Capacidad de máquinas y sistemas para adquirir y aplicar conocimientos. Realizar variedad de tareas cognitivas, por ejemplo, sentir, procesar el lenguaje oral, el razonamiento, el aprendizaje, la toma de decisiones y la demostración, capacidad para mover y manipular objetos.
5. Blockchain o tecnología de contabilidad distribuida (DLT): Habilita protocolos para intercambio de valores, contratos legales y aplicaciones similares. Blockchain es una base de datos distribuida que actúa como una plataforma abierta y compartida y un libro de contabilidad público confiable que no puede ser manipulado y que todos pueden inspeccionar. La combinación de transparencia de transacciones, reglas estrictas y constante supervisión.

También se evidencia que, para fortalecer los procesos de transformación digital, es clave:

1. La difusión de conocimientos y tecnología nacional e internacional, la apertura a la tecnología y el conocimiento extranjero es esencial, se requiere apertura al comercio, la inversión y la movilidad, esto impactará la economía y puede entonces, generarse nuevas acciones políticas, por ejemplo, en el uso de servicios

de extensión tecnológica, mejoras en los vínculos ciencia-industria, protección de la propiedad intelectual.

2. Fomentar la inversión en capital tangible e intangible, especialmente en habilidades y capacidades humanas, fortalecer los conocimientos complementarios necesarios y mejorar las capacidades de las personas, trabajadores en el uso de tecnologías, manejo de información. El gasto en I + D es muy bajo en la mayoría de los países de América Latina, solo en Brasil se gasta más del 1% del PIB en I + D.
3. Permitir que las pequeñas y medianas empresas aprovechen la transformación digital. Adopción de prácticas que mejoran la productividad, estrategias digitales nacionales integrales, políticas que faciliten el acceso a la financiación, el conocimiento de redes y habilidades, incluidas las habilidades de gestión.
4. Facilitar el necesario cambio estructural en la economía. Políticas que faciliten el cambio estructural a través de la entrada, crecimiento y salida de empresas, introducción de nuevos modelos comerciales de uso intensivo digital.
5. Fortalecimiento de la reforma estructural para apoyar la transformación digital. En muchos sectores de la economía en los países de América Latina, la transformación digital exitosa requerirá cambios en las instituciones, regulaciones y mercados existentes, permitir la aparición de nuevos modelos de negocio y empresas innovadoras, así como nuevas formas de prestar servicios públicos y privados. Conocer e incorporar nuevas tecnologías.
6. Reforma regulatoria adaptada a la era digital. Los cambios regulatorios también son necesarios para garantizar la protección adecuada de los consumidores en las transacciones en línea, la portabilidad de datos deberá ser transparente y sin barreras para los usuarios y actores.
7. Asegurar una competencia efectiva. Los formuladores de políticas deberán asegurar competencias en el mercado, bajo reglas y herramientas. La cooperación entre las instituciones o empresas nacionales es fundamental para alcanzar metas y propósitos y ser veedores de las reglas.

8. Invertir en innovación para impulsar la productividad. Las empresas y los gobiernos de los países de América Latina, deberán seguir invirtiendo en innovación, para seguir desarrollando tecnologías digitales y de otro tipo que puedan mover la productividad. Esto incluye garantizar una inversión suficiente en investigación básica, que es clave para desarrollar las semillas de la innovación futura reforzando el intercambio de conocimiento entre ciencia y empresa.

En 2015, solo seis países (Colombia, México, Panamá, Paraguay, Trinidad y Tobago y Uruguay) contaban con una estrategia nacional de seguridad digital. Desafortunadamente, la gran mayoría de las estrategias digitales nacionales adoptadas hasta el momento, carecen de una clara y global visión a largo plazo, en relación con el riesgo de seguridad digital y enfrenta una serie de desafíos, como la creación y mejora de marcos legales en seguridad digital, la creación de capacidades de gestión de riesgos de seguridad operacional, la clara distribución de responsabilidades entre las instituciones gubernamentales; y cooperación internacional y de múltiples partes interesadas (OCDE, 2019).

En este sentido y en el ***contexto Nacional*** se encontró en el CONPES 3975 que la Política Nacional para la Transformación Digital e Inteligencia Artificial tiene un costo total aproximado de 121.619 millones de pesos. Para efectos del cumplimento de los objetivos de esta política, las entidades involucradas en su ejecución gestionarán y priorizarán, en el marco de sus competencias, los recursos para la financiación de las estrategias propuestas.

Formación STEM/STEAM

Continuando con la temática de inversiones, sostenimiento e infraestructura a nivel del ***contexto Internacional*** según el Departamento de Educación de Estados Unidos (2016), para lograr los objetivos de STEM 2026, será importante:

1. Comunidades de práctica comprometidas y en red. Todas las escuelas, programas de aprendizaje temprano, comunidades, y los estudiantes participan cooperativamente.
2. Actividades de aprendizaje accesibles que inviten al juego intencional y al riesgo. Se proponen y desarrollan experiencias que generan retos, curiosidad, toma de decisiones, intercambios.
3. Experiencias educativas que incluyen enfoques interdisciplinarios para resolver "grandes desafíos". Involucrando distintos estudiantes y niveles de formación, saberes, experiencias, enfoques, haciendo uso de distintos recursos y tecnologías.
4. Espacios de aprendizaje flexibles e inclusivos. Espacios de aprendizaje que ofrecen a profesores y estudiantes flexibilidad en la estructura, acceso a equipos y materiales, incluidos espacios que se encuentran en el aula, en el mundo natural, los espacios de creación y los que son aumentados por virtualidad, incentivando la creatividad, el descubrimiento.
5. Medidas de aprendizaje innovadoras y accesibles. Reconocer las potencialidades, capacidades, aspectos por fortalecer, tanto en los estudiantes como en los docentes y entornos, hacer uso de información arrojada por las evaluaciones debe ser un insumo de análisis y toma de decisiones.
6. Imágenes y entornos sociales y culturales que promueven la diversidad y las oportunidades. Estimular, reconocer y potenciar las diversidades, la riqueza de las diferencias y promover el trabajo colaborativo, la equidad y oportunidad de participación, decisión, información y crecimiento para todos.

Para la ***perspectiva Regional*** en la que según Visión STEM México (2019), es fundamental para la formación STEM:

- ✓ Incrementar de forma estratégica el gasto en Ciencia y Tecnología, alineado a la estrategia de innovación, desarrollo de la fuerza laboral y Educación en STEM.

- ✓ Avanzar la comprensión e implicaciones de una Educación en STEM de calidad en todos los niveles educativos obligatorios y en Educación Superior, así como a lo largo de la vida, en forma de trayectorias profesionalizantes.
- ✓ Lograr una estrategia efectiva de desarrollo continuo de los docentes, en STEM, en forma de trayectorias formativas.
- ✓ Fortalecer y normalizar las vinculaciones entre Empresas-Industria-Centros de Trabajo-Museos-Espacios Públicos y las Escuelas que den pie a una formación más vivencial incluyendo estancias, pasantías, mentorías, investigación, etc., en los ámbitos de educación formal, no formal e informales.
- ✓ Establecer Indicadores que permitan monitorear el avance de STEM en el país, incluyendo indicadores sobre: innovación, la participación de las mujeres en carreras científicas e ingenierías, la pertinencia de la oferta de carreras técnicas de acuerdo a los sectores económicos prioritarios, el tipo de empleo y expectativas de ingreso por área de carrera, actitudes e intereses STEM en edad primaria, secundaria y media superior, patentes STEM, docentes y STEM, entre otros.

En cuanto a esta premisa no se encontró información relevante en los documentos revisados para los apartados nacionales o distritales.

Trayectoria, planes de ejecución y articulación

Educación Científica

El presente apartado pretende presentar la relación existente en el rastreo documental realizado frente a las trayectorias, planes de ejecución y articulación y la educación científica a nivel del ***contexto internacional***; A saber, según la Unión Europea (2019) la educación científica tiene un enfoque procesual, en donde la construcción del conocimiento y la enseñanza de la ciencia, debe tener un enfoque holístico y de conexión entre diferentes disciplinas, de esta manera, se conduce a nuevas formas de pensamiento y conocimiento, se desarrolla el pensamiento crítico y complejo, y una comprensión

profunda sobre las realidades (Riquarts y Hansen, 1998; Ballstaedt, 1995; Czerniak, 2007). Esto implica varios retos al interior de las instituciones y los actores, en términos de incentivar y recrear ambientes estimulantes, en donde las formas y las propuestas de acercamientos a la ciencia y el conocimiento son fundamentales y constitutivos de las capacidades.

Continuando con este tema un informe de la OCDE (2015) Finnish Science Centre (Finlandia) menciona que allí se anima a los estudiantes a examinar todos los días escenarios desde la perspectiva de las ciencias naturales. Las actividades incluyen investigar la calidad del aire y los niveles de ruido con orientación de los expertos y autoridades pertinentes. Los estudiantes colocan un dispositivo de medición cerca de su escuela, trabajan con un centro de enseñanza de las ciencias naturales para el análisis, procesar los datos y publicar los resultados en un mapa interactivo en una plataforma de aprendizaje en línea. Luego, discuten los resultados con estudiantes de otras escuelas y con una amplia red de expertos. En esta experiencia se puede evidenciar:

1. Experiencias de aprendizaje complejas específicas: por ejemplo, con los nuevos avances en la tecnología de simulación, cada estudiante puede tener la oportunidad de diseccionar el corazón de un cerdo, algo que en realidad sería muy difícil.

2. Comunicación y colaboración a distancia: los estudiantes y las escuelas pueden conectarse fácilmente para compartir información y colaborar a través de herramientas gratuitas, como Skype, o un grupo de estudiantes interesados en aprender sobre los patrones de migración de un determinado pájaro, puede unirse a un grupo de afinidad en línea y ser asesorado por un líder experto.

3. Movilidad y acceso a materiales extensos: la tecnología brinda acceso a experiencias y materiales educativos de una importante riqueza, como bibliotecas universitarias.

Avanzando en el comparativo se encontró que en la ***Perspectiva Regional*** según la UNESCO (2016), los informes de las pruebas PISA de los países de América Latina, reportan los más bajos desempeños y el estudiante promedio de esta región alcanza el nivel más bajo de desempeño. Los análisis sobre estas pruebas evidencian que los avances en los resultados en ciencias no han sido significativos; en muchos países hay un estancamiento y en otros un descenso. La región permanece alrededor de 89 puntos por debajo del umbral establecido por la OCDE, de manera general.

En ese sentido, es esencial que los estudiantes actúen y cuenten con herramientas para enfrentar los retos del siglo XXI, donde el aprendizaje de la ciencia es un potencial:

1. Tener herramientas para enfrentar y vivir en contextos cambiantes.
2. Trabajar en equipo, con otros, y saber aprender con otros y de los otros.
3. Reconocer problemas, poder delimitarlos, basar las posibles soluciones en la búsqueda, la indagación, la investigación.
4. Poner en juego su imaginación para plantear problemas, caminos de búsqueda hacia posibles soluciones.
5. Argumentar, fundamentar, escuchar a los otros, poder defender sus ideas, abriendo las posibilidades de interpelación
6. Moverse en la complejidad y enfrentar lo nuevo
7. Aprender de manera permanente, ser consciente de lo que aprende, desarrollando habilidades metacognitivas y de autorregulación de sus aprendizajes.

Para asegurar una educación científica, se recomienda:

1. Diseño y establecimiento de políticas claras en educación científica.
2. Formación de educadores de ciencias, que permita cambiar las maneras de enseñar, a partir de la indagación, de situaciones de problemas abiertos y contextualizados; acordes a las nuevas funciones que debe cumplir la educación científica.
3. Promoción de políticas de formación permanente y especialización, que permitan mantener actualizados a educadores y jóvenes en los avances científicos y tecnológicos.

4.Consolidación de alianzas entre tomadores de decisión de las políticas educativas, de los diseños curriculares, de la formación de los profesionales de la educación en ciencias y los ámbitos académicos – científicos.

5. Vinculación de la formación de educadores, en todas sus etapas, inicial, permanente y posgrado, a los espacios donde se produce el saber científico.

6. Promoción con decisión, de la investigación en didáctica de las ciencias en relación estrecha con la investigación en ciencias.

7. Incorporación de la innovación programática y el enriquecimiento de las oportunidades de aprendizaje creativo (intercambios, pasantías, campamentos científicos, entre otros), tanto para educadores como para estudiantes a las políticas de Estado en materia educativa.

8. Promoción y profesionalización de la actividad docente que llevan adelante las Asociaciones de Docentes, generando programas orgánicos de vínculos con las Universidades y centros de investigación.

9. Vinculación colaborativa entre la educación formal, los museos, los clubes de ciencias y todos aquellos espacios dedicados a formar científicamente a niños y jóvenes.

10. Propuestas educativas para los primeros años de vida que potencien espacios de exploración y relacionamiento con temáticas de alimentación, salud, energía y otros aspectos claves de la vida cotidiana.

11. Fomento de las asociaciones de padres que, conjuntamente con los gobiernos locales y la sociedad civil, produzcan intercambios sobre acciones ciudadanas relacionadas con el cuidado del medio ambiente, la salud, la participación.

12. Promoción de popularización científica que acerquen a la ciudadanía a temas de actualidad científica y social.

Continuando con esa temática, pero ahora desde la ***Perspectiva Nacional*** se evidencia en el CONPES 3988 la intención de Impulsar la innovación en las prácticas educativas a través de las tecnologías digitales, para el desarrollo de competencias en los estudiantes de educación preescolar, básica y media del sector oficial, que les permita consolidar su

proyecto de vida, así cómo enfrentar los retos y aprovechar las oportunidades de la sociedad digital.

En este mismo documento se menciona que la implementación de las acciones de esta política permitirá ampliar el enfoque del programa CPE y orientar los esfuerzos de diferentes entidades públicas para fomentar la innovación en las prácticas educativas a partir de las tecnologías digitales. Actualmente CPE es un programa del Gobierno nacional que implementa sus acciones desde el año 2009 y a su vez es una asociación de entidades públicas, cuyo consejo directivo está integrado por los Ministerios de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones, de Educación Nacional y el SENA.

Lo anterior va de la mano con lo propuesto desde la ***Perspectiva Distrital*** en el PLAN DE CIENCIA, TECNOLOGÍA E INNOVACIÓN BOGOTÁ D.C. 2007-2019 donde se consideró la apropiación social del conocimiento científico, tecnológico e innovador y la promoción del espíritu científico, innovador y emprendedor.

Cuarta Revolución Industrial

En el ***contexto internacional*** la cuarta revolución industrial implica transitar hacia la digitalización de procesos productivos y la incorporación de tecnologías digitales avanzadas, de esta manera se contribuye al crecimiento económico de las sociedades. Un aumento del índice de digitalización de 1% resulta en un incremento de 0,32% en el producto bruto interno, de 0,26% en la productividad laboral, de 0,23% en la productividad multifactorial y de 0,09% en la contribución de las TIC a la productividad laboral (Katz, 2018).

Las formas y procesos de producción de bienes y servicios están siendo transformados a partir del reconocimiento y uso de tecnologías digitales. El análisis de la innovación tecnológica ocurrida desde mediados del siglo XX permite identificar tres ciclos distintos

(Katz, 2017):

- El desarrollo de informática, banda ancha y telecomunicaciones móviles
- El despliegue de plataformas de Internet
- La innovación alrededor del desarrollo de tecnologías avanzadas como la robótica, el Big Data y analíticos, el Internet de las Cosas, el Blockchain, y la Inteligencia Artificial, entre otras.

Es conveniente mencionar también que gran parte de las estrategias de cambio en modelos productivos de países como Japón, Corea, Francia, España, Italia se han situado de manera prioritaria en la pequeña y mediana empresa y se plantea que es fundamental formular una estrategia única y transversal a nivel de cada país y región impulsada por el Estado, así como llevar a cabo alianzas público y privadas que fortalezcan el sector productivo y la incorporación de las TIC. Por otro lado, en México se está implementando de manera paulatina elementos de una Industria 4.0, Brasil posee una estrategia de Internet de las Cosas, y Colombia ha creado dentro del Ministerio TIC un Viceministerio de Economía Digital enfocado en la transformación del modelo productivo. Pero el nivel de coordinación institucional y territorial para el desarrollo e implementación de estrategias es todavía limitado (Katz, 2018).

Por otro lado, en la ***Perspectiva Nacional*** *El CONPES 3988* nos presenta unas propuestas clarificadoras al respecto:

- ✓ Aumentar el acceso a tecnologías digitales en las sedes educativas oficiales para la creación de espacios de aprendizaje innovadores.
- ✓ Mejorar la conectividad a Internet en las sedes educativas oficiales con el fin de potenciar el uso de las tecnologías digitales
- ✓ Promover la apropiación de las tecnologías digitales en la comunidad educativa para la innovación en las practicas educativas
- ✓ Fortalecimiento del monitoreo y evaluación del uso, acceso e impacto de las tecnologías digitales en la educación.

En la ***Perspectiva Distrital*** presentada en el *PLAN DE CIENCIA, TECNOLOGÍA E INNOVACIÓN BOGOTÁ D.C. 2007-2019,* en el eje C, de "Desarrollo tecnológico sostenible e innovación y modernización de las actividades productivas de la ciudad región", propuso cinco programas que incluían el establecimiento de un Centro de Innovación de Bogotá, la alianza con organizaciones de ciudades líderes en emprendimiento, la incubación de empresas de base tecnológica para el fomento del espíritu creativo, innovador y emprendedor; y, el desarrollo tecnológico, innovación y modernización de los conglomerados de empresas. Este documento actúa como referente de varios documentos de política locales y nacionales, aunque no se tiene seguimiento de todos los objetivos y y acciones propuestas.

Transformación Digital

Al respecto en la ***Perspectiva Internacional*** se pueden encontrar experiencias en el Reino Unido, como el proyecto "Classrooms of the Future", dejaron ver que las TIC permitieron la vinculación y la interacción entre escuelas en comunidades rurales en Norfolk, incorporando la videoconferencia, como estrategia para aumentar las oportunidades de estudiantes y docentes en procesos de intercambio e interacción de conocimientos y experiencias, favoreciendo la inclusión, el acercamiento, la construcción de redes educativas. Incorporar distintas herramientas dentro de las instituciones, por ejemplo, tableros digitales, uso de internet, sala de cómputo, mensajes por medios electrónicos, uso de dispositivos dentro del espacio escolar y el hogar, estimulan y refuerzan los intereses, conocimientos y formas creativas de interacción (OCDE, 2006).

También en el Reino Unido se publicó una nueva estrategia de evaluación para la ciencia y la innovación en el 2014, que se enfoca en mejorar el uso y cobertura de las evaluaciones, fortalecer la gobernabilidad, aumentar la capacidad analítica y garantía de calidad independiente y transparente de un organismo público no departamental que opera a distancia del gobierno (OCDE,2016).

Se pueden encontrar otros ejemplos como Turquía, allí El Ministerio de Educación Nacional financia una serie de programas de formación para todos los niveles de educación con el fin de desarrollar y ampliar las competencias y habilidades en TIC. La estrategia de educación técnica y profesional se implementó y el Plan de Acción (2014-18) buscó fortalecer la inversión en infraestructura tecnológica. Se firmó un acuerdo de cooperación sobre la promoción del espíritu empresarial entre los ministerios pertinentes. También más de 15 000 profesores y administradores recibieron capacitación en liderazgo y emprendimiento entre 2012 y 2015 (OCDE, 2016)

Turquía planea integrar los datos de los sistemas existentes en un sistema de fácil acceso -Educacional Data Warehouse -, que también ejecutará una plataforma de análisis de aprendizaje para evaluar datos académicos de los estudiantes junto con datos sobre sus intereses, talentos y temperamento. Israel ha puesto especial énfasis en su programa de TIC en métodos de evaluación alternativos que promueven el aprendizaje colaborativo. Suecia está desarrollando actualmente pruebas nacionales digitales (OCDE, 2020). España se ha basado en el trabajo de la Comisión Europea para publicar un marco común para la docencia, que contenga una propuesta estandarizada para competencias, divididas en cinco áreas: alfabetización en información y datos, comunicación y colaboración, creación de contenido digital, seguridad y resolución de problemas (Comisión Europea, 2013). Alemania aborda una comprensión integral de la alfabetización digital, incluida la competencia como comprensión básica de sistemas digitales, algoritmos y codificación (OCDE, 2020)

Es pertinente mencionar que la agenda digital de Estonia para 2020 conecta una actualización del plan de estudios a la adquisición de habilidades en TIC que se necesitan en diferentes profesiones y sectores (Gobierno de la República de Estonia, 2018, citado por OCDE, 2020). La Unión Europea también ha establecido una directiva sobre datos abiertos y de información en el sector público, divulgación y acceso público a proyectos de investigación financiados y libros digitalizados de bibliotecas (OCDE, 2020)

En el panorama desde la ***Perspectiva Regional*** el estudio realizado por El Banco de Desarrollo de América Latina (2014) en términos de la transformación digital destacó los siguientes aspectos:

Sobre la infraestructura: Los usuarios de internet están por encima de la media mundial pero no existe una equivalencia con los accesos de banda ancha fijos de la región, que continúan siendo inferiores a la media mundial. El crecimiento en los últimos años ha sido continuo e intenso. No obstante, el desarrollo de la banda ancha móvil no es suficiente. En lo relativo a servicios de internet, tanto la disponibilidad de ancho de banda internacional por usuario, así como de infraestructuras locales para internet (CDN e IXP) tienen margen de mejora. Las redes troncales nacionales de fibra óptica para transporte son insuficientes en muchos países, por lo que existen diversas iniciativas públicas de despliegue que se desarrollarán en los próximos años.

El sector TIC se desarrolla en un entorno caracterizado por la brecha digital: a nivel geográfico (entre las regionales de un mismo país o comparando distintos países) y a nivel poblacional (entre ciudadanos con diferente renta, formación, etc.). La infraestructura de transporte y acceso siguen estando en un nivel de desarrollo insuficiente para atender la demanda de los servicios existentes y los servicios avanzados de banda ancha.

Sobre el Capital humano y la Inclusión digital, la región de América Latina, tiene un pobre desempeño en cuanto al capital humano. Los datos de tecnificación son positivos, con niveles de PC por hogar en la media mundial (cerca del 36% de hogares con PC). No obstante, los datos de conectividad no acompañan, con porcentajes de hogares conectados muy inferiores a la media mundial. En contraste, se percibe que el uso de internet en las empresas está bastante extendido.

Respecto al marco institucional los países de la región de América Latina se caracterizan por seguir las buenas prácticas a nivel internacional en lo referente a los marcos

normativos TIC. El sector de las telecomunicaciones está liberalizado en la mayoría de los países y la normativa regulatoria evoluciona hacia la promoción de una mayor competencia en redes. No obstante, se necesita un esfuerzo para mejorar su eficiencia y para implementar la regulación de los servicios mayoristas de banda ancha (acceso indirecto, bucle desagregado y compartición de infraestructuras). Existe una conciencia política por reducir la brecha digital. Los países de la región trabajan activamente para que los servicios móviles avanzados cuenten con suficiente espectro. Se ha trabajado en la atribución de frecuencias, en la asignación de espectro y también en la revisión de topes, pero las necesidades futuras harán necesario seguir asignando frecuencias y usar frecuencias liberadas del dividendo digital.

Todos los gobiernos de la región son conscientes de la importancia del desarrollo del sector TIC. Para ello, han diseñado y ejecutado diferentes agendas digitales y planes de banda ancha, que en muchas ocasiones tienen metas muy ambiciosas. Como puntos negativos, muchos planes no tienen recursos financieros claros, otros adolecen de una buena gobernanza y hay que señalar que, una vez lanzado un plan, existe una falta de seguimiento que permita evaluar si se cumplen los objetivos establecidos.

Sobre los servicios públicos digitales, pese a los esfuerzos de los países por mejorar sus sistemas de gobierno electrónico mediante diferentes planes y creando organismos ad-hoc, la mayoría de los países han descendido en el índice de e-gobierno de la ONU. El país más avanzado de la región, Chile, alcanza el puesto 39, mientras que Jamaica ocupa el puesto 108. Los niveles de tecnificación en las escuelas son muy dispares entre países. Hay países que han logrado la relación de un estudiante por computador (Uruguay), mientras que otros presentan relaciones de más de 100 estudiantes por ordenador. En promedio, se sitúan por debajo de los 20 estudiantes por ordenador.

Los niveles de conectividad de las escuelas son bajos en la región. Únicamente 40% de las escuelas de primaria y 55% de las de secundaria están conectadas a internet, lejos del

objetivo deseable de que la totalidad de las escuelas tenga conectividad a internet. En la región existe una gran disparidad entre profesores que enseñan mediante el uso de las TIC y los profesores cualificados para la enseñanza con el uso de las TIC. Es fundamental que los profesores reciban capacitación para la enseñanza con TIC a fin de actualizar y favorecer de manera equitativa los métodos de enseñanza.

Continuando con el ***contexto Nacional*** se evidencian algunos objetivos presentados en el CONPES 3975 que son:

1. Disminuir las barreras que impiden la incorporación de tecnologías digitales en el sector privado y en el sector público, para facilitar la transformación digital del país.
2. Crear condiciones habilitantes para la innovación digital en los sectores público y privado, con el propósito que sea un mecanismo para el desarrollo de la transformación digital.
3. Fortalecer las competencias del capital humano para afrontar la 4RI, con el fin de asegurar el recurso humano requerido.
4. Desarrollar condiciones habilitantes para preparar a Colombia para los cambios económicos y sociales que conlleva la IA e impulsar otras tecnologías de la 4RI.

Formación STEM/STEAM

Finalmente se puede vislumbrar en el ***Contexto Internacional*** algunos ejemplos como el de Corea del Sur ha hecho explícita su adhesión política hacia una educación STEAM, incluyéndose en el Currículo Nacional y formando profesores en metodologías específicas para su implementación en sus escuelas. Finlandia lo hace implícitamente, considerando que las artes son vitales para el aprendizaje y, por tanto, son transversales a todo su sistema educativo (Fundación Chile, 2017).

También existen agencias gubernamentales de Estados Unidos e Inglaterra, están

empezando a reconocer que las artes y las ciencias son mejores cuando son estudiadas y aplicadas en conjunto que separadas, potenciándose mutualmente. Así mismo, el trabajo en las escuelas danesas se organiza cada vez más de una manera que fomenta el trabajo en equipo, en equipos de estudiantes y de profesores, en donde se comparten saberes, responsabilidades, perspectivas y formas de autoorganización (Fundación Chile, 2017).

Otro ejemplo es la Fundación PASTLab, surgió del trabajo de un grupo internacional de antropólogos, científicos, educadores, representantes de museos y desarrollaron un proyecto para guiar a las escuelas en su transición al aprendizaje STEM transdisciplinario basado en TPBL, que es un enfoque de aprendizaje que combina cultura y educación basándose en perspectivas de múltiples disciplinas para explorar un problema o cuestión relevante, conectando así nuevos conocimientos y comprensión de las experiencias de la vida real (Departamento de Educación de Estados Unidos, 2016)

Siguiendo esta línea temática en el ***Contexto Regional*** se puede mencionar que en Chile se ha dicho que los problemas de las sociedades ya no tienen soluciones obvias, por tanto, para resolverlos, no son suficientes los conocimientos disciplinarios específicos, se requiere de habilidades como la creatividad y la colaboración de esta forma se exploran varias alternativas para encontrar soluciones. Entre los años 2003 y 2010, alrededor de 250 escuelas chilenas experimentaron un cambio radical en la enseñanza en ciencias, con el Programa de Enseñanza de Ciencias Basado en la Indagación (ECBI). Esta iniciativa, impulsada por la Academia Chilena de Ciencias, la Facultad de Medicina de la Universidad de Chile y el Ministerio de Educación, tenía por objetivo que niños y niñas escolares pudiesen comprender el mundo que los rodea utilizando procedimientos propios de la ciencia. El proceso era guiado por la propia curiosidad de los niños y contaba con el apoyo de sus docentes, y así, desarrollar conocimiento científico en todos los estudiantes, no sólo aquellos que demostraran interés por seguir carreras científico-tecnológicas. El programa trabajó con un enfoque sistémico, asegurando tiempos y recursos en las escuelas y universidades para la implementación curricular, desarrollo

profesional, materiales educativos, evaluación y participación de la comunidad. Desde el año 2011, tras el término del convenio con MINEDUC, el programa sigue operando como una iniciativa privada en 39 establecimientos, coordinado desde la Facultad de Medicina de la Universidad de Chile (Fundación Chile, 2017).

Por otro lado, en el Atelier de Ideas, Monterrey (Nuevo León, México), los estudiantes presentan proyectos que han realizado trabajando durante algún tiempo, respondiendo a problemas y demandas reales de empresas, instituciones y comunidades públicas y/o privadas. Para los estudiantes la evaluación de su trabajo se vuelve mucho más auténtica y significativa porque realmente aporta a una necesidad sentida, es una construcción contextual que demanda lectura, acercamiento, experimentación, análisis, diálogos e intercambios con distintos actores sociales (OCDE, 2015).

En cuanto a la ***Perspectiva Nacional*** resaltan algunas experiencias como la de los Pequeños Científicos pues es una prueba de la importancia de la ingeniería en el sistema educativo. No sólo por la necesidad de contar con más y mejores candidatos para cursar estudios profesionales de ciencia y tecnología, sino también por la necesidad de crear responsabilidad social y de desarrollo del país. Pequeños Científicos contribuyen a la misión de las escuelas de ingeniería, promoviendo el desarrollo profesional de los profesores, centrándose en el conocimiento del contenido pedagógico. El programa también contribuye a la enseñanza y el aprendizaje de STEM mediante el uso de materiales y estrategias que promueven la alfabetización STEM y las habilidades de investigación.

Los proyectos de Pequeños Científicos y STEM-IBSE han demostrado promover el aprendizaje en estudiantes de K-5 y universitarios. Estos resultados sugieren que la aproximación STEM-IBSE al aprendizaje de la ciencia y la tecnología podría aplicarse a los cursos universitarios. Culminan mencionando que es muy importante propiciar la sinergia entre los interesados de todo el país, a fin de fortalecer el programa y promoverlo,

conseguir alianzas y aumentar la cobertura en las diferentes regiones de Colombia.

Indicadores, evaluaciones de impacto u otros sistemas de medición

Educación Científica

En este apartado final se expondrán los hallazgos más relevantes de la revisión documental frente a los indicadores y evaluaciones de impacto, con respecto a la Educación científica, como primer punto se hablará del ***contexto Internacional***, el proceso estadístico y de sistematización sobre ciencia y tecnología de América Latina comenzó de la mano de la UNESCO. El primer intento de medición sistemática de los recursos de CyT se realizó en 1960 con información de varios países. En Europa se había divulgado esta actividad en los primeros documentos de OCDE, Comunidad Económica Europea y UNESCO, sobre todo lo relacionado con la inversión en ciencia y tecnología: gastos en Investigación y Desarrollo y otros indicadores de actividades científicas y tecnológicas con el nivel económico de los países, especialmente con su renta per cápita, en 1963 surge el principio o estrategia política de destinar un porcentaje determinado del PIB a Investigación y Desarrollo (el 3% que destinaban Estados Unidos y Rusia en esos momentos a la ciencia). OCDE y la Comunidad Económica Europea también se preocuparon por la medición de los recursos humanos en CyT (Unesco y el Observatorio Iberoamericano de la Ciencia, la Tecnología y la Sociedad de la Organización de Estados Iberoamericanos, 2020).

Los indicadores deben ser propuestos bajo lógicas reflexivas y funcionales que permitan tomar decisiones, evaluar y visionar propuestas que respondan a los contextos, por ejemplo, habrá que pasar de hablar de gasto para hablar de inversión. Reconocer la financiación de fuentes externas, en casos particulares. Número de investigadores y su caracterización más allá de números y procesos administrativos; publicaciones, tipo y aportes. Proyectos y procesos investigativos, de ciencia y tecnología en diferentes escalas y escenarios (Unesco y el Observatorio Iberoamericano de Ciencia, Tecnología y

Sociedad de la Organización de Estados Iberoamericanos, 2020).

También es importante asegurar un esquema de control de calidad de los datos de los indicadores básicos y hacer un estudio sobre el uso y utilidad de los diferentes manuales para, en caso de ser necesario, adaptarlos mejor a las condiciones existentes. Superar los límites de los indicadores cuantitativos para poder contribuir a una mejor caracterización de los ámbitos de I+D de los países e instituciones. Obtener información cualitativa sacando provecho y haciendo análisis contextual, comparado y útil para cada país o institución basada en información cuantitativa (Unesco y el Observatorio Iberoamericano de la Ciencia, la Tecnología y la Sociedad de la Organización de Estados Iberoamericanos, 2020).

Se utilizaron los siguientes indicadores de prácticas colaborativas: Docencia conjunta en la misma clase; observando y proporcionar retroalimentación sobre las clases de otros profesores; participar en actividades conjuntas entre diferentes clases y grupos de edad y participar en el aprendizaje profesional colaborativo. Los profesores que informaron que participan en este tipo de actividades colaborativas cinco veces al año, informaron tener una mayor autoeficacia en su proceso de formación y mayor satisfacción laboral (OCDE, 2015).

Cuarta Revolución Industrial

Al respecto se encontraron algunas sugerencias en el ***contexto internacional*** realizadas por la Unesco y el Observatorio Iberoamericano de la Ciencia, la Tecnología y la Sociedad de la Organización de Estados Iberoamericanos, 2020:

- ✓ Modernizar las encuestas de innovación: Reconociendo la incorporación de tecnologías identificadas como relevantes por cada gobierno y país, información cuantitativa y cualitativa de impactos en el ambiente (Grazzi, Sasso, & Kemp,

2019), el desglose por género de los datos sobre los recursos humanos vinculados con actividades de innovación.

- ✓ Mediciones con mayor frecuencia: Desarrollar cuestionarios reducidos de medición de innovación en el sector productivo, que se implementen de manera trimestral y que sean de utilidad para los hacedores de política pública.
- ✓ Explotar nuevas fuentes de datos: A partir de la creciente disponibilidad de registros de transacciones digitales, ya sea en dominios abiertos o cerrados. Por ejemplo, Kinne y Lenz (2019) utilizan técnicas de web scraping y machine learning para medir la incidencia de la innovación de producto en Alemania, a través de la información en las páginas web de las empresas. También se puede rastrear información pautada, para reconocer demandas y ofertas.
- ✓ Identificar y caracterizar la innovación informal: La economía informal tiene un importante papel en la economía de América Latina, es importante generar procesos de fortalecimiento a este sector de la economía, en un diálogo técnico y político.

Transformación Digital

En la revisión realizada sobre el ***contexto Internacional*** se explica que para comprender mejor los efectos que tiene el uso de las tecnologías y los datos en relación con la economía y la sociedad, la OCDE ha identificado siete vectores de transformación digital (OCDE, 2018). Estos vectores proporcionan una lista de verificación para garantizar que las nuevas políticas se adaptan bien a una economía y una sociedad digital. Los vectores están interrelacionados y pueden tener efectos diferenciales:

1. Escala sin masa: Avance en la adquisición de servicios y productos digitales de bajo costo, para escalar rápido y globalmente. Invertir menos en productos tangibles. Algunas aplicaciones de Internet conocidas, como WhatsApp, tienen alcance casi global, pero un número relativamente pequeño de empleados.

2. Alcance panorámico: La digitalización de funciones puede permitir a las empresas obtener un amplio alcance mediante la capacidad de combinar, procesar e integrar recursos digitales dentro y a través de diferentes productos a nivel global. Hacer uso y alianzas con plataformas macro.

3. Velocidad: Dinámicas temporales e inter temporales. El uso de tecnologías digitales acelera las interacciones, generando oportunidades económicas y sociales. Mejora el valor de la información existente, haciéndola más fácilmente accesible y reutilizable.

4. Capital intangible y nuevas formas de creación de valor: Flujos de datos, algoritmos que se utilizan en plataformas en línea para potencializar los bienes o servicios, simuladores de productos, contactos con personas, acceso a información de interés.

5. Transformación de espacio: La posibilidad de llegar a distintos lugares y darle valor a lo digital, superando limitaciones de ubicación y distancia, y cambiando las formas de llevar a cabo la producción, el comercio y el consumo.

6. Potenciación de los bordes: La arquitectura y las tecnologías digitales de Internet permiten potenciar la inteligencia en las capacidades de las redes, ampliando mercados y comunidades, moviendo cada vez más la responsabilidad previamente centralizada.

7. Plataformas y ecosistemas: La intermediación digital, en el comercio electrónico, redes sociales, distribución de contenido o búsqueda y almacenamiento, a menudo conduce a la centralización de flujos, acceso y control de datos, que a su vez pueden convertirse en activo estratégico y ventaja competitiva.

En el ***contexto Regional*** la OCDE (2020), aporta algunos datos que exponen lo siguiente: en el año 2020, el 68% de la población de América Latina usó internet regularmente, porcentaje por debajo del promedio de la OCDE de 84%. Además, mientras que un 75% de la población más rica de la región usa Internet, solo un 37% de la población más pobre lo hace. Por ello es esencial contar con políticas, procesos de formación y dinámicas empresariales y cotidianas innovadoras y accesibles.

Para poder medir de alguna manera los procesos de transformación digital se debe tener en cuenta el aumento de la productividad y la innovación empresarial: conocimientos digitales, infraestructura, ecosistemas digitales integrales. Inclusión social: Acceso y oportunidad a la información, a los servicios, a la participación de personas, estudiantes, trabajadores en ambientes digitales. Sostenibilidad ambiental y gobernanza: Políticas efectivas e inversiones para contribuir a la transición justa del crecimiento sostenible, también las tecnologías digitales pueden ayudar a mejorar la gobernanza, mejorando sus servicios, respuestas y solicitudes de la vida ciudadana, en donde las instituciones públicas sean más creíbles, eficientes, inclusivas e innovadoras, confiables.

Formación STEM/STEAM

Para finalizar y en relación con las formas de reconocer los avances y desarrollos en materia de formación con enfoque STEM, y según el ***contexto internacional***, se debe considerar (STEM Academia, 2019):

- ✓ Número de profesionales en áreas STEM frente a las necesidades y demandas del siglo XXI.
- ✓ Participación de mujeres en varias de las áreas STEM, particularmente aquellas más cercanas a los artefactos tecnológicos y las matemáticas.
- ✓ Personas con comprensiones y habilidades básicas en las áreas STEM, puestas en el desempeño de actividades investigativas y productivas, en campos académicos, laborales y ciudadanos.

Desde el ***contexto regional*** y según el British Council, 2016, los desarrollos en materia de la formación STEM, se basan en:

- ✓ Personas en espacios académicos y laborales con capacidades de trabajo colaborativo e inclusivo.
- ✓ Sociedades con condiciones de bienestar, salud, desarrollo de sus capacidades humanas, libertades y sensaciones de progreso apoyadas por la ciencia y la tecnología.
- ✓ Una educación de enfoque procesual y escalonado, que dinamice la formación y el acercamiento a la ciencia y la tecnología en diferentes niveles de formación, desde la educación inicial hasta los posgrados. Por ende, estudiantes y ciudadanos con capacidades críticas y de pensamiento complejo.
- ✓ Conocimiento y uso de tecnologías emergentes en diferentes escenarios de la vida y en cualquier etapa del ciclo vital.

Con respecto a este apartado es conveniente mencionar que tanto a nivel Nacional como distrital hay una corriente de construcción de la cual se obtendrán las indicaciones pertinentes una vez sean presentados por sus respectivos gobiernos.

9. Conclusiones

Educación científica

Una vez analizados todos los aspectos en cuanto a educación científica es conveniente mencionar que este concepto se trabaja a nivel internacional y regional bajo este término "educación científica", mientras que en el contexto nacional se le menciona entre otros como vocación científica.

Por otro lado teniendo en cuenta los referentes revisados se pueden evidenciar dos corrientes en este sentido: La primera, en el contexto internacional, desde las perspectivas de la OCDE, Unesco, Unión Europea y el British Council, la educación científica es una dimensión inherente a la sociedad, la escuela, la vida cotidiana, es decir, la educación científica es un componente esencial en la cultura de vida, que se complejiza en el tiempo y en los procesos formativos de las personas, con ello, se fortalecen herramientas y conocimientos para la sustentabilidad: medio ambiente, sociedad, cultura y economía; haciendo uso del pensamiento crítico y creativo para la inclusión y la participación ciudadana, se busca con la educación científica, comprender y aplicar la ciencia y la tecnología en la vida diaria y en la toma de decisiones en distintas escalas y contextos para el desarrollo humano y social.

Ésta acompaña al sujeto a lo largo de su existencia, pues la educación desarrolla y promueve habilidades de pensamiento que se nutren y utilizan progresivamente en las diferentes actividades, acciones y contextos que realiza el ser humano.

La segunda, situada en el contexto más regional y según la Unesco, el CILAC y Furman, reconocen la educación científica como un recurso para generar y potenciar herramientas en las personas para el pensamiento analítico, crítico y el uso de información, es contar con aptitudes analíticas y de toma de decisiones atravesadas por avances y conocimientos científicos y tecnológicos. Así mismo la educación científica busca generar habilidades

para los desafíos del siglo XXI: Manejo y comprensión de información, cuidado del entorno, cuidado de la salud, siendo ciudadanos competentes y productivos.

Aquí se percibe una visión más enfocada en desarrollar el pensamiento de manera contundente en las temáticas específicas de la "ciencia" como las matemáticas o las ciencias exactas, estas se trabajan en mayor medida de manera significativa, pero de manera aislada sin tener en cuenta la cotidianidad de los estudiantes.

Por último, se puede ver un escalonamiento al hablar de las intenciones y requerimientos que se tienen a la hora de pensar en la educación científica que dependen por supuesto de la situación, cultural, social, demográfica, histórica y económica de cada país. A saber, una primera mirada es ver la educación científica como una formación transversal que busca que los sujetos tomen decisiones informadas, es decir esta permea su pensamiento, decisión y actuar en su cotidianidad. En segunda instancia se puede ver como la educación científica enfoca sus esfuerzos en aportar procesos claros que proporcionen a los sujetos herramientas para producir de manera eficaz y eficiente. La visión con más posibilidades de ampliar su mirada pretende aportar al sujeto con algunas habilidades de pensamiento que puedan ayudarle a resolver los problemas básicos que se presentan en su entorno.

Formación STEM/STEAM

Teniendo en cuenta la revisión de referentes documentales desde perspectivas internacionales a las locales, frente a la formación STEM/STEAM es pertinente mencionar que este concepto es tan amplio como las posibles maneras de "llevarlo a cabo", pues su desarrollo va directamente relacionado con el marco y los sistemas educativos que existan y se orienten en la región, país e institución educativa.

Desde el contexto internacional la formación STEM/STEAM (British Council y OCDE) se refiere a un enfoque para integrar saberes y técnicas de todas las disciplinas, potenciar y aprovechar transversalidades. Son ambientes acogedores para crear, aprender, preguntar, cometer errores y hacer contrastes. STEAM promueve el aprendizaje por indagación, privilegia la pregunta y la investigación, desarrolla la curiosidad, el pensamiento crítico y la capacidad para pensar y proponer soluciones a problemas.

En el contexto regional (Siemens y Universidad de Los Andes, Fundación Chile) refieren que STEM es la enseñanza de las ciencias naturales y la tecnología, en un ambiente experimental, donde asignaturas como, ciencias, tecnología, ingeniería, matemáticas incitan a preguntar, evaluar, decidir y actuar. Se busca y se está trabajando actualmente en Latinoamérica para transitar de un movimiento liderado por políticos y empresarios con foco en la productividad y competitividad, a un movimiento educativo, orientado a potenciar aprendizajes interdisciplinares en estudiantes.

Al respecto es posible ampliar las diferentes secuencias políticas de varios casos exitosos, en el documento de "Casos".

Por otro lado, hablando específicamente de las instituciones educativas se ve una evolución no solo a nivel conceptual, sino práctico dada la creación e implementación de diversos movimientos, asociaciones, modificaciones o adaptaciones curriculares, flexibilización curricular y capacitación docente; esta última se ve como una de las características contundentes a la hora de generar una transformación real en el contexto, dado que una infraestructura potente, dotada de diversos materiales, herramientas y dispositivos puede ser fundamental, pero no genera un empoderamiento real si no existe un acompañamiento directo, claro y significativo para que este ambiente de aprendizaje se potencie.

Como punto final, se puede inferir el lazo directo que existe entre el enfoque Stem y la efectividad de los procesos productivos en general, pues si los sectores asociados a la educación propician o crecen a la par con la institución educativa en cuanto a la digitalización, esto genera un cambio directo tanto cultural, social y económicamente. Es conocido y desarrollado en varias instituciones educativas sobre todo de nivel superior o universitario este proceso de la digitalización, el cual de manera progresiva ha ido permeando de manera continua en las secciones de la educación más iniciales, como el preescolar, básica y media. Lo cual favorece la apropiación del enfoque de manera gradual y lo hace parte fundamental del proceso educativo en general.

Transformación digital

Al hablar de transformación digital es imperante hablar como se mencionó en los apartados anteriores del documento, acerca del proceso de la digitalización.

En el contexto internacional (British Council, OCDE) la transformación digital se refiere a los cambios de pensamiento y formas de interacción de las personas y sus entornos, mediados por la tecnología, la información digital y el uso de internet. Tiene que ver con las habilidades y conocimientos relacionados con ciencia, ingeniería y TIC, para avanzar socialmente. Está también relacionado con las habilidades cognitivas asociadas a la capacidad de solucionar dificultades y de esta manera se contribuye al progreso de la sociedad digital, en ámbitos como la escuela, el trabajo, el espacio público.

Para el contexto regional (Alianza para la Promoción de STEM México, Fundación Chile, Cilac) la transformación digital potencia el pensamiento crítico, creativo, manejo de información, comunicación, colaboración en el uso de tecnología, ciudadanía digital, pensamiento computacional. Las diversas formas de comunicación, de obtención, selección, valoración y análisis de información contribuyen al conocimiento y la digitalización representa dinámicas y transformaciones en conceptos, fenómenos, creación de productos y ocupaciones.

Ahora, en relación con el pensamiento computacional, se ha referido que este es un enfoque de análisis, basado en las ciencias de la computación que incluye una gama de conceptos, aplicaciones, herramientas y conjuntos de habilidades que permiten resolver estratégicamente problemas, diseñar sistemas y comprender el comportamiento humano siguiendo un proceso preciso que involucra a las computadoras para ayudar en el apareamiento automático de una importante progresión de procesos intelectuales (Wing, 2006; Wilensky y Resnick,1999, citado en Mayes, Rittschof, Gallanta, Martin 2017).

Jeannette Wing, es una teórica informática e ingeniera estadounidense y en sus ideas está el origen de lo que ella ha llamado el pensamiento computacional, el cual implica:

> resolver problemas, diseñar sistemas y comprender el comportamiento humano, basándose en los conceptos fundamentales de la ciencia de la computación. El pensamiento computacional incluye una amplia variedad de herramientas mentales que reflejan la amplitud del campo de la computación… [además] representa una actitud y unas habilidades universales que todos los individuos, no sólo los científicos computacionales, deberían aprender y usar (2006, p. 33).

Estas son las características de dicho pensamiento, propuestas por Wing:

Reformular un problema a uno parecido que sepamos resolver por reducción; esto es, encuadrarlo, transformarlo, simularlo. Pensar recursivamente. Procesar en paralelo. Interpretar códigos como datos y datos como códigos. Generalizar análisis dimensional. Reconocer ventajas y desventajas de solapamiento. Reconocer coste y potencia de tratamiento indirecto y llamada a proceso. Juzgar un programa por simplicidad de diseño. Utilizar abstracción y descomposición en un problema complejo o diseño de sistemas complejos. Elegir una correcta representación o modelo para hacer tratable el problema. Seguridad en su utilización y en su modificación en un problema complejo sin conocer cada detalle. Modularizar ante múltiples usuarios. Prefetching y caching (puede ser como el aprovechamiento y entendimiento de los sistemas de precarga y memoria temporal de

los recursos electrónicos) de las máquinas anticipadamente para el futuro. Prevención, protección, recuperarse de cada escenario en el peor caso. Utilizar razonamiento heurístico para encontrar la solución. Planificar y aprender en presencia de incertidumbre. Buscar, buscar y buscar más. Utilizar muchos datos para acelerar la computación. Límite tiempo/espacio y memoria/potencia de procesado (Basogain, Olabe y Olabe, 2015, citado en Mantilla, 2019).

Es decir, el pensamiento computacional, es un conjunto de habilidades y destrezas para "resolver problemas", "diseñar sistemas" y "comprender el comportamiento humano". Por tanto, el pensamiento computacional debería formar parte de la educación de todo ser humano (Segura, Llopis, Esteve, Valdeolivas, 2019).

En ese sentido, Llorens Largo, García-Peñalvo, Molero Prieto & Vendrell Vidal, 2017; Villa y Poblete, 2007, han mencionado que, en el escenario educativo, el pensamiento computacional es un mecanismo inteligente de aprendizaje para afrontar puntualmente los retos que trae consigo la era digital, así como para apoyar la alfabetización digital. Este pensamiento incorpora habilidades y características del pensamiento crítico, creativo, lógico, analítico, reflexivo, práctico y sistémico. El pensamiento computacional aporta en la posibilidad de desarrollar un pensamiento complejo, pero sistemático, lógico, ordenado, que favorezca encontrar soluciones a problemas haciendo uso de las tecnologías y la computación. Por ello y según Sanders (2008) la formación y las experiencias de aprendizaje con enfoque STEM al incluir tecnologías y el diseño de ingeniería de base, potencian las conexiones entre conceptos y prácticas de las ciencias y las matemáticas, esenciales para el desarrollo de las sociedades.

En este aspecto es posible evidenciar algunas diferencias frente a la manera de realizarla, no solo por la manera en la que se da, sino por su evidente distinción en los entornos y el orden en que se ven permeados por ésta; es decir, en los contextos más globales se puede percibir una digitalización cultural, es decir que esta está permanentemente en

diálogo con las diferentes instancias de desarrollo del ser humano, propiciando un desarrollo general a nivel social, productivo, económico y educativo.

Mientras que, en los contextos con mayores posibilidades de fortalecimiento al respecto, se da un proceso de digitalización centralizado, es decir que se ocupa únicamente del sector en el que se esté realizando, -como el educativo-, ahora es conveniente mencionar que esta manera de ver o llevar a cabo la digitalización genera algunos baches o acciones que dilatan el proceso cultural pues no hay una transversalidad en cuanto a la comunicación y al quehacer de los sujetos, lo que genera reprocesos y pérdida o no uso de habilidades adquiridas.

Cuarta Revolución Industrial

La cuarta revolución industrial, tiene que ver con las transformaciones digitales, la capacidad de conexión, el uso masivo y cotidiano del internet y la tecnología, la inteligencia artificial y el aprendizaje automático, estas transformaciones impactan las formas de vida, las dinámicas sociales y las economías en todo el mundo.

Desde la perspectiva internacional (Foro Económico Mundial, OCDE), siempre han existido datos e información, pero para el siglo XXI, estos datos e información tienen un gran valor, dado que con base en ellos plataformas y ecosistemas digitales fortalecen las conexiones y maximizan la interacción social y el desarrollo económico. Así mismo, las tecnologías transforman el mundo e impulsan reconfiguraciones sociales, políticas y económicas, las siguientes son tecnologías que caracterizan la cuarta revolución industrial, en el plano físico: Biotecnología, Robótica, Impresión en 3D, Nuevos materiales, Internet de las Cosas (IoT), Transmisión, almacenamiento y captura de energía. En el plano digital: Inteligencia Artificial (IA), Cadena de bloques, Blockchain, Nuevas tecnologías computacionales, Realidad virtual y aumentada.

En la perspectiva Regional (British Council Colombia, Foro Económico Mundial, Educación STEM México) la realidad tecnológica actual, puede entenderse como una revolución industrial porque incluye conceptos tales como: sistemas autónomos, robots, ciudades inteligentes, vehículos inteligentes auto monitoreados e ingeniería genética, los cuales exigen comunidades empoderadas e informadas. Es así que la tecnología y la innovación tienen el poder de crear nuevos diálogos en las comunidades, plasmar otras visiones y crear oportunidades de transformación social. En ese sentido, los cambios que se derivan de la revolución digital tienen tres características esenciales y modifican las habilidades y conocimientos necesarios para desenvolverse activa y exitosamente en la sociedad actual y futura: •Velocidad exponencial, debido a la interconexión global y la mejora tecnológica continua. •Mayor alcance y profundidad, pues los cambios de paradigma exceden a la tecnología y la producción, y no sólo se está cambiando qué hacemos y cómo lo hacemos, sino también quiénes somos. •Transformación de sistemas, tanto dentro como a través de empresas, industrias, países y sociedades. Por todo lo anterior se considera clave la formación de ciudadanos bajo el enfoque STEM/STEAM, dado que favorecerá el diálogo interdisciplinario, el pensamiento complejo y la capacidad para la solución de problemas basada en tecnología e innovación.

Y de manera contundente a nivel nacional, como se menciona en el documento CONPES 3988 (2020) que dicha transformación también tiene una visión transversal que afecta culturalmente a la sociedad pues debido a ella las personas se relacionan, se comunican, acceden a la información y generan conocimiento de maneras distintas. y haciendo énfasis en el ámbito educativo se menciona que las transformaciones y como se ha mencionada en apartados anteriores se requiere que los estudiantes desarrollen nuevas competencias acordes a los retos que plantea el siglo XXI, donde la generación del conocimiento sea un eje central que requiere que las personas, procesen y organicen información, además de ser capaces de analizarla, transformarla e interpretarla.

10. Documentos revisados

PRIMER GRUPO:

Documento de respuestas para empalme SED – 2020

Insumos para la elaboración del plan sectorial de educación. Dirección de ciencias, tecnologías y medios educativos - 25 de agosto de 2020

Nota técnica Saber Digital – Documento de trabajo (2020). EAFIT- SED

Informe - índice multivariado de uso y apropiación tic aplicación para 2019 (2019)

Informe de resultados con el índice multivariado TIC. Progreso y participación de las diferentes estrategias del Plan para las 41 instituciones educativas distritales en Fase 3 -innovación (2018)

Alcaldía Mayor de Bogotá. (n.d.). *Ambientes de aprendizaje en la ruralidad.*

Alcaldía Mayor de Bogotá. (n.d.). *Ambientes de aprendizaje.*

Flórez, R., Castro, J., Galvis, D., Acuña, L., & Zea, L. (2017). *Ambientes de aprendizaje y sus mediaciones en el contexto educativo de Bogotá. Investigación IDEP.*

Alcaldía Mayor de Bogotá - Alta Consejería Distrital de TIC. (2017). *Recomendaciones Mínimas Para El Desarrollo De Un Laboratorio Digital.*

Alcaldía Mayor de Bogotá - Alta Consejería Distrital de TIC. (2018). *Balance final de conectividad rural de Bogotá.*

Alcaldía Mayor de Bogotá - Alta Consejería Distrital de TIC. (2019). *Bogotá Aprende Tic.*

Alcaldía Mayor de Bogotá - Alta Consejería Distrital de TIC (2016). *Alta Consejería Distrital de TIC Bogotá.*

Alcaldía Mayor de Bogotá - Alta Consejería Distrital de TIC. (2018). *Estrategia de Conectividad Rural en Bogotá D.C.*

Alcaldía Mayor de Bogotá - Alta Consejería Distrital de TIC (2016). *Alta Consejería Distrital de TIC Bogotá.*

Alcaldía Mayor de Bogotá - Alta Consejería Distrital de TIC. (2019). *Estrategia de laboratorios digitales.*

Alcaldía Mayor de Bogotá - Alta Consejería Distrital de TIC. (2017). *Hacia la Transformación Digital.*

Alcaldía Mayor de Bogotá - Alta Consejería Distrital de TIC. (2018). *RED de laboratorios de bogota.*

SEGUNDO GRUPO:

British Council. (2016). *Diálogos de política pública STEM Education for the Future Diálogos de política pública.*

Cano, L. M., & Ángel, I. C. (2019). *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.*

Comisión distrital de ciencia tecnología e innovación. (2007). *Plan de ciencia, tecnología e innovación Bogotá D.C 2007-2019. "Bogotá sociedad del conocimiento".*

CONPES 3975: Política nacional para la transformación digital e inteligencia artificial. (2019). *Consejo Nacional de Política Económica y Social - Republica de Colombia.*

CONPES 3988: tecnologías para aprender: política nacional para impulsar la innovación en las prácticas educativas a través de las tecnologías digitales. (2020). *Consejo Nacional de Política Económica y Social - República de Colombia.*

MinCiencias. (2020). *Lineamientos para formentar la vocación cientifica en niños, niñas y adolescentes.*

Ministerio de Educación de Colombia. (2019). *Educación activa con enfoque STEM + A Estudio técnico.*

Misión de Sabios. (2019). *Colombia hacia una sociedad del conocimiento. Informe de la misión internacional de sabios 2019 por la educación, la ciencia, la tecnología y la innovación.*

OCYT. (2019). *Indicadores de ciencia y tecnología Colombia 2019.*

República de Colombia - Ministerio de Educación Nacional. (2017). *Plan Decenal de Educación 2016-2026.*

TERCER GRUPO:

Araya-Pizarro, S.C., & Espinoza Pastén, L. (2020). Aportes desde las neurociencias para la comprensión de los procesos de aprendizaje en los contextos educativos. *Propósitos y Representaciones,* 8(1), e312. doi: http://dx.doi.org/10.20511/pyr2020.v8n1.312

EXPERT GROUP ON SCIENCE EDUCATION. (2015). *SCIENC EDUCATION for Responsible Citizenship. Directorate-General for Research and Innovation Science with and for Society*. https://doi.org/10.2777/12626

Ghose, D. (2016). *Gopal Rai lands in trouble: Decoding the premium bus service "scam" in Delhi govt. First Post*. Retrieved from http://www.firstpost.com/india/gopal-rai-lands-in-trouble-decoding-the-premium-bus-service-scam-in-delhi-govt-2841040.html

Kampylis, P., Punie, Y., & Devine, J. (2015). *Promoting Effective Digital-Age Learning*. https://doi.org/10.2791/54070

Preguntas sugeridas sobre Enseñanza y Aprendizaje Remotos. (n.d.).

Selfie Tomares Upper secondary vocational level 8 AREAS How to use the report. (n.d.).

UNESCO. (2016). *Reporte técnico: Tercer estudio regional comparativo y explicativo, Terce. Perfiles Educativos* (Vol. 38). https://doi.org/10.1787/9789264215696-en

Unión Europea. (2018). *Descubra el potencial digital de su centro SELFIE*. Retrieved from https://ec.europa.eu/education/schools-go-digital

van der Vlies, R. (2020). Digital strategies in education across OECD countries: Exploring education policies on digital technologies. *OECD Education Working Papers No. 226*. Retrieved from https://dx.doi.org/10.1787/33dd4c26-en

ACENTURE. (2014). *New Skills Now. Inclusión en la economía digital.*

Babaci-wilhite, Z. (2019). *Promoting Language and STEAM as Human Rights in Education: Science, Technology, Engineering, Arts and Mathematics. Promoting Language and STEAM as Human Rights in Education*. https://doi.org/10.1007/978-981-13-2880-0

Bello, M., & Galindo-rueda, F. (2020). *Charting the digital transformation of science : Findings from the 2018 OECD International Survey of Scientific Authors (ISSA2)*. Retrieved from https://www.oecd-ilibrary.org/science-and-technology/charting-the-digital-transformation-of-science_1b06c47c-en

Commission of Canada, T. and R. (2015). *Calls to Action. Aboriginal Policy Studies* (Vol. 5). https://doi.org/10.5663/aps.v5i1.25647

Delaney, N., Tornasi, Z., Lagher, R., Monachello, R., & Warin, C. (2020). *Science with and for society in Horizon 2020. Achievements and recommendations for Horizon Europe*. https://doi.org/10.2777/32018

Digital, B. T. H. E. (n.d.). *BRIDGING THE DIGITAL A t o o l k i t fo r strengthening INNOVATION DIVIDE :*

Duran, M., Höft, M., Medjahed, B., Lawson, D. B., & Orady, E. A. (2015). *STEM learning: IT integration and collaborative strategies*. (Springer, Ed.), *STEM Learning: IT Integration and Collaborative Strategies*. https://doi.org/10.1007/978-3-319-26179-9

Editors, S., Spector, J. M., Bishop, M. J., & Ifenthaler, D. (2020). *Educational Communications Technology. Encyclopedia of Education and Information Technologies*. https://doi.org/10.1007/978-3-030-10576-1_300222

European Commission. (2013). *HORIZON 2020 WORK PROGRAMME 2014-2015: 16. Science with and for Society. European Commission* (Vol. 2015). Retrieved from http://ec.europa.eu/research/participants/data/ref/h2020/wp/2014_2015/main/h2020-wp1415-swfs_en.pdf

European Commission. (2015). *Indicators for promoting and monitoring Responsible Research and Innovation Report. Z. f. Pflanzenkrank. 48:210-223*. https://doi.org/doi 10.2777/9742

European Commission. (2015). *Indicators for promoting and monitoring Responsible Research and Innovation Report. Z. f. Pflanzenkrank. 48:210-223*. https://doi.org/doi 10.2777/9742

European Commission. (2015). *Science education for Responsible Citizenship*.

European Commission. (2017). *Horizon 2020 Work Programme 2016 - 2017. Science with and for Society (European Commission Decision C (2017) 2468 of 24 April 2017)* (Vol. 16).

European Commission. (2020). *Citizen Science and Citizen Engagement*. https://doi.org/10.2777/05286

European Commission. (2020). *Science Education. Achievements in Horizon 2020 and recommendations on the way forward*. https://doi.org/10.1007/978-3-030-10576-1_300557

EuroSTEAM. (2018). *STEAM Education in Europe: A Comparative Analysis Report*.

Eurydice. (2011). *Science Education in Europe : National Po olicies, Practices and Research*.

Experimento en Colombia. Experimentar, investigar y vivir la ciencia y la tecnología. (2019). El programa educativo internacional de la Fundación Siemens Stiftung

Expert group on science education. (2015). *Science education for Responsible Citizenship. Directorate-General for Research and Innovation Science with and for Society*. https://doi.org/10.2777/12626

Gores, H. B. (1972). *A place to learn: lessons from research on learning environments. Prospects* (Vol. 2). https://doi.org/10.1007/BF02195654

Guide, A. G., & Success, T. O. (n.d.). *Building and Strengthening STEM Learning Ecosystems: A GROWING GUIDE TO SUCCESS*.

Hamlyn, B.; Handon, T.; Malam, S.; Man, C.; Smith, K.; Williams, L. (2019). *Young people's views on science education. Science Education Tracker*.

Hashemite Kingdom of Jordan, T. (n.d.). *The Knowledge Revolution It is the Fourth Industrial Revolution The Creator of New Wealth The Development and Prosperity Enabler No Use Resisting it-Be a Knowledge Worker*.

Karamali, A., & Fiala, A. (2020). *Institutional changes towards responsible research and innovation Achievements in Horizon 2020 and recommendations on the way forward*. https://doi.org/10.2777/682661

Kirby, W., & Van Der Wende, M. C. (2016). *Experiences in liberal arts and science education from America, Europe, and Asia: A dialogue across continents*. *Experiences in Liberal Arts and Science Education from America, Europe, and Asia: A Dialogue across Continents*. https://doi.org/10.1057/978-1-349-94892-5

Kuhl, P. K., Lim, S.-S., Guerriero, S., & van Damme, D. (2019). *Developing minds in the digital age: towards a science of learning for 21st century -*

Leonardi, S. (2017). *Baseline research for the Wellcome Trust Primary Science Campaign*. Retrieved from www.cfe.org.uk

Martinez, J. E. (2017). *The Search for Method in STEAM Education*. *The Search for Method in STEAM Education*. https://doi.org/10.1007/978-3-319-55822-6

Middleton, S. (2017). *Response ID ANON-H53J-UCYG-J* (Vol. 3).

Mostafa, T., Echazarra, A., & Guillou, H. (2018). *The science of teaching science: AN EXPLORATION OF SCIENCE TEACHING PRACTICES IN PISA 2015*. *OECD Education Working Papers*. https://doi.org/http://dx.doi.org/10.1787/f5bd9e57-en

Mostafa, T., Echazarra, A., & Guillou, H. (2018). *The science of teaching science: an exploration of science teaching practices in Pisa 2015*. *OECD Education Working Papers*. https://doi.org/http://dx.doi.org/10.1787/f5bd9e57-en

Network of Science with and for Society. (2016). *Science education policies in the European Comission : towards responsible citizenship. General introduction (Policy Brief)*.

OCYT. (2019). *Indicadores de ciencia y tecnología Colombia 2019*.

OECD. (2006). *21st Century Learning Environments*. *21st Century Learning Environments*. https://doi.org/10.1787/9789264006508-en

OECD. (2012). *Innovative Learning Environment(s)*. *Encyclopedia of the Sciences of Learning*. https://doi.org/10.1007/978-1-4419-1428-6_4375

OECD. (2016). *Innovating Education and Educating for Innovation*.

OECD. (2017). *The OECD Handbook for Innovative Learning Environments*. https://doi.org/10.1787/9789264277274-en

OECD. (2019). *A Mapping of Policy Instruments and Their Interactions*. Retrieved from http://scholar.google.co.uk/scholar?start=50&q=%22knowledge+exchange%22&hl=en&as_sdt=2000#3

OECD. (2019). *Cómo medir la transformación digital. Cómo medir la transformación digital.* https://doi.org/10.1787/af309cb9-es

OECD. (2019). *Going Digital in Colombia*. https://doi.org/https://doi.org/10.1787/781185b1-en

OECD. (2019). *Going Digital: Shaping Policies, Improving Lives. Going Digital: Shaping Policies, Improving Lives*. https://doi.org/10.1787/9789264312012-en

OECD. (2019). *Measuring the Digital Transformation. Measuring the Digital Transformation*. https://doi.org/10.1787/9789264311992-en

OECD. (2019). *Shaping the Digital Transformation in Latin America. Shaping the Digital Transformation in Latin America*. https://doi.org/10.1787/8bb3c9f1-en

OECD. (2019). *The digital innovation policy landscape in 2019. Technology and Industry Policy Papers*. Retrieved from https://www.oecd-ilibrary.org/docserver/6171f649-en.pdf?expires=1562081542&id=id&accname=guest&checksum=5F0980640A1A43B06C0F135CED8D1E59

OECD. (2019). *Vectors of Digital Transformation. OECD Digital Economy Papers*. Retrieved from https://search.proquest.com/docview/2172093962?accountid=27306%0Ahttp://ku4jd9mg2y.search.serialssolutions.com/?&genre=article&sid=ProQ:&atitle=VECTORS+OF+DIGITAL+TRANSFORMATION&title=VECTORS+OF+DIGITAL+TRANSFORMATION&issn=&date=2019-01-22&volume=&issue=&

OECD. (2020). *Colombia Participation and outcomes of vocational education and training Figure 1 . Snapshot of vocational education The rising demand for tertiary education*.

Opertti, R. (2017). *15 Claves De Análisis Para Apuntalar La Agenda Educativa 2030*. Retrieved from http://disde.minedu.gob.pe/handle/MINEDU/5591

Paunov, C., & Planes-Satorra, S. (2019). *How are Digital Technologies Changing Innovation? OECD Science, Technology and Innovation Policy Papers*.

Preparando a Chile para la sociedad del conocimiento. (2017).

Rivas, A., & Delgado, L. E. (2016). 50 Innovaciones educativas.Una Ventana al futuro. *BID*, 84. Retrieved from https://publications.iadb.org/handle/11319/7595

Schoolnet, E., Scenarios, L., Scenario, L., & Scenario, L. (2021). *STE(A)M IT project: Call for Teachers*.

Stem Pathways Model. (2017). Science Foundation Arizona – The Arizona STEM Network

Swe, M., & Shaljan, K. (2019). *STEAM Education*.

The STEM Immersion Guide. A collaboration of the Arizona STEM Network led by Science Foundation Arizona (2017)

The United States Department of Education. (2016). *Stem 2026 A Vision for Innovation in Stem Education. U.S. Department of Education Office of Innovation and Improvement*.

Travis, C., & Approaches, T. (2019). *The STEAM Revolution. The STEAM Revolution*. https://doi.org/10.1007/978-3-319-89818-6

UNESCO. (2015). *The Digital Transformation of Education: Conecting Schools, Empowering Learners. Harvard Business Review (Analytic Services Report)*.

UNESCO. (2017). POLICY PAPERS TIC , educación y América Latina y el Caribe. *Organización de Las Naciones Unidas Para La Educación, La Ciencia y La Cultura*.

UNESCO. (2019). *¿Qué se espera que aprendan los estudiantes de América Latina y el Caribe?* Retrieved from http://www.unesco.org/new/es/santiago/education/education-assessment-llece/erce/stay-informed/proximo-lanzamiento-analisis-curricular/

UNESCO. (2019). *Steering AI and Advanced ICTs for Knowledge Societies Human Rights implications - A ROAM Perspective*. Retrieved from https://en.unesco.org/system/files/unesco-steering_ai_for_knowledge_societies.pdf

UNICEF. (2014). *Las políticas TIC en los sistemas educativos de América Latina - Caso Colombia*.

Visión STEM para México. (2019). *NASPA Journal* (Vol. 42). https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004

World Economic Forum. (2016). *New Vision for Education: Fostering Social and Emotional Learning through Technology*.

World Economic Forum. (2016). *The Future of Jobs. Employment, Skills and Workforce for the Fourth Industrial Revolution*. Retrieved from http://search.proquest.com/docview/1776113790?accountid=26646%5Cnhttp://link.periodicos.capes.gov.br/sfxlcl41?url_ver=Z39.88-2004&rft_val_fmt=info:ofi/fmt:kev:mtx:journal&genre=article&sid=ProQ:ProQ:pqrl&atitle=3+-+THE+FUTURE+OF+JOBS&title=Growth+Strategi

World Economic Forum. (2020). Schools of the future: Defining new models of education for the fourth industrial revolution. *World Economic Forum Reports 2020*, (January), 1–33. Retrieved from www.weforum.org

CUARTO GRUPO:

Altan, E. B., Ozturk, N., & Turkoglu, A. Y. (2018). Socio-scientific issues as a context for STEM education: A case study research with pre-service science teachers. *European Journal of Educational Research*, *7*(4), 805–812. https://doi.org/10.12973/eu-jer.7.4.805

Annie, K., & Hanuscin, D. (2018). An Exploratory Cross-Sectional Survey Study of Elementary Teachers ' Conceptions and Methods of STEM Integration. *Journal of Research in STEM Education*, *4*(2), 159–178.

Aydin, G. (2020). Prerequisites for elementary school teachers before practicing STEM education with students: A case study. *Eurasian Journal of Educational Research*, *2020*(88), 1–40. https://doi.org/10.14689/ejer.2020.88.1

Bell, J., Falk, J., Hughes, R., High, N., Field, M., Hunt, G., … Ruffin, M. (2016). Informal STEM education: Resources for outreach, engagement and broader impacts. *A Report for the Center for Advancement of Informal Science Education*, (Ma), 1–28. https://doi.org/10.13140/RG.2.1.4736.3446

Cabellos, G., Terceño, G., & Stephens, G. (2019). the Sustainability of Stem Education Projects. *Scientix*, *3*.

Ching-Chiang, L. W. C., & Fernández-Cárdenas, J. M. (2020). Analysing dialogue in STEM classrooms in Ecuador: A dual socioeconomic context in a high school. *Journal of New Approaches in Educational Research*, *9*(2), 194–215. https://doi.org/10.7821/naer.2020.7.529

Dare, E. A., Ring-Whalen, E. A., & Roehrig, G. H. (2019). Creating a continuum of STEM models: Exploring how K-12 science teachers conceptualize STEM education. *International Journal of Science Education*, *41*(12), 1701–1720. https://doi.org/10.1080/09500693.2019.1638531

Design, E. (2020). Developing a Pedagogical Framework and Design Principles for a STEM Learning Environment Design. *Journal Of Research in STEM Education*, *6*(1), 1–17.

Drijvers, P. (2001). *S CIENCE , T ECHNOLOGY AND M ATHEMATICS E DUCATION Adopted at* (Vol. 8). Retrieved from http://ezproxy.georgetowncollege.edu:2058/ehost/pdfviewer/pdfviewer?vid=12&sid=b21c6ca5-4f64-4553-bb2f-72aa938ac930@sessionmgr107&hid=119

Duque, M. (2015). Laboratorios remotos: ¿Qué interes pedagógico?

Duque, M., Hernández, J. T., Gómez, M., & Vásquez, C. (2011). Pequeños científicos program: STEM K5-K12 education in Colombia. *2011 Integrated*

STEM Education Conference, ISEC 2011, (April 2015). https://doi.org/10.1109/ISECon.2011.6229627

El Nagdi, M., & Roehrig, G. (2020). Identity evolution of STEM teachers in Egyptian STEM schools in a time of transition: a case study. *International Journal of STEM Education*, *7*(1). https://doi.org/10.1186/s40594-020-00235-2

Eleftheria, T., Sotiriou, S., & Doran Ellinogermaniki Agogi, R. (2016). The "Big Ideas of Science" for the school classroom: Promoting interdisciplinary activities and the interconnection of the science subjects taught in primary and secondary education. *Journal of Research in STEM Education*, *2*(2), 72–89. Retrieved from http://j-stem.net/wp-content/uploads/2018/04/jstem_vol2_no2_report1.pdf

Elfrida Yanty Siregar, Y., Rachmadtullah, R., Pohan, N., Rasmitadila, & Zulela, M. S. (2019). The impacts of science, technology, engineering, and mathematics (STEM) on critical thinking in elementary school. *Journal of Physics: Conference Series*, *1175*(1). https://doi.org/10.1088/1742-6596/1175/1/012156

Fraser, S., Beswick, K., & Crowley, S. (2019). Responding to the Demands of the STEM Education Agenda: The Experiences of Primary and Secondary Teachers from Rural, Regional and Remote Australia. *Journal of Research in STEM Education*, *40*(1), 40–59.

Freeman, S., Eddy, S. L., McDonough, M., Smith, M. K., Okoroafor, N., Jordt, H., & Wenderoth, M. P. (2014). Active learning increases student performance in science, engineering, and mathematics. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, *111*(23), 8410–8415. https://doi.org/10.1073/pnas.1319030111

Garner, P. W., Gabitova, N., Gupta, A., & Wood, T. (2018). Innovations in science education: infusing social emotional principles into early STEM learning. *Cultural Studies of Science Education*, *13*(4), 889–903. https://doi.org/10.1007/s11422-017-9826-0

Gough, A. (2015). STEM policy and science education: scientistic curriculum and sociopolitical silences. *Cultural Studies of Science Education*, *10*(2), 445–458. https://doi.org/10.1007/s11422-014-9590-3

Kanadli, S. (2019). A meta-summary of qualitative findings about STEM education. *International Journal of Instruction*, *12*(1), 959–976. https://doi.org/10.29333/iji.2019.12162a

Kelley, T. R., & Knowles, J. G. (2016). A conceptual framework for integrated STEM education. *International Journal of STEM Education*, *3*(1). https://doi.org/10.1186/s40594-016-0046-z

Krolik, A. (2011). Bringing research into the classroom. *Science*, *332*(6030), 664. https://doi.org/10.1126/science.332.6030.664-a

Lamberg, T., & Trzynadlowski, N. (2015). How STEM Academy Teachers Conceptualize and Implement STEM Education. *Journal Of Research in STEM Education*, *1*(1), 45–58.

Li, Y., Wang, K., Xiao, Y., Froyd, J. E., & Nite, S. B. (2020). Research and trends in STEM education: a systematic analysis of publicly funded projects. *International Journal of STEM Education*, *7*(1). https://doi.org/10.1186/s40594-020-00213-8

Martín-Páez, T., Aguilera, D., Perales-Palacios, F. J., & Vílchez-González, J. M. (2019). What are we talking about when we talk about STEM education? A review of literature. *Science Education*, *103*(4), 799–822. https://doi.org/10.1002/sce.21522

Master, A., & Meltzoff, A. N. (2016). Building bridges between psychological science and education: Cultural stereotypes, STEM, and equity. *Prospects*, *46*(2), 215–234. https://doi.org/10.1007/s11125-017-9391-z

Mayes, R., Rittschof, K., Gallant, B., & Martin, C. (2017). Real STEM: An Interdisciplinary STEM Program. *Journal of Research in STEM Education*, *3*(1), 1–16.

Nam, N. H., Quang, L. X., Van Hien, N., Van Bien, N., Trang, N. T. T., Minh, T. H., & Ngan, L. H. M. (2020). Transformative perceptions of in-service teachers towards STEM education: The vietnamese case study. *Educational Studies Moscow*, *2020*(2), 204–229. https://doi.org/10.17323/1814-9545-2020-2-204-229

Ngan, L. H. M., Hien, N. Van, Hoang, L. H., Hai, N. D., & Bien, N. Van. (2020). Exploring Vietnamese Students' Participation and Perceptions of Science Classroom Environment in STEM Education Context. *Jurnal Penelitian Dan Pembelajaran IPA*, *6*(1), 73. https://doi.org/10.30870/jppi.v6i1.6429

Nugroho, O. F., Permanasari, A., & Firman, H. (2019). The movement of stem education in Indonesia: Science teachers' perspectives. *Jurnal Pendidikan IPA Indonesia*, *8*(3), 417–425. https://doi.org/10.15294/jpii.v8i3.19252

Park, W., Wu, J. Y., & Erduran, S. (2020). The Nature of STEM Disciplines in the Science Education Standards Documents from the USA, Korea and Taiwan: Focusing on Disciplinary Aims, Values and Practices. *Science and Education*, *29*(4), 899–927. https://doi.org/10.1007/s11191-020-00139-1

Parmin, P., Saregar, A., Deta, U. A., & El Islami, R. A. Z. (2020). Indonesian science teachers' views on attitude, knowledge, and application of STEM. *Journal for the Education of Gifted Young Scientists*, *8*(1), 17–31. https://doi.org/10.17478/jegys.647070

Razali, F., Manaf, U. K. A., & Ayub, A. F. M. (2020). STEM Education in Malaysia towards Developing a Human Capital through Motivating Science Subject. *International Journal of Learning, Teaching and Educational Research*, *19*(5), 411–422. https://doi.org/10.26803/ijlter.19.5.25

Reider, D., Knestis, K., & Malyn-Smith, J. (2016). Workforce Education Models for K-12 STEM Education Programs: Reflections on, and Implications for, the NSF ITEST Program. *Journal of Science Education and Technology*, *25*(6), 847–858. https://doi.org/10.1007/s10956-016-9632-6

Ritz, J. M., & Fan, S. C. (2015). STEM and technology education: international state-of-the-art. *International Journal of Technology and Design Education*, *25*(4), 429–451. https://doi.org/10.1007/s10798-014-9290-z

Rodriguez, M. C., Caine, M., & Crouch, F. (2016). *Multi-Stakeholder Partnerhsips in Stem Education* (Vol. 2).

Rubbi, L., Barlaro Rovati, B. y Petraglia, A. (2020). ¿Perdidos o salvados? El futuro del trabajo frente a la cuarta Revolución Industrial. *Desde el Sur.*12(1), pp. 307-276.

Storksdieck, M. (2016). Critical information literacy as core skill for lifelong STEM learning in the 21st century: reflections on the desirability and feasibility for widespread science media education. *Cultural Studies of Science Education*, *11*(1), 167–182. https://doi.org/10.1007/s11422-015-9714-4

Yata, C., Ohtani, T., & Isobe, M. (2020). Conceptual framework of STEM based on Japanese subject principles. *International Journal of STEM Education*, *7*(1). https://doi.org/10.1186/s40594-020-00205-8

Zoller, U. (2015). Research-based transformative science/STEM/STES/STESEP education for "Sustainability Thinking": From teaching to "Know" to learning to "Think." *Sustainability (Switzerland)*, *7*(4), 4474–4491. https://doi.org/10.3390/su7044474

11. Referentes metodológicos

Denzin, N. K., y Lincoln, Y. S. (Eds.). (2018). *The SAGE Handbook of Qualitative Research. Synthese* (Fifth Edit, Vol. 195). SAGE Publications. https://doi.org/10.1007/s11229-017-1319-x

Flick, U., Metzler, K., y Scott, W. (2014). *The SAGE Handbook Of Qualitative Data Analysis*. Los Angeles : SAGE.

Miles, M. B., A. Huberman, M., y Saldaña, J. (2013). *Qualitative Data Analysis: A Methods Sourcebook. SAGE Publications*.

Palmberger, M., Gingrich A. (2014). "Qualitative Comparative Practices: Dimensions, Cases and Strategies" en Flick, U., Metzler, K., y Scott, W. (2014). *The SAGE Handbook Of Qualitative Data Analysis*. Los Angeles : SAGE. (P. 94-108)

Rapley, T. (2014). "Sampling Strategies in Qualitative Research" en Flick, U., Metzler, K., y Scott, W. (2014). *The SAGE Handbook Of Qualitative Data Analysis*. Los Angeles : SAGE. (P. 49-64)

Saldaña, J. (2016). *The coding manual for qualitative researchers*. Los Angeles [etc.] : Sage.

Schreier, M. (2014). "Qualitative Content Analysis" en Flick, U., Metzler, K., y Scott, W. (2014). *The SAGE Handbook Of Qualitative Data Analysis*. Los Angeles : SAGE. (P. 170-183)

Schwandt T. y Gates E. (2018). Case Study Methodology en Denzin, N. K., y Lincoln, Y. S. (Eds.). (2018). *The SAGE Handbook of Qualitative Research. Synthese* (Fifth Edit, Vol. 195). SAGE Publications. https://doi.org/10.1007/s11229-017-1319-x

Simons, H. (2014). Case Study Research: In-Depth. Understanding in Context en Patricia Leavy (Ed.). (2014). *The Oxford Handbook of Qualitative Research*. (Oxford University Press, Ed.). New York: 1.