

**CONDICIONES DE POSIBILIDAD DE LA PERSPECTIVA STEM (SCIENCE,
TECHNOLOGY, ENGINEERING, MATHEMATICS) Y SUS RELACIONES CON LA
ENSEÑANZA DE LA BIOLOGÍA**

MARIANA GUTIÉRREZ TORRES

**UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA NACIONAL
FACULTAD DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA
DEPARTAMENTO DE BIOLOGÍA
BOGOTÁ D.C.
COLOMBIA
2020**

**CONDICIONES DE POSIBILIDAD DE LA PERSPECTIVA STEM (SCIENCE,
TECHNOLOGY, ENGINEERING, MATHEMATICS) Y SUS RELACIONES CON LA
ENSEÑANZA DE LA BIOLOGÍA**

Mariana Gutiérrez Torres

Trabajo de investigación presentado como requisito para optar al título de:

Licenciada en Biología

Directora:

Deysi Liseth Serrato Rodríguez

Línea de Investigación:

Trayectos y Aconteceres: Estudios del Ser y el Quehacer del Maestro Desde la Pedagogía

Grupo de Investigación:

Estudios En Enseñanza De La Biología

Universidad Pedagógica Nacional
Facultad de Ciencia y Tecnología
Departamento de Biología
Bogotá D.C.
2020

DEDICATORIA

Al maestro de maestros, autor de la vida.

A mi madre, esa fuente ilimitada de amor, apoyo y confianza.

A mis abuelos, el amor más leal y honesto.

A los maestros, que creen en el poder transformador de la educación.

AGRADECIMIENTOS

A Dios por concederme la vida, guiar mis pasos, iluminar mi camino, disponer del momento preciso y confiar en mis manos una labor a través de la cual servir.

A mi madre ejemplo de valentía, compromiso y dedicación, por ser luz en mi camino y entregar día a día lo inimaginable para hacer este sueño posible.

A mis abuelos porque su amor por la vida y los demás me inspiró a elegir el trayecto que hoy culmina; por levantarme en las madrugadas y esperarme en las noches.

A Álvaro Murcia por su apoyo incondicional a lo largo de mi formación, por creer en mí, motivarme, apoyarme y siempre estar.

A la maestra Deysi Serrato por la paciencia, las reflexiones, la discusión y la disposición para orientar y retroalimentar este trayecto.

A Bryam Monsalve por la retroalimentación constante, las discusiones y las reflexiones en torno a este tránsito.

A Royer Santiago Ramírez por su amistad incondicional, las discusiones, la militancia, el liderazgo, el semillero, pero sobre todo por las interminables risas respecto a todo y nada. A Sabina Borda por las risas, las confidencias y los consejos. Y con ellos, al grupo de compañeros y amigos de los que siempre aprendí, a Catalina Pinedo, Yorely López, Daniela Hidalgo, Alejandra Neira, Vanesa Robles, Luis Ortiz, Angie Amaya, Stiven Saldarriaga, Brandon Cabra, Juan Casallas, Andrés Ortiz, Marco Salazar y por supuesto Javier Cárdenas.

A la línea de investigación Trayectos y Aconteceres: Estudios sobre el Ser y el Quehacer del Maestro, al Semillero de Investigación RIZOMA, al Grupo de Estudio y a la Monitoria de Investigación por permitirme habitar tantos espacios que enriquecieron mi formación.

Finalmente, y no menos importante a mi alma mater la Universidad Pedagógica Nacional, porque en un país con tantas desigualdades y pocas oportunidades abrió sus puertas, creyó en mí y me dio la posibilidad de ser maestra.

¡GRACIAS! HOY Y SIEMPRE



¿Porqué es más difícil enseñar que aprender? No porque el maestro debe poseer un mayor caudal de conocimientos y tenerlos siempre a disposición. El enseñar es más difícil que aprender porque enseñar significa: dejar aprender. Más aún: el verdadero maestro no deja de aprender nada más que el aprender. Por eso también su obrar produce a menudo la impresión de que propiamente no se aprende nada de él, si por “aprender” se entiende nada más que la obtención de conocimientos útiles.

(Heidegger, 1978)

Ilustración 1. La subjetividad del maestro. (Vásquez & Monroy, 2011)

TABLA DE CONTENIDO

INTRODUCCIÓN	11
CAPÍTULO I	14
1. TEJIDOS, NUDOS Y NODOS: PROBLEMATIZANDO LA PERSPECTIVA STEM	14
1.1. TEJIDOS: LA INVESTIGACIÓN HISTÓRICA COMO POSIBILIDAD DE INTERROGACIÓN DE LA PERSPECTIVA STEM	14
1.2. NUDOS: TENSIONES Y PUNTOS DE INFLEXIÓN EN TORNO A LA PERSPECTIVA STEM	18
1.3. NODOS: DE AQUELLO QUE CIRCULA EN TORNO A LA PERSPECTIVA STEM	27
CAPÍTULO II	44
2. AGUJA E HILO: DE LA ARQUEOLOGÍA Y LA GENEALOGÍA COMO POSIBILIDADES DE ABORDAJE DE LA PERSPECTIVA STEM	44
2.1. DE LAS CUESTIONES DE PROCEDIMIENTO	49
CAPÍTULO III	52
3. TEJIDOS QUE CONSTITUYEN LA PERSPECTIVA STEM: NI HABLAMOS DE LO MISMO, NI LO HACEMOS DESDE EL MISMO REFERENTE, ENTONCES ¿QUÉ ES STEM?	52
3.1. NATURALEZA DE LA INICIATIVA STEM	52
3.2. APROPIACIONES EN CLAVE DE LA PERSPECTIVA STEM: DE LAS ARTES (STEAM) A LAS HUMANIDADES (STEM+H)	80
CAPÍTULO IV	84
4. HILOS: CONDICIONES DE POSIBILIDAD DE LA PERSPECTIVA STEM	84
4.1. CONDICIONES ASOCIADAS A LA NOCIÓN DE DESARROLLO	84
4.2. ¿DEL ENFOQUE CTS A LA PERSPECTIVA STEM?: CONVERGENCIAS Y DIVERGENCIAS	90
CAPÍTULO V	95
5. URDIDOR Y APRENDIZ: DEL SUJETO A FORMAR Y DE QUIÉN FORMA EN EL MARCO DE LA PERSPECTIVA STEM	95
5.1. FORMACIÓN Y CIUDADANÍA: ¿UNA DUALIDAD NECESARIA?	95
5.2. ¿FORMAR CIENTÍFICOS E INGENIEROS?	102
5.3. DEL SUJETO QUE FORMA: ¿FACILITADOR, DOCENTE O MAESTRO?	107
CAPÍTULO VI	115
6. TEJER DE OTRO MODO: REFLEXIONES Y CONSIDERACIONES FINALES	115
7. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	121
8. ANEXOS	132

8.1.	ANEXO 1. MATRIZ DOCUMENTAL	132
8.2.	ANEXO 2. FICHA DE TEMATIZACIÓN	139

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 1. HABILIDADES PARA EL SIGLO XXI

98

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1. RELACIONES ENTRE EL SABER, EL PODER Y LOS SUJETOS	46
FIGURA 2. CONDICIONES DE POSIBILIDAD DE LA PERSPECTIVA STEM	118

INTRODUCCIÓN

El presente ejercicio de pensamiento es consecuencia del trasegar por los espacios habitados a lo largo de la formación en la Licenciatura en Biología de la Universidad Pedagógica Nacional, afianzado con los tránsitos realizados por la línea de investigación Trayectos y Aconteceres: estudios del ser y quehacer del maestro desde la pedagogía, adscrita a dicho programa, los cuales, han dejado en evidencia un entramado de relaciones en torno a la perspectiva Science, Technology, Engineering y Mathematics, en adelante STEM, frente a los saberes que privilegia, los enunciados que promulga, las prácticas que promueve y los modos de funcionamiento que la caracterizan, que sumada a su creciente aceptación en el contexto educativo colombiano resultan tensionantes, convirtiéndose así en posibilidades para interrogar aquello que se manifiesta desde la misma a modo de necesario y urgente.

De acuerdo a ello, los elementos que a continuación se presentan son el resultado de un trayecto un poco aunado, turbio y deslindado, que tiene por inquietud las condiciones de posibilidad de la perspectiva STEM y los cuestionamientos que respecto a esta se despliegan en términos de la enseñanza de la biología, para ello, se emplea la metáfora del tejido como una aproximación a las múltiples interrelaciones del saber que allí tienen lugar. En razón de lo anterior, el Capítulo I denominado *Tejidos, Nudos y Nodos*, da cuenta de la construcción del objeto de investigación, los interrogantes que suscita, los objetivos a alcanzar, junto con algunos de los elementos que circulan frente a la iniciativa, ampliando de esta manera, la mirada en torno al terreno investigativo.

Al respecto y para aproximarse a las condiciones de posibilidad de la perspectiva STEM se recurre a la mirada arqueológica-genealógica como forma de visibilizar los juegos de relaciones entre el saber, el poder y la subjetivación, a través del reconocimiento de las prácticas que hacen posible su constitución y que pueden ser rastreadas a la luz del archivo, para esto, se realiza un ejercicio de revisión documental en donde se incluyen trabajos de grado, artículos investigativos, noticias, entre otros, los cuales posteriormente son tematizados y reconstruidos a partir de una lectura hipertextual. Vale la pena aclarar que el presente ejercicio de investigación no se reduce a un análisis documental o a un estado del arte, en oposición se configura como un territorio de inquietud constante que transita por aquellos escenarios de “realidad” para convertirlos en una fuente de problematización, movilizand así, una serie de elecciones y distancias para abordar el problema planteado, lo que da lugar a los matices que posibilitan la constitución del tejido a construir, lo anterior se amplía en el Capítulo II titulado *Aguja e Hilo*.

Así las cosas, la forma de interrogar y problematizar el archivo da cuenta de una multiplicidad de prácticas que constituyen el campo de relaciones en el que gravitan las condiciones que hacen posible la constitución de la perspectiva STEM, por ello, el Capítulo III titulado *Tejidos que Constituyen la Perspectiva STEM*, presenta los saberes que integran la misma, las relaciones que se establecen entre estos y sus formas de producción a propósito de las prácticas que legitima; en donde se hace alusión al lugar asignado a las ciencias, la tecnología, la ingeniería y las matemáticas junto con las formas de integración de dichos saberes, así mismo, se realiza una aproximación a las apropiaciones que de la iniciativa se han venido realizando lo que ha dado lugar a otras miradas frente a la propuesta inicial ofrecida por la misma, transitando de la inclusión de los cuatro saberes a la integración de las artes y las humanidades; aspectos que en fin último dan cuenta de la dispersión propia de su naturaleza evidenciada entre otros aspectos en la multiplicidad de formas de enunciación que recaen sobre esta y que en el mismo capítulo se abordan.

El capítulo IV titulado *Hilos*, por su parte alude a las condiciones de posibilidad de la perspectiva STEM, entendidas como las múltiples relaciones que se interrelacionan en un momento histórico particular y que permiten la constitución de un acontecimiento en específico, entre las que se destaca la noción de desarrollo económico, político y social, sumado al auge de la ciencia y la tecnología, que alcanzan su máxima expresión en la cuarta revolución industrial y que se vincula con la creciente economía del conocimiento, en donde se asume el saber como factor de producción, por tanto, todo aquello que sea susceptible de ser enseñado posee un carácter de utilidad; adicional a ello, se plantean algunas posibles relaciones entre el enfoque Ciencia, Tecnología y Sociedad (CTS) y la iniciativa. dichas condiciones a su vez justifican la permanencia de la iniciativa en el escenario escolar al poner de manifiesto la “urgencia” de una serie de transformaciones educativas que den respuesta a las necesidades de formación de unos sujetos con unas particularidades a través de las cuales puedan enfrentar los retos que plantea la contemporaneidad.

En razón de lo anterior, el capítulo V titulado *Urdidor y Aprendiz*, se relaciona con los modos de subjetivación que la perspectiva STEM promueve a propósito de la primacía de unos saberes respecto a otros y de las exigencias que sobre la escuela recaen, lo que incide en la constitución de sujetos con unas características particulares, en vía de lo precedente, las formas de ser que predominan son las de una ciudadanía competente y hábil que dé respuesta a las necesidades del siglo XXI, en donde la noción de formación adquiere un lugar fundamental para comprender la mirada a través de la cual se aborda el asunto de la subjetivación, así mismo, se presentan algunos de los elementos suscitados ante la inquietud por el lugar

del maestro en el marco de la iniciativa junto con ciertas reflexiones respecto a su quehacer a propósito de la pregunta por el maestro de biología en concreto.

Para finalizar, el capítulo VI titulado *Tejer de Otro Modo*, más allá de enunciar las conclusiones presenta algunos de los elementos movilizados ante la deconstrucción y construcción del tejido desplegado, el cual, suscita una serie de inquietudes y reflexiones en torno al devenir de la enseñanza, el aprendizaje, la formación y la vida, de modo, que el presente ejercicio de pensamiento no alcanza su máxima expresión en los resultados sino más bien en la problematización de los pliegues, quiebres y rupturas que a expensas de lo visible se mantienen y que se presentan como verdadero en el marco de la perspectiva STEM.

CAPÍTULO I

1. TEJIDOS, NUDOS Y NODOS: PROBLEMATIZANDO LA PERSPECTIVA STEM

El tejido que a continuación se presenta ha sido construido en clave de las posibilidades que la mirada histórica y la pedagogía ofrecen para pensar, interrogar y problematizar en este caso la perspectiva STEM, pues, al ser un asunto que posee una multiplicidad de tensiones exige del maestro tomar una postura al respecto; debido a esto, el presente capítulo en un primer momento -*Tejidos*- da cuenta del contexto del que parte este ejercicio de pensamiento en donde se hace alusión a la mirada histórica por la que opta junto con algunos elementos apropiados de la escuela que posibilitan la existencia de la iniciativa STEM; en un segundo momento -*Nudos*- se hace relación el problema investigativo, los interrogantes que moviliza, los propósitos que se plantea, junto, con los elementos que justifican la pertinencia del mismo; mientras que el tercer momento -*Nodos*- presenta, los aspectos que circulan en torno a STEM; todos estos, fundamentales para ampliar la mirada en torno al terreno investigativo.

1.1. TEJIDOS: LA INVESTIGACIÓN HISTÓRICA COMO POSIBILIDAD DE INTERROGACIÓN DE LA PERSPECTIVA STEM

La investigación desde la construcción del presente ejercicio de pensamiento es asumida como una experiencia que confronta las formas de pensar y actuar que se manifiestan en la cotidianidad, dado que, al interrogar y problematizar aquello que a modo de verdad se presenta, incita una serie de tránsitos por terrenos inciertos que en la alternancia de luces, sombras y penumbras enturbian la “realidad”, debido a esto, el presente trayecto investigativo más allá de plantearse una pregunta por el presente se inquieta por aquellos vestigios que en lo actual habitan, puesto que, no es posible desconocer que todo acontecimiento posee un carácter histórico que influye tanto en su constitución como en su devenir, de manera, que al inquietarse por lo acaecido es posible construir otro tipo de relaciones para aquello que en el presente es normalizado; dicho esto, el interés que moviliza la construcción del presente tejido más allá de centrarse en una preocupación por hallar respuestas -a modo de soluciones- a los interrogantes planteados opta por las sospechas, los intersticios y los pliegues que permiten tejer de otro modo la historia.

En esta medida, la historia lejos de ser entendida como una disciplina científica que analiza las sociedades a lo largo del tiempo empleando una narrativa cronológica, lineal y progresiva (Noguera, 2003), es asumida, como un espacio de problematización constante en donde interactúan una multiplicidad de relaciones que

se convierten en condiciones de emergencia para la constitución de unas prácticas¹ que se sitúan en un momento histórico particular, asumir de esta manera la historia no reduce los sucesos al vínculo causa-efecto puesto que este imposibilita pensar de forma relacional e interdependiente los acontecimientos, por lo que se hace necesario:

(...) superar un «conflicto» o una «oposición» entre estructura y devenir: hace ya mucho tiempo que los historiadores localizan, describen y analizan estructuras, sin haberse preguntado jamás si no dejaban escapar la viva, la frágil, la estremecida «historia». La oposición estructura-devenir no es pertinente ni para la definición del campo histórico, ni sin duda, para la definición de un método estructural (Foucault, 2016, p.6).

En consecuencia, la mirada histórica por la que opta este ejercicio investigativo toma distancia de lo secuencial, de la inmediatez y de la linealidad, es decir, de la visión convencional que recae sobre la historia, pues, con los trazos y matices que se presentan a lo largo de este trayecto, no se pretende construir una historia *global* ni *totalizadora* ubicada desde la lógica del *sujeto fundante*, mucho menos, se espera reducirla a la búsqueda de *verdades absolutas*, en su lugar, esta mirada da cuenta de las singularidades, las rupturas, las permanencias y las discontinuidades que habitan en el tiempo con el ánimo de redimensionar y complejizar la misma.

De manera, que esta noción de la historia no está situada en las tradiciones, pues lo que le interesa es reconocer las relaciones que se entretujan tras de aquellas prácticas que han sido legitimadas y normalizadas a través del tiempo -lo que responde a las lógicas del poder que acaecen y permean todos los ámbitos de la vida-, es por ello, que optar por esta mirada da lugar a posturas que no se reconocen a simple vista reestructurando el orden de los elementos que la constituyen con el objetivo de suscitar otras acciones como respuesta a lo ya dicho, pues “(...) es de nuestras acciones colectivas que dependen, o la promoción de los cambios que juzgamos necesarios o la resistencia aquello que consideramos nocivo a los intereses que defendemos” (Noguera, 2018, p.18).

Para ello se recurre a la mirada arqueológica-genealógica como forma de aproximación a la historia, la cual, permite problematizar el presente a partir de los rastros que el pasado deja en evidencia, a través de las relaciones entre el saber, el poder y la subjetivación, poniendo de manifiesto no solo aquello que es visible sino también lo que a expensas de la “realidad” se mantiene oculto, posibilitando la construcción de otras prácticas que inciten a pensar de otro modo. Debido a esto, situar la historia desde el enfoque arqueo-

¹ Prácticas que no obedecen a una causa única, ni a la acción fundadora de un autor.

genealógico posibilita cuestionar las verdades absolutas pues no da cuenta de estas como dogmas universales, esto no significa que se ubica desde el relativismo, en su lugar:

Se trataba de desplazar el eje de la historia del conocimiento hacia el análisis de los saberes, las prácticas discursivas que organizan y constituyen el elemento matricial de esos saberes, y estudiar dichas prácticas como formas reguladas de veridicción (Foucault, 2009, p.20).

Es a partir de los anteriores presupuestos que entender la escuela como acontecimiento social e histórico lejos de situarse en una dimensión espacio-temporal evoca un conjunto de relaciones que más allá de establecerse como causas únicas de su emergencia se han convertido en condiciones de encuentro y desencuentro que dotan de significado a la misma; en este orden de ideas, es posible mencionar que la escuela es resultado de una serie de relaciones de saber y poder que no sólo confluyen en ella sino que además le dan forma, la instituyen y posibilitan, y que a lo largo del tiempo se reconfiguran, transforman o mantienen.

Dichas relaciones se encuentran vinculadas con el contexto político, económico, social y cultural en el que la escuela se circunscribe y que se materializan en una serie de prácticas posibles de rastrear a través del archivo, dejando en evidencia una serie de regularidades como discontinuidades a través del tiempo. Éstas, inciden en las elecciones que dicha institución realiza en términos de sus objetivos, proyecciones y contenidos, es decir, en los saberes que la misma promueve que aunque sean incorporados, actualizados o reforzados, tienen que ver con unos procesos sociales y unos intereses específicos que se le adjudican a la misma (Martínez, 2008), lo que hace visible la estrecha relación entre la escuela y el contexto social en el que la misma se encuentra, e influye en los movimientos propios del saber, pues, en la medida en la que algunos se presentan como prioritarios se hace urgente su incorporación, lo que en ciertos casos excluye a otros debido a su poca “relevancia”, poniendo en evidencia la primacía de unos saberes respecto a otros, de allí, que aquello que circula en torno a dicho escenario influya en la constitución del mismo, haciendo de estas un entramado de fuerzas de poder.

A partir de lo anterior, es posible identificar como permanencia el interés de la escuela por superar el inacabamiento del hombre al ser asumido como un sujeto inconcluso que tiene la oportunidad de construir su existencia, direccionarla y conducirla hacia sus propósitos a través de la educación, pues, como lo menciona Kant (1985) detrás de la misma “se encuentra el gran secreto del perfeccionamiento de la naturaleza humana” (p.700); para ello, se traza como objetivo el mejorar la conducta de los individuos, de allí, que la educación sea entendida como “cuidado (Wartung), disciplina (Disziplin), instrucción

(Unterweisung) y formación (Bildung), [que tiene] como tarea fundamental evitar la posible caída en el salvajismo y la animalidad del individuo” (Runge, 2012, p.252).

En consecuencia, la escuela se ha configurado como un dispositivo que da forma a la naturaleza del hombre por lo que se espera que a través de la misma se potencie, optimice y maximice su capacidad productiva (Runge, 2012). Superando así las limitaciones de su condición, en vía de ello, dicho escenario se proyecta “elicitando el progreso del hombre como “ser social” y lo que aquello implica: desarrollar tanto su máximo potencial personal, como su conducta social” (Guzmán, 2011, p.113). Así pues, la escuela se ha venido instaurando como una institución que forma sujetos en una serie de conocimientos y habilidades particulares que garantizan su beneficio personal a la vez que contribuyen al progreso, desarrollo y consolidación del proyecto de nación; aspecto fundamental para comprender las relaciones que se establecen entre el escenario educativo y la perspectiva STEM como forma de viabilización de los propósitos que para la misma se plantean.

En este sentido y teniendo en cuenta que la contemporaneidad ha traído consigo toda una serie de transformaciones tecnológicas, científicas y culturales que ocurren cada vez a una mayor velocidad movilizadas por los intereses económicos del actual modelo de desarrollo que permea todos los ámbitos de la vida, el escenario educativo no está exento de dicho cambio ubicando a la escuela en una tensión constante mediada por cuestionamientos, desencuentros y rupturas en torno a sus modos de funcionamiento, no obstante, las transformaciones requeridas por la misma son profundas, dado que, no ocurren a la misma velocidad con la que se producen el resto de cambios, es por ello, que tal como lo menciona (Delval, 2013):

Si llegara a visitarnos un habitante de hace doscientos o trescientos años, se sorprendería de muchas cosas, de los medios de comunicación, del funcionamiento de las fábricas, del tráfico en las ciudades, de los vehículos, aviones, coches, trenes, incluso naves espaciales, pero posiblemente cuando visitara una escuela pensaría que ahí las cosas continúan de forma parecida a hace cientos de años: alumnos sentados en bancos, un maestro delante de un pizarrón explicando, y los alumnos escribiendo en sus cuadernos y tratando de memorizar lo que les explica (p.2).

Es frente a este panorama de urgencia por las transformaciones educativas, como respuesta a las exigencias del actual modelo de desarrollo sumada a la necesidad de conducir al perfeccionamiento de los sujetos, que tiene lugar la perspectiva STEM pues a diferencia del enfoque de escuela tradicional, motiva el interés por el conocimiento científico, tecnológico, ingenieril y matemático aumentando la capacidad para resolver problemas de la cotidianidad empleando el conocimiento adquirido en la creación de alternativas

tecnológicas e ingenieriles con el propósito de contribuir al progreso del país, promoviendo así, el desarrollo de destrezas y habilidades como la interacción intrapersonal e interpersonal, el trabajo colaborativo, el análisis de problemas auténticos, la construcción de soluciones reales entre otras, que ubican al estudiante como el sujeto activo de su proceso de aprendizaje.

En este sentido, el presente ejercicio investigativo tiene como objeto de interés problematizar cómo se ha venido configurando dicha perspectiva a partir de la aproximación de tipo histórico que se plantea en el mismo; en donde, se cuestionan las condiciones de posibilidad, los intereses que representa, las prácticas que la caracterizan y las posibles formas de relación para el caso concreto de la enseñanza de la biología, para ello, se sitúa desde la perspectiva genealógica lo que implica el reconocimiento de la configuración del objeto de investigación como problema para así elegir el archivo pertinente.

Cabe aclarar que, el presente ejercicio no se sitúa en un periodo histórico específico por lo que intenta problematizar las prácticas, visibilizar los modos de configuración y develar los juegos de verdad sobre los que se constituye la perspectiva STEM, pero a la vez los que en sí misma despliega, con el propósito de contribuir a la construcción de otras posibilidades para su abordaje, no obstante, ¿qué es aquello que se problematiza de la misma?, para ello, se presenta el siguiente apartado en donde se enfatiza en las tensiones y puntos de inflexión suscitados por la iniciativa los cuales constituyen los ejes de problematización de este ejercicio investigativo.

1.2. NUDOS: TENSIONES Y PUNTOS DE INFLEXIÓN EN TORNO A LA PERSPECTIVA STEM

La perspectiva STEM emerge en Estados Unidos hacia la década de los 90, desde entonces se ha venido consolidando como una alternativa en el ámbito de la educación que integra los contenidos propios de la ciencia, la tecnología, la ingeniería y las matemáticas a través del aprendizaje basado en indagación y problemas; en este sentido, los lugares asignados a las cuatro disciplinas en el marco de la iniciativa -en términos generales- es posible de situar así: las ciencias son las encargadas de movilizar la inquietud por el reconocimiento del mundo natural junto con las leyes que dan cuenta de su funcionamiento; la ingeniería se encuentra orientada al diseño y creación de alternativas que den respuesta a las necesidades propias de los contextos; por su parte, las matemáticas, son concebidas como el saber que fundamenta el aprendizaje de los conocimientos restantes, finalmente, la tecnología es entendida como el lugar de encuentro de las anteriores disciplinas, a partir de la cual se viabilizan las estrategias de creación y producción de artefactos.

Así las cosas, la perspectiva STEM se plantea como propósito contribuir a superar las dificultades ocasionadas por la disminución de la fuerza de trabajo alfabetizada científica y tecnológicamente junto con la ausencia de vocaciones científico-tecnológicas, panorama que se agudiza cuando se proyecta que en el mediano plazo al menos el 80% de los empleos requerirán conocimientos en ciencias, tecnología, ingeniería y matemáticas, por ello la iniciativa busca enfrentar tres retos en concreto:

- a) responder a los desafíos económicos globales que enfrentan muchas naciones; b) satisfacer la alta demanda de alfabetización STEM para la solución de problemas tecnológicos y ambientales a nivel global; y c) desarrollar mano de obra con los conocimientos y competencias necesarias para desempeñarse en el siglo XXI (Ritz & Szu-Chun, 2014, p.4)².

Configurándose así, como una estrategia que responde a una serie de exigencias económicas las cuales requieren del conocimiento y su aplicación en los diferentes ámbitos de la vida, con el objeto de aumentar la capacidad productiva de las naciones, de allí, que el contexto laboral necesite de un recurso humano altamente calificado con habilidades en ciencias, tecnología, ingeniería y matemáticas, que cuente con destrezas en la resolución de problemas, que sea competitivo, hábil, innovador, creativo, dinámico, entre otros. Poniendo de manifiesto la necesidad de incorporar una serie de conocimientos a la escuela que posean un valor económico al considerar el aumento de la producción de un país como consecuencia de la calidad del trabajo que se realice, por tanto, de la educación que reciben los futuros trabajadores.

En vía de lo anterior, se normaliza y legitima la necesidad de capacitar a una serie de sujetos en unos conocimientos mínimos, prácticos, pero sobre todo útiles, que se ajusten a los intereses del ámbito productivo, razón por la cual, la escuela se ve enfrentada a la adopción de nuevos criterios operacionales tales como: la flexibilidad y la movilidad (Laval, 2004) situándola como un escenario de formación de una multiplicidad de caracteres que se adaptan y varían en función de las necesidades económicas, lo que trae como consecuencia la estandarización y homogeneización de la diversidad de sujetos que en la misma tienen lugar.

Siendo esta una de las principales razones para validar su existencia y quizá el motivo de su creciente aceptación –poco discutida y reflexionada- en el ámbito escolar, conduciendo, a que distintas instituciones, organizaciones y gobiernos hayan comenzado a incorporarla en sus apuestas educativas, pues, apunta al desarrollo de una estrategia de crecimiento a través de la cual justificar la inversión en educación, fundamentando además, la relación entre conocimiento y productividad que le otorga importancia al saber

² Traducción propia.

en la medida en la que ofrece un beneficio económico legitimando así la primacía de unos saberes respecto a otros.

Lo anterior, moviliza una serie de tensiones relacionadas con la enseñanza, el aprendizaje, la pedagogía y el maestro, dado que, posicionarse desde esta perspectiva en el ámbito educativo limita en un primer momento la enseñanza a una visión utilitarista reduciendo su campo de acción al despliegue del conocimiento considerado como útil convirtiéndolo de esta manera en una herramienta al servicio de la eficacia y la eficiencia laboral, situando el desarrollo cognitivo y la inteligencia humana como el principal recurso económico, estableciendo así, una intrincada relación entre la educación y el desarrollo económico como social de una nación justificando además la necesidad de iniciativas educativas como la perspectiva STEM, en donde el saber tiene como propósito principal contribuir al bienestar económico de los países.

Así las cosas, la instrumentalización de la enseñanza, que en el caso concreto de la perspectiva STEM se materializa en el desplazamiento de la misma por el aprendizaje y todo lo que aquello implica, es resultado de unos dispositivos y mecanismos de poder que se despliegan para el control del ejercicio educativo reduciendo así las posibilidades de creación que a partir del mismo tienen lugar, configurándose como un proceso de enrarecimiento de la pedagogía, pues:

No sólo han reducido la Pedagogía a un saber instrumental sino que también al desconocer la historicidad de la Pedagogía han atomizado a tal punto su discurso que otros sujetos de las ciencias humanas se han repartido, a la manera de un botín, el complejo saber de la Pedagogía (Zuluaga, 1999, p.10).

La instrumentalización entonces, trae como consecuencia la fragmentación del conocimiento de allí que en el juego de relaciones que se establece ante la inquietud por los saberes a ser enseñados comienzan a posicionarse aspectos como el carácter de empleabilidad, de utilidad o el valor que poseen los mismos, que combinado con los presupuestos de la sociedad del conocimiento van a dar prioridad al aprendizaje de unas formas concretas de ciencia y tecnología, por lo que se hace fundamental cuestionar ¿cuáles son los saberes que circulan en torno a dichas formas de conocimiento en el marco de la perspectiva STEM?

Al respecto, es posible mencionar que la formación en ciencia y tecnología a propósito de la iniciativa STEM conjuga aspectos políticos, económicos, sociales y culturales convirtiéndola en un poderoso instrumento de integración curricular (Avendaño, 2018) lo cual, se suma a la importancia que se otorga a la labor de los científicos e ingenieros como productores de conocimiento a través de la investigación y la innovación que producen, así como, gestores del desarrollo económico, social y cultural, dado que, ya no sólo se trata de

investigar, sino de contribuir con desarrollos científicos y tecnológicos que contribuyan a mejorar la calidad de vida y el progreso de la nación, de allí, que exista una fuerte preocupación por la formación de este tipo de profesionales desde niveles iniciales de escolarización.

Ahora bien, el anterior panorama suscita toda una serie de interrogantes en términos de la enseñanza de la biología (E.B) en el marco de la iniciativa STEM pues ante sus presupuestos ¿existe un lugar para pensar la E.B?, a propósito de la enseñanza de las ciencias ¿cuáles son las posibilidades para la E.B al interior de las mismas?, ¿de qué manera entablar un diálogo desde la E.B frente el carácter integrador que promueve la perspectiva STEM?, cuestionamientos que se suman a las reconfiguraciones que la enseñanza de la biología atraviesa como resultado de los cambios que enfrenta el escenario educativo, reflejado en las prácticas de enseñanza contemporáneas y en las apuestas de formación de los maestros en esta disciplina, que contribuyen de alguna u otra manera a la consolidación y apropiación de enfoques interdisciplinarios, multidisciplinarios o transdisciplinarios, como en este caso los ofrecidos por la perspectiva STEM transformando la misma en la escuela.

Sumado a lo ya mencionado, es fundamental reconocer el carácter de encuentro social y cultural que posee la enseñanza de la biología, a través de la cual, se promueven procesos educativos que vinculan otras formas de comprensión del mundo que no son reducidas a las científicas, de ahí, que la noción de ciencia que plantea la perspectiva STEM suscita la pregunta por el lugar de saberes distintos a los que promueve, el diálogo entre los mismos, así como por las relaciones entre el conocimiento científico y local que es adquirido a través de las generaciones e incluye prácticas, creencias, y significados construidos a lo largo del tiempo mediante la interrelación e interacción entre las comunidades y el contexto. Es por ello, trascendental una educación que posibilite la consolidación de escenarios en los que se tenga en cuenta la coexistencia y la co-habitabilidad de los saberes locales de forma que sean reconocidas las cosmovisiones, las prácticas, los arraigos culturales y tradicionales de comunidades que no se sitúan bajo la mirada de conocimiento dominante y que en muchas ocasiones han sido invisibilizados por la noción de ciencia predominante.

Ahora bien, aunque la perspectiva STEM presenta todo un marco de caracterización en términos de los saberes que promulga, las prácticas que la caracterizan y los modos a través de los cuales funciona, frente a la inquietud por ¿quién enseña? en el ámbito de la misma, el panorama es bastante amplio, de allí, que

los sujetos “idóneos” para llevar a cabo dicha labor tengan la posibilidad de pertenecer a una de las siguientes categorías:

- Investigadores dedicados a la investigación aplicada e investigación de frontera.
- Profesionales en ejercicio. Los ejemplos se encontrarían en aquellas personas que han pasado años en la industria y pueden servir de modelos de roles profesionales para los estudiantes.
- Docentes especializados. Además de ser distinguidos docentes de aula, estas personas se mantienen actualizadas sobre pedagogía moderna y la investigación en aula, y actuarían como tutores de educación y evaluadores pares de sus colegas.
- Todos ellos cumplen por igual funciones académicas importantes (Felder & Brent, 2006, p.6).

Al respecto, es posible mencionar que se generan toda una serie de tensiones en donde se reconocen unas formas y fuerzas vinculadas con el lugar de funcionario asignado al maestro, pues de acuerdo a esto, su quehacer puede ser asumido por cualquier sujeto que cumpla con unos mínimos para la enseñanza, asignando un cúmulo de exigencias a la misma que deben ser cumplidas para dar respuesta a las necesidades educativas, sugiriendo así, una subjetividad menos visible de su acción pero más maleable en la interacción con el sistema; de forma que educar en la contemporaneidad, consiste en:

(...) Atravesar la población-gente para asignarle los nuevos lugares productivos, y educarla en relación a los problemas relativos a ella. Para ello se requiere un formador, aquel sujeto cuyo saber consiste en pensar la población y hacerla entrar en formas de organización, administración y gestión. Sus funciones son las de operacionalizar estrategias, definir dispositivos, construir planes de acción, definir series y gestionar potencialidades. Este modelo de educación funciona como un localizador de situaciones de aprendizaje para un territorio y para una multitud (Quiceno, 2010, p.13).

Panorama que paulatinamente va adquiriendo unos matices cada vez más agrestes en torno a los modos de ser sujeto que la iniciativa promueve, movilizand así, una serie de inflexiones frente a los mismos dado que labor del maestro no se limita a la transmisión de unos contenidos específicos, sino que, en la interacción con los otros es el gestor de un escenario social mediado por el intercambio de saberes, la construcción colectiva y la participación. En otras palabras, el quehacer del maestro ofrece la posibilidad de constituir espacios para que los sujetos se interroguen, se inquieten, problematicen, establezcan otro tipo de relaciones con el saber, entre otros, de modo, que su quehacer no se limita a la de un reproductor, en su lugar, al ser un sujeto que forma a otros se forma a sí mismo, construye un escenario social como la escuela y agencia procesos que tienen como primer horizonte, la formación de niños, niñas y jóvenes en un país (León, 2013).

Continuando con la noción de maestro que promueve la perspectiva STEM, plantea que para un adecuado abordaje de la misma:

Las instituciones educativas deben identificar, entre muchas otras características, las capacidades pedagógicas de los docentes, sus fortalezas y debilidades, para así aprovecharse de estas a favor del desarrollo de competencias en sus estudiantes, identificar si sus prácticas de aula están siendo estructuradas y encausadas con los propósitos del enfoque educativo STEM o si tal vez, su quehacer diario los lleva de una forma natural a crear espacios de aprendizaje con buenas herramientas pedagógicas, sin aplicar intencionalmente este tipo enfoque educativo. No se puede dejar de lado la importancia que tiene para las instituciones el llevar a los docentes a convertirse en pensadores STEM (Quiceno, 2017, p.18).

A causa de ello, se considera fundamental pensar al maestro de otro modo lejos de los escenarios que legitiman y direccionan su formación hacia las finalidades homogeneizantes de su quehacer; lo que a su vez, permite cuestionar la relación entre la teoría y la práctica que promueve la perspectiva, pues, pareciese que es entendida de forma unidireccional partiendo de la apropiación de la teoría para luego ser aplicada en la práctica, lo cual conduce a comprender el proceso de aprendizaje como la adquisición de conceptos y la enseñanza a la reproducción de los mismos.

En este sentido, dicho vínculo debe superar la idea de la aplicación directa de la teoría a la práctica por lo que se hace necesario concebir esta última como un escenario, complejo y dinámico atravesado por una multiplicidad de relaciones frente a las cuales el maestro tiene la oportunidad de inquietarse, reflexionar y actuar con el ánimo de entretener otras posibilidades a través de las que sea posible la construcción de nuevos saberes, conocimientos y sentires, pues la interacción permanente de la práctica y la teoría conforma un bucle creativo y dinámico, que expande el conocimiento y transforma la realidad (Molina, 2017).

Es frente a este panorama que tiene lugar la pregunta por el maestro de biología en concreto, pues si bien, su campo de acción se relaciona con aspectos de la disciplina científica su quehacer no se reduce al remedo de las prácticas producidas por la misma, ni a la reproducción de unas formas de enseñanza particulares, por el contrario, su saber es resultado de un ejercicio de reflexión, problematización y creación en torno a los problemas particulares de la enseñanza de la biología y sus implicaciones en el contexto educativo, lo que ha dado lugar a la consolidación de un campo de conocimiento propio con un objeto de estudio particular, ante lo cual cabe la pregunta por ¿cuál es su lugar en el marco de la perspectiva STEM al no ser la biología integrada de forma explícita en la misma?, ante instituciones educativas que deseen implementar este tipo de apuestas ¿cómo debe enfrentar el maestro de biología dicha situación cuando su formación ha sido pensada en clave de otros aspectos?, ¿qué ha de pasar con su formación si las necesidades del

contexto educativo –movilizadas por iniciativas como STEM- tienden a la vinculación de la biología al marco de las ciencias naturales?

Es así, que se hace pertinente indagar por las condiciones de posibilidad de la perspectiva STEM entendidas como las múltiples relaciones que permiten la constitución de un acontecimiento en particular, sumado a las prácticas que promueve, los modos de funcionamiento que la caracterizan y las posibilidades que despliega, pues, al ser una iniciativa que ha tomado importancia en los últimos años, tanto en los documentos marcos de política educativa, en la literatura especializada, en los medios de comunicación, en los debates sobre educación y formación, así como en los diversos foros económicos y sociales (López, Couso & Simarro, 2020) de cada país, incluido el contexto educativo colombiano encuentra asidero su problematización.

Para ello, se tendrán como referentes las relaciones de fuerza entre el saber, el poder y los sujetos rastreadas a partir del archivo el cual da cuenta de las huellas y rastros de los vestigios de aquello que circula, que acontece, pero también de las rupturas, las emergencias, los encuentros y desplazamientos a partir de los que se configuran unas prácticas y discursos singulares, conduciendo a formular el interrogante que orientara el desarrollo del presente ejercicio investigativo:

¿Cuáles son las condiciones de posibilidad asociadas a la constitución de la perspectiva STEM y sus relaciones con la enseñanza de la biología?

1.2.1. OBJETIVOS

De modo que para intentar dar respuesta al anterior interrogante se plantean como objetivos:

1.2.1.1. OBJETIVO GENERAL

Visibilizar las condiciones que posibilitaron la emergencia de la perspectiva STEM, y sus posibles relaciones con la enseñanza de la biología.

1.2.1.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Evidenciar los saberes que circulan en torno a la perspectiva STEM desde sus modos de funcionamiento.

Problematizar las condiciones que posibilitaron la constitución de la perspectiva STEM.

Develar los modos de ser sujeto asociados a la perspectiva STEM, desde la mirada del maestro en biología.

1.2.2. ¿INQUIETARSE POR LAS CONDICIONES DE POSIBILIDAD DE LA PERSPECTIVA STEM EN EL MARCO DE UN PROGRAMA DE LICENCIATURA EN BIOLOGÍA?

Teniendo en cuenta que la reflexión es uno de los ejercicios conscientes más importantes que realiza el maestro, al ser una práctica constante que revela al sujeto, lo exhibe y lo confronta, situándolo como un intelectual que está en la capacidad de hacer una lectura sobre su quehacer como su contexto, en donde, entretiene y destiende prácticas en las que la enseñanza más allá de reducirse a un acto mecánico que traslada contenidos es asumida como un espacio de creación, tomando distancia de esta manera, de la noción que le concibe como un subordinado que reproduce, mantiene y obedece discursos.

Así las cosas, la reflexión se constituye en un eje fundamental de todo proceso educativo Dewey (1967) en tanto permite pensar de manera consciente una situación particular con el ánimo de construir otras comprensiones y acciones en torno a la misma, sin embargo, el maestro no solo reflexiona sobre su práctica, sino que también lo hace en torno a su objeto de conocimiento y campo de acción, de allí, que ante las tendencias, perspectivas, enfoques, estrategias y puestas en funcionamiento de programas que tienen como objeto la educación -las cuales en distintas ocasiones son pensadas, estructuradas, diseñadas e implementadas por sujetos que no poseen una formación en términos pedagógicos, lo que, puede resultar tensionante, no por el carácter de su formación, sino por las implicaciones de aquello que ha sido pensado para el campo educativo-, el maestro está en la capacidad de tomar postura, repensar lo pensado, reconstruir lo construido y cuestionar lo ya dicho como en este caso lo relacionado con la perspectiva STEM.

Por ello, y teniendo en cuenta los múltiples escenarios por los cuales transita el maestro la apuesta por la indagación de las condiciones de posibilidad de la perspectiva STEM emana del trasegar por la práctica pedagógica de la autora en donde comienzan a entretenerse ciertos acontecimientos que contribuyeron a dar forma a este ejercicio de pensamiento, no obstante, el tejido que aquí tiene lugar no intenta reproducir un lenguaje justificativo que conduzca a la aceptación de la iniciativa se trata más bien de interrogar su constitución.

En efecto, la investigación se convierte en el espacio de encuentro entre la reflexión y la acción lo que da apertura a múltiples posibilidades de creación en tanto suscita inquietud por aquello que no es del todo sabido, que no se ha dicho o que tal vez se ha presentado siempre de la misma manera, configurando así, otras posibilidades de relación consigo mismo, con los demás y con lo demás, transformando los modos de ser y habitar comunes. Como consecuencia, asumir la investigación desde la mirada de la historia que acá

se propone ofrece la posibilidad al maestro de pensarse a sí mismo, cuestionando aquello que a modo de verdad se presenta, se legitima y que en el futuro puede llegar a reproducirse si antes no es interrogado, cuestionado y problematizado.

En vía de lo anterior y de acuerdo con la línea de investigación en la que se circunscribe el presente ejercicio de pensamiento, *Trayectos y aconteceres: estudios del ser y el quehacer del maestro desde la pedagogía*, en donde, la investigación es asumida como una práctica fundamental en la configuración de maestros la cual opta por la perspectiva histórica y la mirada arqueológica-genealógica como forma de aproximación a la misma a través de las formas de saber, las fuerzas de poder y la subjetivación, el presente entramado de relaciones en torno a la perspectiva STEM se constituye en una posibilidad para contribuir al campo de conocimiento que la misma ha venido construyendo en torno al maestro de biología.

Por ello, indagar por las condiciones de posibilidad de la perspectiva STEM resulta fundamental al ser un conjunto de relaciones que se entrecruzan de una forma determinada, lo cual, permite que ciertas prácticas se instalen y funcionen legitimando unos modos de ser, pensar y actuar específicos; de manera, que la problematización a través de la mirada arqueo-genealógica posibilita comprender las múltiples relaciones que constituyen los acontecimientos, dado que, estos no son sólo hechos sino redes de relaciones que se convierten en condiciones de emergencia de otras.

Así mismo, el presente ejercicio investigativo se configura como un aporte para la Universidad Pedagógica Nacional en tanto y de acuerdo con el rastreo realizado a la fecha son casi inexistentes las experiencias relacionadas con la perspectiva STEM, lo que, también es una preocupación al ser una iniciativa con tan alta aceptación en el ámbito educativo puesto que ¿cuáles son las construcciones que desde la formadora de formadores se realizan al respecto?, ¿cuáles son las problematizaciones que la misma realiza en torno a la iniciativa?, ¿cuál es el aporte que la Universidad realiza a dicho campo?; inquietarse por las condiciones de posibilidad de la perspectiva STEM supone además un primer momento para que en el futuro se continúen dando discusiones al respecto ampliando de forma progresiva el campo de conocimiento de los maestros en formación más aún desde el programa de biología ante cuestiones como las que la iniciativa promueve y que atañen a la biología así no sea incluida de forma explícita en la misma.

Finalmente para la autora es fundamental indagar por las condiciones que posibilitaron la emergencia de la perspectiva STEM pues considera que su labor implica la apropiación de su campo de estudio, más aún si se tratan de perspectivas en educación, que deben ser reflexionados, cuestionadas y problematizadas antes

de ser apropiadas en clave del escenario escolar, en razón de lo anterior, concibe el presente trabajo como un aporte a la configuración del campo de conocimiento particular de la perspectiva STEM.

1.3. NODOS: DE AQUELLO QUE CIRCULA EN TORNO A LA PERSPECTIVA STEM

Teniendo en cuenta que el interés del presente ejercicio investigativo se relaciona con visibilizar las condiciones de posibilidad de la perspectiva STEM y sus posibles relaciones con la enseñanza de la biología, a continuación, se presentan algunas apuestas investigativas que dan cuenta de aquello que circula en torno a la misma y que amplían la mirada respecto a las tendencias investigativas tanto en el ámbito internacional, nacional, regional como local, las cuales, suponen un aporte para el desarrollo del presente ejercicio, de acuerdo a lo anterior el siguiente apartado tiene en cuenta tres aspectos: *La noción de ciencia y tecnología que promueve la perspectiva STEM*, *La perspectiva STEM en la formación básica y media*, y *El lugar del maestro a propósito de la perspectiva STEM*.

1.3.1. LA NOCIÓN DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA QUE PROMUEVE LA PERSPECTIVA STEM

Recordando que el interés del presente ejercicio investigativo se encuentra vinculado con las condiciones de posibilidad de la perspectiva STEM y sus posibles relaciones con la enseñanza de la biología, se hace pertinente indagar por los elementos que circulan a propósito de la ciencia y la tecnología a propósito de la iniciativa.

De acuerdo a ello, el artículo investigativo titulado **“Ciencia-Tecnología-Sociedad vs. STEM: ¿evolución, revolución o disyunción?”** de Perales, F. & García, D. (2020), de la Facultad de Ciencias de la Educación, de la Universidad de Granada, España. Que tuvo como objetivo dilucidar las posibles relaciones entre el movimiento educativo Ciencia, Tecnología y Sociedad (CTS) y Ciencia, Tecnología, Ingeniería y Matemáticas (STEM) al ser considerados como movimientos fundamentales en la didáctica de las ciencias experimentales. Para ello se realiza un ejercicio de revisión documental que tiene como objeto la concreción de sus orígenes, objetivos, características, líneas de trabajo y propuestas didácticas en cada uno de ellos.

Frente a las nociones de ciencia y tecnología que allí circulan es posible mencionar que el enfoque CTS busca explorar y comprender, por un lado, las formas en que dichas disciplinas inciden en la cultura, los valores y las instituciones modernas y, por otro, cómo los valores y la cultura influyen en las mismas (Perales & García, 2020), no obstante, el papel de la tecnología es más subsidiario que en el caso de la iniciativa STEM, donde adquiere un protagonismo mayor.

Como resultado se plantea que existe un vínculo entre ambas miradas, posible de definir como una evolución pero con escasos elementos de novedad, en tanto, el origen de la perspectiva STEM posee unas connotaciones políticas y económicas mucho más evidentes que las del enfoque CTS, en donde, este enfatiza en los vínculos de la Ciencia y la Tecnología con la Sociedad, mientras que la iniciativa STEM lo hace sobre las relaciones entre las disciplinas integradas en la misma, a sí mismo, se reitera que esta última opta por el desarrollo de competencias desde una perspectiva integradora con claros fines políticos, mientras que la tendencia CTS lo hace a través del desarrollo de valores morales, éticos y culturales que sean críticos con los avances tecno-científicos.

Ahora bien, en cuanto a los elementos que aporta el anterior trabajo investigativo a la construcción del presente ejercicio se encuentran los modos de relación posibles entre el enfoque CTS y la perspectiva STEM, en donde, se identifican operando nociones políticas, económicas y humanísticas que dan lugar a la oscilación entre los mismos. Así mismo, es posible identificar a lo largo del desarrollo del mismo que existe una tendencia por relacionar la educación a través del enfoque CTS con la adquisición de destrezas a fin de juzgar problemas sociales en los que intervienen la ciencia y la tecnología a diferencia de la perspectiva STEM que genera un proceso dirigido a la transferencia del conocimiento científico, tecnológico, ingeniero y matemático, lo cual, suscita una serie de inquietudes por las prácticas que caracterizan a cada uno de los dos movimientos y sus implicaciones en el ámbito educativo.

Por otro lado, se encuentra el artículo investigativo titulado ***“Una aproximación a la Educación STEAM. Prácticas educativas en la encrucijada arte, ciencia y tecnología”*** de Cilleruelo, L. & Zubiaga, A. (2014) desarrollado en el marco del proyecto de investigación Transformando la educación a través del Arte y los Media; Prácticas Transdisciplinares, de la Universidad del País Vasco, el cual, tuvo como objeto revisar las oportunidades de las artes como elemento vehicular en la construcción de un currículo transdisciplinar en el marco de la perspectiva STEM.

Para ello, la metodología empleada versa en torno a tres ejes que se interrelacionan, en donde, en un primer momento se propone una cartografía y mapa de conexiones de las instituciones que trabajan en el ámbito de las prácticas transdisciplinares; posteriormente se realiza un trabajo de campo que tiene como objeto establecer contacto con científicos con el ánimo de conocer lo que se espera de las artes desde ese ámbito; finalmente se construye un hilo argumental, a modo de propuestas teórico-práctica con el propósito de que sea implementada en el contexto docente y de investigación, en donde se vinculen las artes con el marco de las disciplinas científicas.

En cuanto a los resultados, se plantea que la investigación científica mediada por las artes empodera la imaginación prestando especial atención al proceso de experimentación, cuyo principal motor es el deseo e interés de quien lo realiza, de forma, que la resolución de problemas relacionados con la ciencia y la tecnología ofrecen la posibilidad de desarrollar apuestas interdisciplinarias en las que existe un lugar para el arte, al cual se suma el concepto de diseño entendido como “la capacidad de representar y desarrollar tareas y procesos de trabajo para resultados deseados” (Cilleruelo & Zubiaga, 2014, p.5) que tiene por excelencia un componente creativo que puede relacionarse con las artes.

A modo de conclusión se plantea que la educación STEAM permite una aproximación al proceso de enseñanza-aprendizaje desde un proceso activo impulsado por un juego experimental que promueve la ruptura de barreras entre disciplinas e incluye múltiples posibilidades en la encrucijada arte, ciencia y tecnología (Cilleruelo & Zubiaga, 2014, p.5), al ser un acercamiento que contribuye a pensar en el espacio de legitimidad de las prácticas artísticas en clave de lo científico y tecnológico desde el punto de vista de una sociedad del conocimiento hipertecnificada.

Ahora bien, dicha experiencia aporta elementos que amplían la mirada en torno a las formas de apropiación de la perspectiva en términos de lo artístico y las posibilidades de abordaje desde lo transdisciplinar que allí se presentan, pero también permite preguntarse qué otras formas de comprensión en torno al arte tienen lugar en clave de la ciencia y la tecnología más allá de su instrumentalización.

1.3.2. LA PERSPECTIVA STEM EN LA FORMACIÓN INICIAL, BÁSICA Y MEDIA

Si bien, la perspectiva STEM ofrece un abanico de posibilidades en el ámbito educativo alrededor de la misma se han venido consolidando una multiplicidad de prácticas, que a su vez, influyen en la diversidad de formas de comprensión respecto a la misma, es por esto necesario detener la mirada en algunas de las experiencias que tienen como fundamento la iniciativa, en los niveles de formación inicial, básica y media, con el ánimo de dilucidar los tejidos que paulatinamente se han ido entretejiendo y que han venido dando lugar a su existencia.

De acuerdo con esto, el artículo investigativo de Bogdan, R. & Greca, I. (2016) titulado “**Modelo interdisciplinar de educación STEM para la etapa de Educación Primaria**” de la Universidad de Burgos, España, propone un modelo didáctico a ser implementado en el currículo tradicional de básica primaria, ante la necesidad de hacer un mayor énfasis en la educación científica desde los niveles iniciales de educación, con el fin mejorar las actitudes hacia la ciencia por parte de los estudiantes antes del inicio de la secundaria,

pues, con el paso del tiempo es más evidente el incremento del número de estudiantes que finalizan la etapa de educación media sin los niveles mínimos de cualificación en ciencia, así como, el considerable descenso de aspirantes a carreras profesionales relacionadas con las ciencias, configurándose de esta manera, como una oportunidad para acercar a los estudiantes de niveles elementales con los contenidos propios de la perspectiva STEM.

Para ello, emplean la metodología de indagación acoplada como una forma de viabilizar la perspectiva STEM, entendida como “una estrategia que procura facilitar la construcción del aprendizaje a partir de la interacción del alumnado con los objetos del medio ambiente que le estimulan, y fomentan el desarrollo de pensamientos de orden superior y la resolución de problemas”, puesto que y de acuerdo con dicha investigación el aprendizaje de las disciplinas que integran la perspectiva STEM implica el desarrollo de actividades de enseñanza y aprendizaje que incluyan el análisis de cuestiones científicas a través del uso y del desarrollo de habilidades, de explicaciones, de modelos usando evidencias, de discusiones entre otros.

Dicho esto, el modelo interdisciplinar diseñado cuenta con cinco fases en las que se intenta abordar cada disciplina STEM, así, inicialmente el maestro *invita a la indagación* a través de un problema de ingeniería que sirve como contexto para dar paso a la enseñanza de los contenidos tanto de las ciencias como de las matemáticas “a continuación, se lleva a cabo una *indagación guiada* en la que los alumnos emplean instrumentos y dispositivos (tecnología) para diseñar y realizar experimentos (ciencia), y registran e interpretan datos (matemáticas) siguiendo unas pautas marcadas por el maestro” (Bogdan & Greca, 2016, p.3)

Con el propósito de movilizar en los estudiantes el interés por la formulación de cuestionamientos la siguiente “fase consiste en una *indagación abierta* en la que los estudiantes deben discutir los resultados obtenidos en la indagación guiada y proponer nuevas preguntas investigables necesarias para la resolución del problema inicial (incluyendo el planteamiento de hipótesis, diseño del plan de experimentación, y la forma de registrar los datos)” permitiéndoles de esta manera explorar de forma didáctica los contenidos específicos para así relacionar sus experiencias con los conceptos abstractos, dando paso a la *resolución del problema inicial*. Por último, el maestro propone una posible aplicación tecnológica del descubrimiento, siendo ésta la *evaluación* del trabajo realizado.

En cuanto a los resultados es posible mencionar que en la medida en la que se desarrolla y los estudiantes participan del programa interdisciplinar, las actitudes de los mismos parecen ser más positivas disminuyendo

así el rechazo por las ciencias naturales; a modo de conclusión entender la forma en la que las diferentes disciplinas STEM convergen en la resolución de problemas reales contribuye a que los estudiantes modifiquen su concepción y actitud hacia las áreas que integran la perspectiva.

De modo que, la anterior experiencia investigativa ofrece un panorama en clave de la relación entre la educación primaria y la iniciativa STEM, en concreto desde una apuesta interdisciplinar por la enseñanza, en donde, inicialmente se hace hincapié en la importancia de abordar dicha perspectiva desde la formación inicial debido al impacto que tiene la formación sobre las futuras elecciones de los estudiantes en el ámbito profesional, pudiendo de esta manera influir en la decisión de los futuros profesionales por elegir un área asociada con las carreras STEM.

Otro de los elementos a tener presente está relacionado con el lugar asignado a cada una de las asignaturas que conforman la perspectiva STEM, pues si bien, a lo largo de la propuesta se intentan integrar las disciplinas, a cada una se le otorga unas características que se encuentran asociadas con la naturaleza de su conocimiento, es por esto, que las ciencias y las matemáticas adquieren un matiz explicativo, mientras que la ingeniería se convierte en el lugar de encuentro de las dos anteriores disciplinas a través de la formulación de un problema de ingeniería, dejando a la tecnología encargada de posibilitar la solución a los problemas propuestos.

Otra experiencia relacionada con la implementación de la perspectiva STEM en primaria, que vincula además el arte, es la del trabajo de grado de Rodríguez, M. (2018), de la licenciatura en Educación Básica con énfasis en Educación Artística titulado ***“Proyecto Octopus propuesta pedagógica fundamentada en la metodología STEAM para fortalecer el aprendizaje Rizomático de los estudiantes de básica primaria”*** de la Corporación Universitaria Minuto de Dios, Bogotá; en donde se pretende fortalecer el conocimiento de los estudiantes de básica primaria a través del aprendizaje rizomático teniendo en cuenta el contexto educativo en el que se encuentran inmersos a través de “la metodología STEAM”; por tal razón, se propone como objetivo “Diseñar una propuesta pedagógica fundamentada en la metodología STEAM para fortalecer el aprendizaje rizomático en los estudiantes de básica primaria”.

Es por esto que dicha investigación se desarrolla en el marco del paradigma crítico social, bajo un enfoque cualitativo, en donde, en un primer momento se realiza un proceso de indagación y recolección de datos respecto a los espacios académicos en los que la educación artística fuese el medio para la enseñanza de

otros saberes apoyados en la metodología STEAM y el pensamiento rizomático, contrastando variables sobre la información obtenida para el análisis de resultados, todo esto sobre el enfoque praxeológico.

Respecto a los resultados, es posible mencionar que la comprensión de los contenidos trabajados se fue fortalecido paulatinamente, siendo significativo un avance en los estudiantes luego de la aplicación del proyecto Octopus, además, el grupo reflejo un excepcional grado de creatividad y originalidad en el desarrollo de la propuesta, en cuanto a la implementación de perspectiva STEAM Rodríguez (2018) afirma que “el éxito o fracaso de cada estrategia de enseñanza está determinado por la cantidad de estudiantes que fortalecieron o aprehendieron el ítem estudiado reflejándose este en el alcance del logro evaluado en la prueba de salida” (p.79) continuando:

Se puede afirmar que la enseñanza interdisciplinar requiere que el docente esté en una contextualización permanente y profunda frente a los temas de estudio a enseñar, pues dichos temas deben ser enlazados de tal forma que permita un correcto desarrollo (del proceso de) enseñanza/aprendizaje (...). Al mismo tiempo STEAM permite que los estudiantes aprendan múltiples saberes desde un solo punto de partida, haciendo para ellos que el aprendizaje sea más claro dadas las conexiones que se realizan desde un mismo tema (Rodríguez, 2018, p.81)

A modo de conclusión se afirma que “la propuesta pedagógica propició el pensamiento rizomático en los estudiantes a partir del uso de diferentes estrategias, elementos y herramientas propias de la educación artística” (Rodríguez, 2018, p.12) a la vez que se vinculan distintos saberes en la creación de la unidad didáctica interdisciplinar fundamentada en la metodología STEAM, en donde se fortalece el aprendizaje rizomático de los estudiantes de básica primaria, demostrando así que, con el desarrollo de dichas unidades los estudiantes pueden alcanzar múltiples propósitos a partir del desarrollo de una temática central.

Uno de los elementos a resaltar dentro del despliegue de la anterior propuesta está relacionado con la noción de metodología que se presenta al respecto de la perspectiva STEM, puesto que como más adelante se abordará existe toda una discusión en torno a esta nominación para la mirada STEM, adicional a ello, es importante tener presente los parámetros de evaluación del proceso que plantea el ejercicio investigativo pues establece una relación directa entre la cantidad de estudiantes que aprenden con la pertinencia de la metodología empleada. Así mismo, resalta la pertinencia de la metodología STEAM en el ámbito de la educación primaria como una posibilidad para desarrollar aprendizajes de forma integral.

Así mismo, se encuentra el trabajo de grado de la licenciatura en Educación Básica con énfasis en Educación Física realizado por Hernández, J. & Calderón, J. (2019) titulado **“Aportes de la competencia motriz para el trabajo cooperativo, el análisis y resolución de problemas STEM, en estudiantes de grados quinto**

de primaria” de la Universidad de Cundinamarca, sede Fusagasugá; en donde se da cuenta de los aportes de la competencia motriz de la educación física hacia lo que denominan como “una nueva metodología educativa multidisciplinar basada en el trabajo cooperativo, el análisis y la resolución de problemas, este nuevo método es la llamada educación STEM (...), la que refiere a la agrupación de cuatro grandes áreas que potencian el conocimiento en la modernidad, la matemática, la ciencia, la ingeniería y la tecnología” (p. 3), ubicando así, la competencia motriz como un eje articulador entre las habilidades cognitivas y motrices de quienes se forman en las áreas STEM.

Debido a esto se proponen como objetivo “construir aprendizajes que aporten al trabajo cooperativo, el análisis y resolución de problemas STEM, mediante la competencia motriz, en los estudiantes de grados quinto de la sede general Francisco de Paula Santander de Fusagasugá” (Hernández & Calderón, 2019, p.22); así, se estableció como metodología “un proyecto escolar multidisciplinar desde las clases de educación física a 60 estudiantes (...), donde se aplicó un cuestionario teórico-práctico y una entrevista como instrumentos de recolección de información” (Hernández & Calderón, 2019, p.3), además, para estudiar los comportamientos y resultados obtenidos, se implementó un estudio cualitativo de tipo hermenéutico, con un enfoque fenomenográfico.

Dentro de los hallazgos más importantes se encuentra entonces que la puesta en escena de las habilidades motrices con la educación STEM en conjunto, genera en los estudiantes una gran capacidad de aprehensión del conocimiento, pues fomenta el trabajo cooperativo y el gusto por las actividades cognitivas mediante la actividad física, contribuyendo a la construcción de saberes multidisciplinarios para resolver y analizar problemáticas mediante la motivación, así mismo brindó herramientas desde las expresiones motrices hacia el conocimiento científico y tecnológico.

En cuanto a las conclusiones más relevantes se destaca “la motivación y el fomento del trabajo cooperativo como los aportes principales de la competencia motriz, así como la apropiación de aprendizajes y métodos multidisciplinarios asociados a las áreas STEM” (Hernández & Calderón, 2019, p.65), poniendo en evidencia la importancia de la innovación educativa a partir de una disciplina como la educación física y el conocimiento de los estándares básicos de competencia y los derechos básicos de aprendizajes trabajados en conjunto.

La anterior experiencia sin duda alguna amplía la mirada respecto a las posibilidades de trabajo de la perspectiva STEM, pues si bien es mayormente aceptado el abordaje de la misma a partir de las cuatro áreas que la constituyen, el ejercicio investigativo presentado por Hernández & Calderón, da cuenta de otros

elementos que se despliegan alrededor de dicha perspectiva, los cuales, en este caso se asocian con la educación física.

Continuando con la educación primaria, se encuentra el artículo investigativo de Arabit, J. & Prendes, M. (2020) de la Universidad de Murcia titulado **“Metodologías y Tecnologías para enseñar STEM en Educación Primaria: análisis de necesidades”** el cual tiene como propósito conocer las perspectivas y necesidades del profesorado como del alumnado ante la formación en áreas STEM, debido al informe de los resultados obtenidos en evaluaciones internacionales como el de la OCDE y la UE en donde se releva que las puntuaciones obtenidas por los estudiantes españoles en las áreas de STEM en Educación Primaria se encuentran por debajo de la media.

En la investigación se utilizó una metodología mixta bajo el estudio de tipo exploratorio-descriptivo, mediante la aplicación de cuestionarios a maestros, estudiantes y familias, así como la realización de entrevistas a los directores de las instituciones, haciendo uso de la encuesta como principal instrumento, con el ánimo de realizar un análisis de las necesidades que permitiera conocer la perspectiva de los agentes educativos relacionados con el proceso de enseñanza-aprendizaje de las áreas STEM en primaria.

Las preguntas de los instrumentos de evaluación se distribuyeron en seis bloques, establecidos en relación con las dimensiones de la investigación, que además de los datos sociodemográficos, tuvo en cuenta: importancia de las STEM; las STEM en el centro educativo (metodología, recursos, espacios, etc.); formación del profesorado respecto a las STEM; estudiantes y STEM (nivel de motivación, esfuerzo, participación, etc.); y evaluación general y aspectos a mejorar. La muestra participante estuvo conformada por 67 maestros y 141 alumnos de siete colegios públicos de la región de Murcia elegidos por conveniencia en el municipio según criterios de homogeneidad.

En cuanto a los resultados obtenidos se encuentra que los maestros reconocen las posibilidades que ofrecen las áreas STEM para implementar experiencias innovadoras, motivar a los alumnos y emplear nuevas tecnologías, sin embargo, la mayoría indica que no se considera suficientemente formado para orientar de forma adecuada dichas áreas, en este sentido, muchos de los docentes señalan que les gustaría tener una formación específica para hacer que las asignaturas STEM sean más prácticas. Concluyendo así que para mejorar la enseñanza de las áreas STEM es necesario brindar los recursos, habilitar los espacios adecuados y sobre todo mejorar la formación de los maestros como elemento clave del cambio educativo.

La anterior experiencia investigativa aporta elementos claves para complejizar la mirada respecto a la perspectiva STEM y conduce a formular la pregunta por la existencia de las condiciones para implementar dicha iniciativa en un país como Colombia, puesto que la apuesta educativa que ofrece la misma requiere como mínimo de la preparación de maestros en la enseñanza de las áreas STEM así como de la apropiación y problematización del marco epistemológico, pedagógico e incluso didáctico que se ha venido construyendo alrededor de la misma, de manera que la formación de maestros se convierte en un elemento clave dentro del éxito de la implementación de la perspectiva.

En cuanto al desarrollo de propuestas a nivel de básica secundaria, se encuentra el trabajo de grado de Avendaño, A. (2014) de la Maestría en Educación titulado **“Módulo STEM dirigido a estudiantes de básica secundaria”** de la Universidad de los Andes, Bogotá; el cual tuvo como propósito brindar a estudiantes y maestros de dicho nivel una propuesta tecnológica que permitiera una mayor comprensión de los temas relacionados con las matemáticas y las ciencias, utilizando conceptos de la ingeniería, para así aumentar el interés de los estudiantes desde etapas tempranas por las áreas STEM, junto con el ánimo de mejorar “calidad en la educación en pro de desarrollar competencias y con esto obtener mejores resultados en el área de matemáticas en pruebas nacionales e internacionales” (Avendaño, 2014, p.8).

La metodología empleada fue de carácter exploratorio con un enfoque cualitativo, de manera que para el desarrollo del módulo STEM se tuvo en cuenta tres nociones, la Educación en Colombia, las Pruebas Nacionales e Internacionales en Educación, y la enseñanza de matemáticas en los grados sexto a noveno. En cuanto a los resultados la propuesta de enseñanza diseñada a modo de módulo se basa en una secuencia de guías para maestros como para estudiantes, en donde se incluyen temáticas relacionadas con las áreas de matemáticas, física e ingeniería, y tienen como referencia los logros estipulados por el Ministerio de Educación; aplicable a las instituciones educativas del país con el propósito de impulsar el interés de los alumnos, además, dicho programa posee tres características claves: posee un alto grado de interactividad, es una propuesta sencilla y su implementación es de bajo costo.

En este sentido y con el ánimo de viabilizar la anterior propuesta se recurre al kit educativo LEGO Mindstorms considerado como una herramienta para diseñar experimentos utilizando la tecnología, a la vez que posee varias líneas enfocadas a la educación que varían con la edad, por lo que no requiere de adaptaciones para incluirlo en las aulas de clase; otro de los factores a tener en cuenta al momento de hacer la elección fueron “la posibilidad de abordar no sólo matemáticas sino también las otras áreas de STEM como física (como

parte de las ciencias), ingeniería y tecnología” así como la versatilidad en cuanto al ensamblaje y programación.

De modo que la anterior experiencia ofrece elementos importantes al momento de pensar la implementación de la perspectiva STEM en el aula, en especial, para el caso de la básica secundaria a través del uso de una herramienta puntual, el kit de LEGO, a la vez que presenta una propuesta centrada en la preocupación por mejorar los resultados particularmente en el área de matemáticas, lo cual suscita la pregunta por el lugar de las demás disciplinas.

Por otro lado, se encuentra el trabajo de grado de Laverde, J. (2016) de la Maestría en Educación titulado **“Diseño de un módulo didáctico con el enfoque STEM para la enseñanza/aprendizaje de los gases en la educación media”** de la Universidad de los Andes, Bogotá; el cual tuvo como objetivo principal diseñar un módulo bajo el enfoque STEM para la enseñanza de los gases a partir de un contexto cotidiano como lo es la práctica del buceo, en donde se incluyeron actividades para aplicar en el aula que recopilaban los conocimientos fundamentales de las áreas STEM para dar solución a una situación problema de carácter interdisciplinar, de manera que, a medida que el estudiante resuelve las unidades propuestas, va desarrollando herramientas que le permiten dar solución a la situación problema aplicando áreas como matemáticas, química, biología, tecnología e ingeniería para sustentar así sus propuestas. En este sentido el interés de abordar dicho enfoque en la educación media está relacionado con:

La necesidad de incluir un enfoque STEM en la enseñanza desde la media académica escolar nace de motivar a los estudiantes que en edad productiva puedan considerar la elección de una carrera profesional que se relacione con el progreso de una sociedad en términos tecnológicos y científicos. Así mismo, busca brindar las herramientas de aprendizaje multidisciplinar y motivación de estudios hacia las áreas dedicadas a la ciencia a todos los ciudadanos (Laverde, 2016, p.5).

Para ello se empleó la metodología de investigación basada en la ingeniería didáctica, la cual es ampliamente usada en la didáctica de las matemáticas, pero en la didáctica de las ciencias naturales, explícitamente en la química no ha sido implementada, dicha metodología fue “propuesta por Michèle Artigue (1998) en donde se hace una breve analogía con la profesión del ingeniero, en la cual se evidencian situaciones donde puede intervenir y modificar conocimientos científicos y diseñar actividades pertinentes para esa modificación” (Laverde, 2016, p.24).

En cuanto a los resultados el módulo incluye diversas actividades de aprendizaje “distribuidas en 3 unidades que están diseñadas teniendo en cuenta un desarrollo histórico de los conceptos abordados y algunas

concepciones de los estudiantes con respecto al comportamiento de los gases, sus expresiones matemáticas y sus usos en la actualidad a partir del contexto del buceo” (Laverde, 2016, p, 29)., en donde se abordaron temas como: proporcionalidad, propiedades y comportamiento de los gases, implicaciones en la salud del comportamiento de los gases y funcionamiento de dispositivos para buceo en la actualidad, de manera que, a partir de la temática del buceo fue posible dar explicación a la situación problema presentada al inicio del módulo utilizando los conceptos de las áreas STEM, pues en el buceo se trabajan componentes físicos y químicos que permiten partir de la explicación del fenómeno usar las leyes de los gases y explicar sus comportamientos a nivel sistémico.

A modo de conclusión la autora afirma que la enseñanza de ciencias y matemáticas del siglo XXI puede basarse en la transformación de las clásicas experiencias de física, química y biología en nuevas experiencias con problemáticas reales por medio de metodologías claras que involucren activamente al estudiante y su aprendizaje autónomo, en este sentido, el enfoque STEM propone la inclusión de estas actividades cotidianas en la enseñanza de temáticas de tal manera que puedan llegar a generar un interés particular en los estudiantes. Adicional a ello, fue posible el diseño y evaluación del módulo a partir de la reconstrucción histórica epistemológica desde las ciencias, la ingeniería y las matemáticas para la construcción del concepto de los gases y las variables que explican su comportamiento en diversos contextos.

La anterior experiencia brinda elementos claves para comprender la forma en la que la perspectiva STEM ha sido implementada en el aula en el caso concreto de la educación media haciendo uso de una metodología poco conocida denominada ingeniería didáctica, en donde se desarrolla un trabajo análogo al de los ingenieros, dicho esto, surgen una serie de interrogantes en torno a la configuración del saber escolar a partir de la enseñanza mediante la ingeniería pues es una disciplina que a la fecha, para el caso de Colombia, no ha sido vinculada explícitamente al currículo, de manera que y a modo de sospecha es posible que allí se despliegue toda una serie de posibilidades e imposibilidades en el ámbito de la enseñanza que paulatinamente incidirán en el ser y quehacer del maestro.

Por otro lado, y respecto a las apuestas investigativas adelantadas en la Universidad Pedagógica Nacional se encuentra el trabajo de grado de Rojas, M. & Díaz, L. (2020) de la Licenciatura en Diseño Tecnológico, titulado: ***“Elementos a considerar para el diseño de un club de ciencia y tecnología como estrategia de proyección social desde el Departamento de Tecnología de la Universidad Pedagógica Nacional”***,

el cual propone la consolidación de un Club de Ciencia y Tecnología empleando el enfoque STEM y la cultura Maker, como un escenario de proyección social para la participación de estudiantes y egresados en donde se desarrollen proyectos en las áreas de tecnología e informática, constituyéndose además, como un espacio alternativo de práctica pedagógica para los docentes en formación.

En cuanto a la metodología emplean un enfoque cualitativo de tipo descriptivo, pues su objetivo general consiste en “Identificar los elementos necesarios para el diseño de un Club de Ciencia y Tecnología como estrategia de proyección social para el DTE de la UPN” (Rojas & Díaz, 2020, p.15), para ello, realizan un ejercicio de indagación documental y de acercamiento a los expertos en los temas relacionados con la educación STEM, la cultura Maker y los clubes de ciencia y tecnología, a través del uso de entrevistas comparadas, como resultado de este proceso investigativo, se configura una estructura que contempla el desarrollo de una serie de actividades con un enfoque interdisciplinario a partir de la perspectiva STEM teniendo en cuenta corrientes pedagógicas como el construccionismo y el conectivismo, junto con el establecimiento de un grupo administrativo jerárquico.

Así que, a partir de este trabajo investigativo se asume la perspectiva STEM desde el lugar de la educación como un enfoque interdisciplinario del aprendizaje que supera las barreras entre las cuatro disciplinas (Ciencias, Tecnología, Ingeniería, Matemáticas) que constituyen dicha perspectiva, integrando además, las áreas restantes del currículo, las cuales, conecta con problemáticas propias del contexto, a la vez que buscan el desarrollo de habilidades científicas comunicativas, de pensamiento crítico, resolución de problemas, trabajo colaborativo entre otras.

Dicha propuesta investigativa aporta elementos claves respecto a una de las múltiples formas de asumir la perspectiva STEM, relacionadas con la noción educativa de la misma, al ubicarse desde el lugar del Educación STEM, en donde, además se vinculan otras áreas del conocimiento que no son explícitas en los enunciados comunes alrededor de la perspectiva, a propósito del interrogante por el lugar de todas aquellas formas de conocimiento distintas a las que inicialmente promulga (Ciencia, Tecnología, Ingeniería, Matemáticas) la misma.

1.3.3. LA NOCIÓN DE MAESTRO QUE CIRCULA A PROPÓSITO DE LA PERSPECTIVA STEM

El artículo investigativo de Fuentes, M. & González, J. (2017) titulado ***“Necesidades formativas del profesorado de Secundaria para la implementación de experiencias gamificadas en STEM”***

desarrollado entre la Universitat Rovira i Virgili y la Universitat de Girona, España; plantean el asunto de la profesionalidad de los docentes como el objeto particular de la calidad educativa, pues, son abundantes los informes que se presentan por organismos internacionales y que muestran la necesidad global de mejorar la formación del profesorado, en tanto, “la enseñanza se ha convertido en una tarea compleja, difícil y problemática” (Fuentes & González, 2017, p.4), razón por la cual, resulta imprescindible que los profesionales de la educación reciban, a su vez, una formación innovadora y actualizada que repercuta directamente en la calidad de la enseñanza y, por tanto, en la mejora de los resultados del alumnado.

Por lo tanto, el objetivo del artículo consiste en justificar a partir de la revisión de la literatura cuáles son los contenidos y las destrezas, dentro de un marco general de competencia digital docente, en el que se debería formar a los docentes para que diseñen e implementen experiencias de aprendizaje gamificadas para el ámbito STEM; de manera que la metodología empleada se basa en el análisis documental operativizado de la siguiente manera: rastreo e inventario de los documentos disponibles; clasificación de los documentos identificados; selección de los documentos más pertinentes para la investigación; lectura en profundidad del contenido; lectura cruzada y comparativa de los documentos para construir una síntesis.

De acuerdo a esto y respecto a los resultados obtenidos los conocimientos fundamentales que debe adquirir un docente del ámbito STEM que pretenda introducir metodologías gamificadas de acuerdo con Fuentes & González (2017) son:

- Conocimiento del Contenido (CK): conocer en profundidad los currículos de las materias del ámbito STEM que en el sistema educativo español se corresponden con Biología y Geología, Física, Matemáticas y Tecnología y saber impartir los contenidos comunes de dichas materias de manera integrada.
- Conocimiento Pedagógico (PK): conocer y saber aplicar metodologías gamificadas que faciliten el proceso de enseñanza aprendizaje buscando la motivación del alumnado, su implicación y su interés por el conocimiento.
- Conocimiento Tecnológico (TK): ser competente digitalmente y saber usar las TIC más adecuadas para llevar a cabo la implementación en el aula de metodologías gamificadas.(p. 7)

Desde esta perspectiva y en torno a las conclusiones se menciona que la búsqueda de la mejora de la calidad educativa conlleva a plantearse nuevas formas de enseñar en las que el docente debe abandonar el tradicional rol transmisor para convertirse en un guía o facilitador del aprendizaje por lo tanto, es necesario proponer nuevos modelos pedagógicos que hagan recuperar a los estudiantes el interés por el conocimiento y, por tanto, mejorar el proceso de enseñanza aprendizaje, sobre todo en el ámbito de la ciencia y la tecnología, en donde el maestro emplee enfoques “alejados de la memorización y más orientados a fomentar

un aprendizaje significativo que facilite la adquisición de contenidos, favorezca la motivación, la curiosidad, la implicación del estudiante y evite el fracaso escolar o el abandono prematuro de los estudios” (p.15).

En virtud de lo anterior, el maestro es parte fundamental del proceso educativo, más aún, en la contemporaneidad pues debe hacer frente al reto de enseñar en el siglo XXI, en este sentido la anterior apuesta investigativa resalta la importancia de que el maestro desarrolle competencias disciplinares, pedagógicas y tecnológicas que le permitan implementar en el aula nuevas metodologías que mejoren el proceso de enseñanza-aprendizaje, en particular de áreas como las de las ciencias, las matemáticas y la tecnología, es además, frente a este panorama que tiene lugar la perspectiva STEM, entendida como una iniciativa que promueve el aprendizaje significativo por medio de la integración de los contenidos de las materias que conforman dicho ámbito.

Por otro lado, se encuentra el artículo investigativo titulado **“Qué proyectos STEM diseña y qué dificultades expresa el profesorado de secundaria sobre Aprendizaje Basado en Proyectos”** de Domènech-Casal, Lope & Mora (2019), en donde se despliega una serie de relaciones en torno al movimiento educativo STEM, el cual, busca incrementar las vocaciones científico-tecnológicas conectando distintas herramientas, perspectivas y metodologías, junto con, el aprendizaje basado en proyectos (ABP), considerado como una metodología privilegiada para dar cumplimiento a los objetivos STEM, debido a esto, el presente ejercicio investigativo tuvo como objetivo desarrollar elementos de apoyo para la formación de profesorado sobre ABP STEM.

Para ello entonces se desarrolló un proceso de formación a 82 docentes de secundaria (especialidades de Ciencias, Matemáticas, Tecnología) sobre ABP STEM, estructurada en dos módulos: presentación de buenas prácticas y diseño de propuestas con la ayuda de mentores, desarrollados durante cuatro sesiones, en donde, las dos primeras son orientadas a proyectos del área (Matemáticas, Ciencias o Tecnología), la tercera a proyectos interdisciplinarios y la última a la defensa y discusión de propuestas generadas por los participantes, luego de eso los proyectos fueron sometidos a un análisis de clúster jerárquico destinado a determinar si ciertos perfiles de componentes eran frecuentes, con el ánimo de identificar las tipologías de los proyectos.

Como resultado se analizaron 87 proyectos diseñados por los participantes en relación con distintos componentes didácticos (Contexto, Conflicto, Discurso, Contenidos, Apertura, Interdisciplinarietà), de los cuales, sólo 9 de los 87 proyectos incorporaron 3 o más materias, y 58 (un 75%) incorporaron sólo una

materia, de allí que se identificaron 4 tipos principales de proyectos: “A. Proyectos de una sola área, que emergen del mundo real. (...) Los contenidos están en el núcleo del conflicto y son esenciales (pero no suficientes) para resolverlo” (Domènech-Casal, Lope & Mora, 2019, p.7). Mientras que los proyectos categorizados como “B: Incorporan materiales del mundo real, pero el contexto y rol del alumnado no es verosímil. Los contenidos -de una sola área- no juegan un papel significativo en la resolución del conflicto (...). Los contenidos se aplican y desarrollan de manera parcial y no formalizados” (Domènech-Casal, Lope & Mora, 2019, p.7).

Así mismo, se encuentran los proyectos categorizados como “C: Proyectos Interdisciplinarios que incorporan 3 áreas STEM. El proyecto tiene sentido sólo dentro del aula y no incorpora formatos del mundo real. El conflicto puede resolverse sin los contenidos, que son reproducidos sin usar ninguna aproximación específica de áreas STEM” (Domènech-Casal, Lope & Mora, 2019, p.8). Para finalizar con los “D: Proyectos en los que participan dos disciplinas y se incorporan elementos del mundo real y los contextos y roles son reales. Los contenidos se identifican con el núcleo del conflicto y son esenciales para su resolución. Se desarrollan dinámicas epistémicas propias de las STEM para la creación y evaluación de conocimiento. Los contenidos son construidos de forma parcial y formalizados. Los alumnos no participan en la planificación, pero sí se auto-evalúan” (Domènech-Casal, Lope & Mora, 2019, p.8).

Respecto a las conclusiones Domènech-Casal, Lope & Mora (2019) afirman que “existe una discrepancia entre lo que el profesorado afirma perseguir al adoptar el ABP (aprendizaje instrumental y profundo, autonomía del alumnado...) y las características de los proyectos que acaba diseñando” (p.16), a la vez que los maestros dan mayor relevancia a las acciones formativas vinculadas con prácticas reales (como el papel de mentores, aplicar proyectos preexistentes y conocer ejemplos reales proyectos aplicados) que a otros recursos (plantillas, marcos teóricos).

Es así que a partir de la anterior experiencia investigativa queda a ojos luz las dificultades que expresan los maestros al momento de pensar en el diseño de propuestas educativas que vinculen la perspectiva STEM, cayendo incluso en algunos casos en contravía de los presupuestos planteados tanto por el ABP como por la iniciativa, pero que además pone en cuestión un elemento clave de la naturaleza de la perspectiva y es el relacionado con el carácter interdisciplinar de la misma, puesto que de los proyectos propuestos el despliegue de la interdisciplinariedad en la mayoría de los casos es opuesto al del contexto del aula, “contradiendo la visión intuitiva de que en el diseño de proyectos la interdisciplinariedad es una

consecuencia de la ubicación del proyecto en contextos más reales” (Domènech-Casal, Lope & Mora 2019, p.10). Así las cosas, es posible mencionar que existe un largo camino para llegar a implementar en el aula apuestas educativas que vinculen la perspectiva STEM con los derroteros que la misma propone, pues la formación de maestros en este campo aún es inexistente, sin embargo, necesaria de querer alcanzar éxito en la ejecución de apuestas bajo esta mirada.

En este sentido, se encuentra el artículo investigativo de García, Y., Reyes, D. & Burgos, F. (2017) titulado **“Actividades STEM en la formación inicial de profesores: nuevos enfoques didácticos para los desafíos del siglo XXI”** de la Universidad Metropolitana de Ciencias de la Educación, Chile; dicho artículo parte de la problemática relacionada con el alto porcentaje de reprobación –superior al 50% en todos los casos– en el área de física de las carreras de Pedagogía en Biología, Química y Matemáticas convirtiéndose en un aspecto crítico en la progresión académica de los estudiantes de primer año, y en un factor que afecta negativamente la retención institucional, adicional a ello, más del 80% de los estudiantes obtienen niveles insatisfactorios en las competencias de razonamiento lógico, modelamiento y argumentación.

Es por ello, que se propuso realizar una experiencia de innovación en la asignatura de Física para la carrera de Pedagogía en Biología con el propósito de mejorar los niveles en las competencias de razonamiento lógico y modelización, además de aumentar el porcentaje de aprobación general del curso. Para esto se cambió el enfoque mediante el que se desarrollaban los espacios de la asignatura a través de un programa de estudio que contempló tres unidades temáticas: i) óptica geométrica, ii) cinemática, y iii) dinámica del punto material. Respecto a los resultados es posible mencionar que hubo un incremento de las competencias evaluadas; además la reprobación efectiva fue del 40%, valor por debajo de la línea base histórica.

De esta forma, se puede concluir que existe una reducción de la tasa de reprobación, con una tendencia al alza en el nivel de competencias científicas evidenciadas en los estudiantes que participaron en la experiencia innovadora. Así mismo, es importante destacar que la participación de los maestros que se encuentran en su fase final de formación, en tanto, les permitió conocer nuevas estrategias didácticas para la enseñanza de las ciencias, que podrán ser utilizadas en su futuro ejercicio profesional.

Al respecto, es posible afirmar que la anterior experiencia en términos prácticos pone en evidencia las ventajas de emplear la perspectiva STEM, lo llamativo es su apuesta por integrar la misma a la formación de maestros quienes en fin último lideraran procesos que tengan como principio sus presupuestos, lo cual, conduce a inquietarse por las apuestas que en el caso concreto del escenario educativo colombiano se han

adelantado en términos de la apropiación de la iniciativa y la formación de maestros, pues se considera un aspecto fundamental la retroalimentación que los mismos puedan realizar a sus planteamiento en clave del contexto propio del país.

Para finalizar y teniendo en cuenta el rastreo realizado junto con los elementos anteriormente expuestos es posible afirmar que existe una ausencia de investigaciones alrededor de la perspectiva STEM desde la mirada arqueológica-genealógica más aun interesada por las condiciones de posibilidad de la misma, en su lugar, se encuentran trabajos investigativos y experiencias de la puesta en funcionamiento de la perspectiva desde una multiplicidad de enfoques, lo que paulatinamente comienza a develar aspectos de su naturaleza.

En este sentido y en clave de la pregunta por la enseñanza de la biología son casi inexistentes las apuestas que involucran la biología de forma explícita encontrándose que son muy pocas las experiencias que hacen mención a la misma, en su lugar, la noción que prevalece se interesa por las ciencias a nivel general dentro de las cuales se incluyen la química, la física y por supuesto la biología, lo anterior, permite pensar que el campo de la enseñanza de la biología desde esta perspectiva se ve desplazado constituyéndose así en un saber casi inexplorado a partir de la perspectiva STEM, de ahí la importancia por visibilizar las condiciones de existencia de la perspectiva y sus posibles relaciones con la enseñanza de la biología.

Es desde esta mirada y los distintos interrogantes alrededor de la constitución de las condiciones de posibilidad de la perspectiva STEM, que a continuación se presentan algunos de los elementos de orden metodológico que orientarán la consolidación del tejido a construir.

CAPÍTULO II

2. AGUJA E HILO: DE LA ARQUEOLOGÍA Y LA GENEALOGÍA COMO POSIBILIDADES DE ABORDAJE DE LA PERSPECTIVA STEM

Tejer una historia implica dirigir la mirada a aquellos acontecimientos que inquietan, que generan duda y sobre los que se sospecha con el ánimo de tensionarlos, problematizarlos y/o cuestionarlos, poniendo en evidencia aquello que a expensas de la “verdad” se ha mantenido a oscuras y que en este caso particular se encuentra relacionado con las condiciones de posibilidad de la perspectiva STEM y sus posibles relaciones con la enseñanza de la biología. No obstante, para comenzar a entretejer los hilos que constituyen esta historia es necesario elegir una postura que oriente cada puntada, de manera que para abordar el problema investigativo expuesto es posible tomar diversas rutas investigativas, sin embargo, la historia que a continuación se presenta constituye un tejido particular que en ningún momento tiene como pretensión establecerse como una verdad absoluta sobre la perspectiva STEM.

En este sentido, la perspectiva elegida es la arqueológica-genealógica la cual asume la historia como una multiplicidad de relaciones en constante interacción visibles a partir de la constitución de las prácticas puestas a circular en distintos archivos, que van desde libros, revistas, noticias, informes, políticas públicas, el cine, lo audiovisual, entre otros, pues, la historia está hecha de discontinuidades que dejan huellas en el presente; No obstante, la mirada elegida no se reduce a un método en donde se establece un paso a paso, pues las elecciones de tipo procedimental dependen de los intereses del investigador, que en este caso corresponden al urdidor del presente tejido, como del objeto de investigación; de manera que la historia a tejer no se basa en una reconstrucción de los hechos, tampoco desea universalizar lo sucedido, ni mucho menos pretende ser un relato lineal, por el contrario, la mirada aquí expuesta intenta reconocer las prácticas manifestadas en diversos acontecimientos con el ánimo de problematizar las condiciones de posibilidad de la perspectiva STEM.

Es por ello, necesario escudriñar en la historia aquellos elementos que han posibilitado la configuración de la perspectiva STEM, lo cual, no significa que la revisión a realizar se limite a la búsqueda de un origen, por el contrario, se establece como una posibilidad para interrogar los modos de institucionalización de las prácticas que la constituyen, es decir, “el conjunto de reglas que, para la institución, el sujeto y el discurso de un saber específico, delimitan la práctica del mismo saber en una formación social dada” (Zuluaga, 1999, p.17). En consecuencia, el interés del presente trabajo investigativo no se centra en establecer relaciones

de causa-efecto, sino, en dar cuenta del funcionamiento de las prácticas que caracterizan la iniciativa STEM y que paulatinamente se han ido convirtiendo en condiciones de posibilidad de la misma, visibilizando así el entramado de fuerzas que las atraviesan, teniendo en cuenta las condiciones de existencia del saber, los modos de funcionamiento del poder y las formas de subjetivación que legitima.

En virtud de lo anterior y de acuerdo con la elección por la mirada arqueo-genealógica, se encuentra que lo arqueológico se relaciona con el rastro que dejan las huellas presentes en el archivo, el cual, no se limita al “amontonamiento de los enunciados en toda su extensión” (Zuluaga, 1999, p.29) encargándose entonces de mostrar aquellos vestigios de lo que se ha institucionalizado, de lo que se ha hecho práctica y de lo que se ha solidificado como verdad en un momento histórico (Álvarez, 2003, p.265), a la vez, que se interesa por deslocalizar los juegos de verdad, es decir, interrogar y cuestionar aquello que se ha establecido a modo de realidad y que genera efectos en las formas de comprender un saber, en este caso concreto respecto a la perspectiva STEM.

De forma que al recurrir a la arqueología como forma de aproximación a la historia, lejos de alcanzar la objetividad, se problematiza y cuestiona lo dicho a modo de verdad, en tanto, se interesa por el rastreo de las heridas e improntas presentes en el archivo que dan cuenta de unas prácticas singulares, mientras que, lo genealógico se refiere a la búsqueda de las condiciones de posibilidad de aquellas prácticas normalizadas a través del poder ejercido por los sujetos y las instituciones que las promueven, de modo que se construye una historia genealógica “cuando se da razón de las condiciones históricas en las que las huellas se fueron institucionalizando o convirtiendo en prácticas aceptadas, reconocidas y legitimadas” (Álvarez, 2003, p.266).

Debido a esto la naturaleza del presente ejercicio de pensamiento, es más de corte genealógico que arqueológico, en tanto, se cuestiona por la configuración e institucionalización de unas prácticas particulares en torno a la perspectiva STEM, con el propósito de visibilizar los modos de relación de las mismas en la constitución de dicha iniciativa, pues la historia a modo de genealogía no ubica el presente en el pasado, por el contrario, examina las condiciones que posibilitaron su establecimiento (Noguera, 2018), en este sentido y como lo propone Foucault (1982):

Quien al contrario, quiere tratar un <<problema>>, surgido en un momento determinado, debe seguir otras reglas: elección del material en función de los datos del problema; focalización del análisis sobre los elementos susceptibles de resolverlo; establecimiento de las relaciones que permiten esta solución. Y, por tanto, indiferencia a la obligación de decirlo todo, incluso para satisfacer al jurado de los especialistas congregados (p.42).

Pues si bien, lo arqueológico “identifica las huellas, es decir la forma de existencia de unas prácticas. La genealogía identifica las condiciones que las hicieron posibles, es decir sus condiciones de existencia” (Álvarez, 2003, p.266); en concreto y teniendo en cuenta los elementos anteriormente descritos, la perspectiva arqueológica-genealógica se distancia de otras formas de investigación dado que no se preocupa por la corroboración de una hipótesis, por el contrario, cuestiona, interroga, problematiza y tensiona las prácticas instauradas a modo de verdades.

Al respecto y con el ánimo de visibilizar las condiciones de posibilidad de la perspectiva STEM se asumen como conceptos metodológicos el saber, el poder y el sujeto, debido a esto y a partir del Catálogo de posibilidades: Una historia Foucaultiana de la investigación de la verdad y la educación de Simola, Heikkinen & Silvonen (2000) se construye un triángulo de relaciones entre los conceptos metodológicos anteriormente descritos a propósito de la perspectiva STEM (Ver esquema #1), con el ánimo de orientar e identificar algunos de los elementos claves en el reconocimiento de dichas condiciones.



Figura 1. Relaciones entre el saber, el poder y los sujetos, respecto a las condiciones de posibilidad de la perspectiva STEM. Construcción propia.

De modo que el **Saber** es entendido en términos generales como el conjunto de elementos formados de manera regular por una práctica discursiva, en donde, “se pueden localizar discursos de muy diferentes niveles: desde los que apenas empiezan a tener objetos de discurso y prácticas para diferenciarse de otros discursos y especificarse, hasta aquellos que logran una sistematicidad” (Zuluaga, 1999, p.26), es por ello fundamental explorarlo para visibilizar cuáles son sus modos de funcionamiento en el marco de la perspectiva STEM. En este sentido, la producción de un saber se configura a partir del ejercicio de poder propio y de las relaciones de fuerza que se ejercen en un momento histórico determinado, de modo que, “al analizar la práctica de un saber este se asume como condición de (...) posibilidad de conocimientos, de instituciones y de prácticas” (Zuluaga, 1999, p.26), es por ello, que el saber se hace visible en términos de las fuerzas de poder que lo atraviesan dando cuenta del funcionamiento de las relaciones que se establecen entre los conceptos, los sujetos y las instituciones que lo constituyen, pues se configuran como las formas de manifestación de aquello que circula.

Lo anterior, moviliza toda una serie de relaciones en torno a unas formas de conocimiento particular, puesto que el saber no es estático, por el contrario, se encuentra en constante movimiento materializándose en una serie de prácticas que dan cuenta de los discursos que promueve, otorgándoles así, un carácter histórico, que en este caso es posible evidenciar a través del rastreo de las mismas a través de las formas de saber que promulga y que constituyen la perspectiva STEM, puesto que:

El saber se encuentra disperso en los diferentes registros que su práctica genera y es diferente de los conocimientos que se pueden encontrar en los libros científicos, las teorías filosóficas, las justificaciones religiosas, pero es el que hace posible, en un momento dado, la aparición de una teoría, de una opinión o de una práctica. (Zuluaga, 1999. p .26)

En esta medida la pregunta por las condiciones de posibilidad de la perspectiva STEM conduce a inquietarse por las relaciones de **Poder** que influyen en la existencia de este saber en particular, pues el poder es entendido como una fuerza deslocalizada que a diferencia del poder clásico de las sociedades de control no es represivo, ni funciona de forma vertical, por el contrario, legitima aquello que se puede decir, ver y oír en un momento particular de la historia. Es por ello fundamental comprender que el poder no se limita a los actos represivos por el contrario trasciende y funciona como hilos invisibles a partir de las relaciones de fuerza que causa y que posibilitan su existencia “produciendo verdades que se van institucionalizando, esto es, que se van volviendo prácticas, instituciones y sujetos, permite que se mantenga, es decir que se aceptado” (Álvarez, 2003. p. 275), de modo que el poder no funciona como prohibición, sino que cala, induce cosas, forma saber, produce discursos, etc., debido a esto hay que considerarlo como una red productiva

que pasa a través de todo el cuerpo social, lejos de entenderlo como una instancia negativa que tiene por función reprimir (Foucault, 2000), por tanto, el poder no es sólo negativo, sino que crea verdades, sujetos e instituciones las cuales promueven acciones que orientan conductas.

En consecuencia, aquello que es producido por el poder es asumido como verdad e influye directamente en la constitución del saber, pues, “no hay conocimiento que no presuponga la existencia de relaciones de poder” (Foucault, 1997, p.27), a partir de esto, es posible cuestionar qué elementos se han configurado como condiciones de posibilidad de la perspectiva STEM, a la vez, que permite cuestionar ¿qué relaciones y acciones despliega la misma?, pues, al visibilizar las fuerzas de poder que las atraviesan en la interacción entre las huellas y los rastros presentes en el archivo, así pues, la manera en cómo se produce el poder actúa según las verdades que se legitiman, convirtiéndose en saberes, instituciones y subjetivaciones, en ese sentido el poder no se localiza se ejerce.

En este sentido, el poder se constituye en una fuerza que instituye verdades a la vez que posibilita la conformación de una serie de saberes en torno a la perspectiva STEM, convirtiéndose en modos de subjetivación de unos sujetos particulares, de manera que el despliegue de las nociones de saber y poder tiene lugar en el concepto metodológico **Subjetivación** pues es “una dimensión (...) que deriva del poder y del saber, pero que no depende de ellos” (Deleuze, 1987), es debido a esto que la inquietud por el sujeto a formar desde los presupuestos de la perspectiva STEM cobra sentido, dado que existen unos modos de ser que resultan de las fuerzas del poder y el saber que van formando una serie de pliegues que atraviesan y dan forma a la misma, a la vez que se pregunta por el lugar activo que tiene el sujeto para constituirse como tal y que se corresponde con el cruce de distintos acontecimientos que lo condicionan pero que a su vez se convierten en condiciones de existencia de sí mismo.

No obstante, no se trata de una historia a propósito de los sujetos, ni de un análisis de sus orígenes, mucho menos de una indagación por los autores, más bien, se interesa por visibilizar las relaciones que los constituyen, es decir, “la posición que pueden y deben ocupar, los procesos de subjetivación o relaciones que se establecen consigo mismo de las cuales pueden resultar modos de sujeción de acuerdo a unas exigencias de poder” (Sánchez, 2012, p.43).

2.1. DE LAS CUESTIONES DE PROCEDIMIENTO

Teniendo en cuenta lo anterior y en consecuencia con la postura metodológica adoptada, se recurre al **archivo** como forma de visibilizar el entramado de relaciones entre el saber, el poder y los sujetos que caracterizan en este caso la perspectiva STEM, pues no se limita al cúmulo de documentos que poseen como condición de existencia la escritura, por el contrario, “el archivo, más allá de la masa de textos que contiene, se forma mediante reglas que permiten ubicar en él, no un discurso general, sino grupos de discurso diferentes y a la vez articulables” (Zuluaga, 1999, p.29), convirtiéndose así en, el sistema que rige la aparición de los enunciados como acontecimientos singulares (Foucault, 2016), de manera que el archivo no se instrumentaliza, en su lugar, se configura como un sistema que revela las condiciones históricas, los acontecimientos discursivos y las prácticas características de un hecho en particular, al respecto Foucault menciona que:

En efecto, los enunciados, considerados como acontecimientos discursivos, poseen una regularidad que les es propia, que rige su formación y sus transformaciones. Por ello, el archivo determina también, de este modo, que los enunciados no se acumulen en una multitud amorfa o se inscriban simplemente en una linealidad sin ruptura. Las reglas del archivo definen: los límites y las formas de la cesibilidad (de qué es posible hablar, qué ha sido constituido como dominio discursivo, qué tipo de discursividad posee este dominio) (Castro, 2004, p.35).

Es por ello y con el objeto de interrogar las prácticas relacionadas con la perspectiva STEM que se recurre a la consolidación del archivo, pues, como lo menciona Noguera (2003) los documentos se convierten en fragmentos de discurso los cuales pueden relacionarse entre sí, en un momento determinado y para un campo particular del saber, de manera que, el archivo se configura como el conjunto de elementos que una sociedad valida al referirse a un tema en particular, los cuales dan cuenta de las prácticas que se promueven, a la vez que permite visibilizar los movimiento del saber, dilucidar los modos de funcionamiento del poder, e identificar los lugares asignados a los sujetos; así mismo, “el trabajar desde el archivo posibilita deslocalizarse del lugar del experto y asumir todos los documentos con la misma relevancia, destacando el saber que desde ellos circulan” (Serrato, 2012, p.42).

En este caso el archivo consolidado incluye: artículos investigativos, informativos, periodísticos, trabajos de grado, memorias de eventos, libros de texto, comunicaciones oficiales, noticias, documentos de normatividad y de política pública, constituyendo un registro de 70 documentos (Ver anexo N°1), de manera que, el archivo pretende dar cuenta aquello que circula alrededor de la perspectiva STEM, de modo que con el ánimo de tejer una historia singular este es diverso, pues permite dar cuenta de la dispersión del saber,

de la multiplicidad de enunciados, así como de las distintas prácticas, en consecuencia poseer un registro tan disímil permite establecer diferentes relaciones entre los documentos, de acuerdo con ello y para el tratamiento de la información se tuvieron en cuenta los siguientes momentos:

Rastreo Documental, el cual consiste en un ejercicio de elección e identificación de los documentos apropiados para dar respuesta a las inquietudes que movilizaron la construcción del presente trabajo investigativo, los cuales, son entendidos no como esa materia inerte a través de la cual los hombres reconstruyen lo dicho o hecho, sino que por el contrario se intenta evidenciar en el propio tejido documental relaciones, unidades, conjuntos, series, es por ello que al iniciar dicho rastreo se consolidó una matriz documental con 140 documentos, que luego de un ejercicio de lectura rigurosa y selección se redujo a un total de 70 documentos (Ver anexo N°1) por su pertinencia en el campo investigativo a abordar.

Tematización a través de Fichas Temáticas, consiste en un ejercicio riguroso de registro, categorización y clasificación de la información elegida del archivo constituido, en donde, en un primer momento se desarticula la unidad de los textos y se rastrean los elementos contundentes dentro de los mismos y se ubican en fichas de lectura que poseen la información básica del documento del cual se extrajo, para posteriormente cruzar textos con otros y agruparlos de acuerdo a las temáticas encontradas en común, luego de este ejercicio se procede entonces a identificar al interior de cada agrupación nuevas regularidades que permitan decantar la información obtenida (Ver Anexo N°2).

Lectura Hipertextual, se configura como un ejercicio a través del cual es posible desarticular los documentos y establecer relaciones entre ellos, pues, el archivo se configura como el registro de las prácticas, en donde subyacen los saberes relacionados con los discursos, los sujetos, las instituciones inclusive otras prácticas, pues como lo menciona Noguera (2003) “Una lectura hipertextual es, entonces, aquella que propone Foucault en la arqueología del saber cuándo habla de asumir el libro como un sistema de referencias a otros libros, a otros textos, como un nodo de una red más amplia de discursos” (p.11) , es por ello, que desde la perspectiva arqueológica-genealógica, no se recurre a la hermenéutica como una forma de comprensión del archivo, por el contrario, se intenta dar cuenta de las relaciones entre los discursos, los sujetos que los validan y las instituciones que los enuncian.

Identificación de Regularidades y Discontinuidades Discursivas, consistió en el reconocimiento de aquellos elementos comunes a lo largo de la consolidación del archivo, a través de la lectura relacional de las fichas construidas, pues a partir de los elementos allí incluidos es posible identificar las regularidades,

discontinuidades e incluso los silencios presentes en el archivo, aspectos que aportan elementos claves al momentos de interrelacionar los hilos del tejido a construir, de forma que, a partir de este ejercicio es posible dilucidar los enunciados que orientarán la construcción del texto en respuesta a visibilizar las condiciones de posibilidad de un saber en particular, en este caso referentes a la perspectiva STEM.

CAPÍTULO III

3. TEJIDOS QUE CONSTITUYEN LA PERSPECTIVA STEM: NI HABLAMOS DE LO MISMO, NI LO HACEMOS DESDE EL MISMO REFERENTE, ENTONCES ¿QUÉ ES STEM?

La existencia de la perspectiva STEM es posibilitada por un complejo tejido de relaciones visibles a la luz del saber, el poder y los sujetos; es por ello, que a partir del cruce de éstas se configuran las líneas de fuerza que dan cuenta de su naturaleza, las prácticas que la caracterizan, las reglas que la constituyen y los enunciados que promueve, pues tal como lo menciona Foucault (2016) es el juego de relaciones, lo que hace posible la aparición de unos objetos, su transformación, su no identidad a través del tiempo, la ruptura que se produce en ellos, así, como la discontinuidad interna que suspende su permanencia.

En esta medida, el interés del presente capítulo se centra en evidenciar los saberes que constituyen la perspectiva STEM y su puesta en funcionamiento, con el ánimo de repensar las lógicas sobre las cuales se inscribe a propósito de sus posibles relaciones con la enseñanza de la biología. Para ello, inicialmente se aborda la discusión en torno a los saberes que promueve a propósito de la ciencia, la tecnología, la ingeniería, las matemáticas y sus modos de relación; posteriormente se presentan los elementos que circulan en torno a su naturaleza y características; y finalmente se hace referencia a las apropiaciones³ que de la perspectiva STEM se han venido construyendo, reconfigurándola y otorgándole otras connotaciones en términos del saber.

3.1. NATURALEZA⁴ DE LA INICIATIVA STEM

Como se ha venido mencionando, la iniciativa STEM, se refiere al acrónimo en inglés Science (Ciencia), Technology (Tecnología), Engineering (Ingeniería) y Mathematics (Matemáticas), que de acuerdo con el Observatorio de Innovación social de la Universidad Minuto de Dios (2019) “se relaciona con un tipo de educación en donde se integran las cuatro disciplinas (...) para la enseñanza” (p.4); además, de ser utilizada para aludir al estudio y las prácticas de profesionalización en dichas áreas del conocimiento. No obstante, los saberes sobre lo que implica la iniciativa STEM con frecuencia varían, dando lugar a la constitución de

³ La noción de apropiación es entendida como la puesta en funcionamiento de un saber en términos de lo social a propósito de unos intereses que la comunidad que lo emplea dispone.

⁴ La noción de naturaleza es asumida como la caracterización en términos de las prácticas que dotan de significado y connotan de forma particular un saber, en este caso el vinculado con la perspectiva STEM.

una multiplicidad de prácticas alrededor de la misma, las cuales, en un intento de caracterización a continuación se presentan.

3.1.1. SABERES QUE CONSTITUYEN LA PERSPECTIVA STEM: DE LA CIENCIA, LA TECNOLOGÍA, LA INGENIERÍA Y LAS MATEMÁTICAS

En este enfoque: Las ciencias proporcionan un método para observar e interpretar el medio natural. La tecnología y la ingeniería brindan herramientas y técnicas que permiten afrontar la construcción de objetos que resuelven problemas. Las matemáticas aportan un modo de expresión y de representación, un conjunto de nociones y destrezas que permiten interpretar el entorno, ofrecen estrategias para resolver problemas y fomentan el pensamiento lógico y crítico.

(Salgado & Filgueira, 2018)

Si bien, los modos de funcionamiento de la perspectiva han dado lugar a una multiplicidad de prácticas que han conducido a reconocer como STEM cualquier iniciativa que propone actividades donde se pueden abordar los componentes que la integran, respecto a los saberes que la constituyen el panorama no es del todo distinto, es por ello, que a continuación se presentan los aspectos que caracterizan dichos saberes con el ánimo de poner en evidencia los elementos puntuales que los dotan de significado; para esto, se parte de aquello que circula en torno a la ciencia, la tecnología, la ingeniería y las matemáticas junto con ciertos elementos de reflexión, para finalizar con las formas de relación entre dichas disciplinas a propósito del discurso de la integración.

En vía de lo anterior, las ciencias en el marco de la perspectiva STEM constituyen una forma de conocimiento que pretende comprender el mundo (MacKinnon, Rawn, Cressey & He, 2017), al tiempo que ofrece un método para observar el entorno (Salgado & Filgueira, 2018; Sánchez, 2019), de modo que lejos de continuar validando el aprendizaje como máxima expresión de la memorización de conocimientos a modo de verdad, aquello que promueve la iniciativa se ubica a partir de la lógica de la indagación, haciendo de las ciencias un lugar que posibilita la existencia de interrogantes alrededor de la naturaleza así como sus posibilidades de solución. De manera, que bajo esta noción es posible construir otras miradas en torno a los procesos educativos, en donde además se vinculen las apuestas locales como el trabajo con los territorios, pues, los intereses de este enfoque respecto a la ciencia versan sobre el reconocimiento de lo natural y su problematización.

Dando continuidad a la caracterización de esta noción de ciencia es posible mencionar que el conocimiento producido por la misma es de carácter explicativo, universal y práctico, que al ser situado en la escuela tiene

como propósito brindar las herramientas necesarias para resolver problemas, convirtiéndose en uno de los aspectos centrales en la enseñanza de dicho saber, por cuanto propicia la participación activa en el proceso de aprendizaje que ocurre de manera significativa en la medida en la que se confronta con situaciones del mundo real (García, Reyes & Burgos, 2017), debido a esto, las ciencias en el marco de la perspectiva STEM se ubican bajo la noción denominada ciencia para la ciudadanía, la cual, tiene como propósito abordar cuestiones y temáticas de interés actual, que generen actitudes positivas en torno a la misma Gavidia citado por Oreiro & Solbes, (2015).

En virtud de lo anterior, lo importante ya no es sólo aprender sobre las ciencias, sino saber resolver problemas en contexto pensando como científicas/os (Domènech-Casal, Lope & Mora, 2019); de manera, que la ciencia se constituye en una fuerza que hace posible la existencia de unas prácticas en la escuela a partir del saber que produce, conduciendo unos modos de pensar y hacer particulares que en este caso se encuentran relacionados con el quehacer científico; por causa de ello, la idea que mayormente circula en torno a la enseñanza de las mismas consiste en el aumento de experiencias contextualizadas con un alto contenido experimental y práctico; de ahí, que el desarrollo de destrezas, habilidades y competencias constituyan el principal aporte de las mismas a la formación.

En oposición a la anterior noción sobre las ciencias, se encuentra que éstas no son limitadas al campo de las ciencias exactas, en su lugar son asumidas en todas sus dimensiones (Pérez & Ávila, 2017); no obstante y aunque pareciese una alternativa frente a la primacía de unos saberes respecto a otros se debe tener precaución, pues, de acuerdo a esto la enseñanza de las ciencias estaría relacionada no solo con aspectos propios de la biología, la química y la física, sino que, además con elementos de las ciencias humanas, políticas, sociales y todo aquello que bajo la nominación de las mismas sea de utilidad. Ahora bien, con esto, no se pretende limitar la enseñanza a unas áreas específicas, pues, es necesario vincular otros saberes que no respondan puntualmente a intereses económicos, sin embargo, es fundamental detenerse a reflexionar en el abordaje y las implicaciones de los mismos al situarlos bajo la categoría de ciencia, pues, ¿qué es lo relevante a enseñar de las ciencias en el escenario escolar? o ¿cómo decidir qué es lo relevante?.

Aun así, e independientemente de la noción de ciencia que predomine es necesario promover una idea de ciencia como vía para la emancipación que más allá de la acumulación mecánica de conocimientos útiles se convierta en el espacio que posibilite el diálogo de saberes para la construcción de conocimiento y su aprehensión, pero que además, logre poner en cuestión el impacto de la misma en los distintos ámbitos de

la vida, es decir, las implicaciones sociales de su apropiación, pues de esta manera, es posible transitar de los recintos lúgubres del quehacer científico, hacia los suburbios de la cotidianidad en donde los saberes producidos por esta encuentran su lugar de existencia, aspecto que a su vez permite cuestionar el carácter de universalidad y verdad que su visión tradicional ha promulgado.

De acuerdo con esto y a propósito del interés por visibilizar algunas de las apropiaciones que de la iniciativa se han venido realizando, la STEM-Academia⁵ ha construido su apuesta en torno a la enseñanza de las ciencias, la cual, parte de la identificación de los elementos que en la contemporaneidad se incluyen en la enseñanza de las mismas, en donde predominan la ausencia de experiencias prácticas, la falta de habilidades y capacidades científicas, aspectos que se suman a los inexistentes espacios para la reflexión en torno a la naturaleza de dicho conocimiento, junto con la poca gestión del aula, lo que repercute en la disminución del tiempo dedicado a su enseñanza (Gómez & Duque, 2020), de forma que para enfrentar dichas problemáticas se han establecido cuatro componentes a tener en cuenta en el abordaje de dicho saber: 1. el epistemológico, 2. el procedimental, 3. el conceptual y 4. el social, en donde, los tres primeros versan en torno al cuarto.

Según esto el componente epistemológico aborda cuestiones relacionadas con la naturaleza de las ciencias como del conocimiento científico, pero también problematiza la existencia del método científico, de las teorías y las leyes, la urgencia de la comprobación del saber así como el uso de evidencias, entre muchos otros aspectos característicos de la noción tradicional de la ciencia; por su parte, el componente procedimental, se encuentra orientado al desarrollo habilidades científicas, a promover la formulación de preguntas científicamente explorables, detectar variables, controlar, diseñar experimentos, representar información, medir, registrar, entre muchas otras habilidades (Gómez & Duque, 2020).

Mientras que el componente conceptual tiene por objeto brindar los conocimientos necesarios para comprender el mundo, razón por la cual, es abordado a partir de las 14 Grandes Ideas de la Ciencia (Association for Science Education College Lane, 2010), entre las cuales se destacan 1: todo material en el Universo está compuesto de partículas muy pequeñas, 2: los objetos pueden afectar otros objetos a distancia, 3: la cantidad de energía del universo siempre es la misma pero la energía puede transformarse, 4: las explicaciones, las teorías y modelos científicos son aquellos que mejor dan cuenta de los hechos

⁵ Institución colombiana pionera en el desarrollo de procesos de formación mediados por la perspectiva STEM, perteneciente a la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales.

conocidos en su momento, 5: las aplicaciones de la ciencia tienen con frecuencia implicaciones, éticas, sociales, económicas y políticas, nociones que en un primer momento se encuentran relacionadas tanto con la enseñanza de la física como de la química, en donde, además se tienen en cuenta aspectos epistemológicos como de la apropiación social de las ciencias aspectos muchas veces relegados en la enseñanza tradicional de las mismas.

De las anteriores, 3 Grandes Ideas de la Ciencia se encuentran directamente relacionadas con la enseñanza de la biología, 1: los organismos están organizados a partir de células, 2: los organismos necesitan un suministro de energía y de materiales de los cuales con frecuencia dependen y por los que compiten con otros organismos y 3: la diversidad de organismos tanto vivos como extintos provienen de la evolución, de acuerdo a esto, es posible mencionar que la biología en este caso se encuentra relacionada con el reconocimiento de lo vivo en términos de su estructura y organización, atendiendo a la noción de ciencia que la perspectiva STEM promueve, la cual se encuentra situada en el reconocimiento del entorno.

Así las cosas, los 3 componentes precedentes (epistemológico, procedimental y conceptual) tienen lugar en el componente social, el cual se encarga de promover el debate y la discusión en torno a las ideas científicas, fomentar el trabajo colaborativo, la participación en el desarrollo de la ciencia, desmitificar el lugar de estas como espacios exclusivos para eruditos, identificar el rol de las comunicaciones científicas, así como comprender el funcionamiento e impacto de las mismas en la sociedad. Conforme a lo anterior, la experiencia desarrollada por la STEM-Academia aporta elementos puntuales en torno al abordaje de las ciencias en el marco de la perspectiva, entre los cuales, se resalta el nivel de integración a través del uso de las 14 Grandes Ideas de la Ciencia, junto con la incorporación del aspecto epistemológico, ético y social de las mismas.

Ahora bien, la mirada que predomina frente a lo tecnológico en el marco de la perspectiva STEM se encuentra vinculado con su dimensión concreta, es decir, con el uso de artefactos, artilugios y utensilios en el desarrollo de procesos que conllevan un componente práctico, pues disponen de una diversidad de herramientas orientadas a la resolución de problemas (Salgado & Filgueira, 2018; Sánchez, 2019) como al aumento de la creatividad y la innovación (Avendaño, 2014); así, como con su dimensión comunicativa, esto es, a través del empleo de las Tecnologías de la Comunicación e Información (TIC), tal es el caso de las oportunidades de divulgación digital que brinda a estrategias de enseñanza como la argumentación y la

comunicación científica, ingenieril y matemática (López; Couso; Simarro & Rodríguez, 2020), debido a esto la tecnología es entendida como aquella que ofrece:

El acceso a múltiples canales de comunicación dentro y fuera de la escuela (entornos virtuales de aprendizaje para la interacción dentro del aula, o los blogs y las redes sociales para la interacción de puertas afuera), [ofreciendo] no solo herramientas que facilitan la comunicación, sino que la promueven de una forma análoga a cómo la hacen los profesionales STEM. (López, Couso, Simarro & Rodríguez, 2020, p.14)

Dicho esto, es posible comprender el lugar de la tecnología al interior de la perspectiva STEM, pues es concebida como el conjunto de instrumentos que permiten viabilizar y materializar la enseñanza de las disciplinas restantes; lo anterior se encuentra vinculado con una noción generalizada frente a la misma a propósito de su carácter práctico, pues está parte del interés por resolver necesidades y problemas concretos, mientras que disciplinas como las ciencias lo hacen a partir de la formulación de interrogantes sobre los fenómenos naturales en donde se emplea la tecnología para dar respuesta a los cuestionamientos formulados, lo que en muchas ocasiones se materializa en la construcción de herramientas, instrumentos y/o artefactos, etc; siendo esta relación la que mayormente circula y se legitima.

En oposición a esta visión reduccionista frente a lo tecnológico es necesaria una postura educativa que no se centre en lo instrumental, pero, que tampoco se limite al uso de las Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC) (Pérez & Ávila, 2017), pues, es un aspecto determinante en el contemporaneidad no solo en el escenario educativo, tanto así, que la tecnología se ha convertido en la base de la economía informacional caracterizada por la productividad y la competitividad basadas fundamentalmente en la creciente generación de nuevos conocimientos y en el acceso a la información.

De ahí, que sea necesario comprender lo tecnológico como un componente transversal a la vida, que no se limita a la sustitución de los sistemas de manufactura tradicionales por aquellos de carácter eléctrico, automático y de producción en masa, sino que también, producen una transformación en las relaciones sociales, promueven unos modos de ser y de vivir, modifican el comportamiento, legitiman unas prácticas particulares, privilegian unas conductas sobre otras y de alguna u otra manera representan una forma de control sobre el entorno, además, de ofrecer un acceso casi ilimitado a la información que irrumpe con las barreras espacio-temporales fomentando el estar conectado o en red -propio de la sociedad en red-, convirtiéndose a la vez en un espacio de interacción con sus propias normas.

Entender de esta manera lo tecnológico, transgrede la noción reduccionista que le concibe como un dispositivo u/o herramienta de consumo al servicio del hombre, para convertirlo en un elemento clave en los

procesos de transformación social que inician con la construcción de otras posibilidades desde el escenario educativo, en donde, entre otras cosas sea posible considerar los impactos sociales de su uso (MacKinnon, Rawn, Cressey & He, 2017), de acuerdo con esto:

Lo tecnológico se debe asumir como un componente, que involucra lo cultural, lo económico y lo político, que genera un cambio en la condición del comportamiento del ser humano, relacionando la teoría y la práctica generando una evolución, presentando mejores resultados, implicando un control del entorno natural y artificial, como lo presenta en el enfoque STEM relacionando la ciencia, la tecnología, la ingeniería, la matemática, en donde en este enfoque la tecnología debe involucrarse como un factor cultural, como una necesidad en una sociedad (Lizarazo & Fernández, 2019, p.15).

La ingeniería por su parte es entendida como una forma para diseñar y crear técnicas, objetos y dispositivos que contribuyan a la resolución de problemas (Salgado & Filgueira, 2018; Sánchez, 2019; MacKinnon, Rawn, Cressey & He, 2017; Paredes, 2018), convirtiéndose de esta manera, en un punto de encuentro de distintos saberes, de modo, que para lograr la integración de las disciplinas que constituyen la perspectiva STEM la vía más efectiva es a través del desarrollo de proyectos de ingeniería, pues, allí se vinculan de forma natural las matemáticas, las ciencias y la tecnología, de acuerdo a esto, la ingeniería es empleada “para aplicar los conocimientos teóricos adquiridos durante la fase de indagación acoplada al diseño y construcción de una solución tecnológica que ayude en la resolución del problema inicial” (Bogdan & Meneses, 2018, p.12).

Quizá enseñar ingeniería en la escuela sea la novedad que ofrece la perspectiva STEM, pues excluyendo a esta, es posible afirmar que dicha iniciativa se ha venido implementando en el contexto colombiano desde hace más de 20 años a través de la enseñanza de las ciencias, las matemáticas y la tecnología, sin embargo, la incursión de la ingeniería de forma explícita es uno de los mayores retos para el sistema educativo, en consecuencia se requiere preparar dicho escenario como a los maestros para implementarla de forma acertada, pues, entre algunas de las ventajas que la misma ofrece se encuentra que:

El centrarse en la ingeniería (E) dentro del STEM, brinda una oportunidad para enseñar a los jóvenes a trabajar juntos y resolver problemas a una edad muy temprana desde la ingeniería. En lugar de un plan de estudios rígido o una prueba que los estudiantes deben aprobar, la ciencia e ingeniería establecen puntos de referencia para los conceptos que los estudiantes construyen en el tiempo; haciendo una construcción colectiva, crítica e integradora; permitiendo evaluar y seleccionar fuentes de información científica preparándolos para las futuras experiencias fuera de la escuela (Pérez & Ávila, 2017, p.1).

En oposición a la noción de diseño que generalmente recae sobre la ingeniería, algunas experiencias la asumen a partir de una visión integradora con la tecnología (Pérez & Ávila, 2017), pues, todos los conocimientos que se adquieren de forma teórica en el ámbito ingenieril son llevados a la práctica a través de una perspectiva de resolución de problemas tecnológicos dando lugar a lo que se conoce como ingeniería

educativa, la cual tiene como propósito encontrar nuevos enfoques didácticos usando componentes tecnológicos (Barrera, 2015, p.218), panorama, a partir del cual se puede promover el desarrollo de habilidades y competencias para resolver problemas con fundamento en las matemáticas, las ciencias y la tecnología, a través del desarrollo del pensamiento computacional.

Finalmente, las matemáticas constituyen un conjunto de nociones y destrezas que permiten interpretar el entorno, fomentan el pensamiento lógico, ofrecen una serie de estrategias para resolver problemas a través de los números, al tiempo que constituyen un modo de expresión y de representación de la realidad (Salgado & Filgueira, 2018; Sánchez, 2019; MacKinnon, Rawn, Cressey & He, 2017), sumado, a que son entendidas como el lenguaje universal y transversal de los saberes restantes (Pérez & Ávila, 2017), de ahí, que el bajo desempeño en dicha disciplina, así, como el bajo interés de su aprendizaje alejan a los estudiantes de las disciplinas STEM (Duque & Gómez, 2020).

Por ello, son consideradas como el saber fundamental para alcanzar el desarrollo de los conocimientos restantes, manteniendo su posición central en la educación, pues, contribuyen a la formación a través de la promoción de aspectos como el intelectual, comunicativo, cultural, lúdico, estético, recreativo e histórico; en lo referido a la resolución de problemas, es entendida en su sentido epistémico, más no algorítmico, es decir, que se emplean las matemáticas para abordar problemas complejos en los que se pueda definir una estrategia de resolución (Simarro, 2016), debido a esto, son trabajadas de forma integrada y transversal.

El anterior panorama se encuentra inextricablemente relacionado con el contexto social, político y económico en el que se ubica la perspectiva STEM, pues, bajo las lógicas actuales del modelo de desarrollo imperante se han legitimado la constitución de modelos educativos que respondan a la eficacia laboral dotando de otros significados el saber a ser enseñado, de modo, que entre muchos otros aspectos los nuevos propósitos consisten en contribuir al bienestar económico de las naciones; razón por la cual, para que un saber sea considerado como parte de las áreas STEM y por tanto de su enseñanza, debe cumplir con mínimo dos requisitos 1. pertenecer a los campos de la ciencia, la tecnología, la ingeniería y las matemáticas y 2. clasificar dentro de uno de los cuatro grupos pertenecientes a las disciplinas duras (Vo et al., 2017); en donde una disciplina “dura” es caracterizada por tener una estructura acumulativa, con énfasis en lo cuantitativo y relacionada con fenómenos u/o leyes de carácter universal (García, Reyes & Burgos, 2017).

De forma que, el saber ya no es adquirido para que las personas puedan hacerse partícipes del mundo, sino que por el contrario se convierte en el instrumento que capacita a una serie de individuos con unos

conocimientos básicos y útiles que se ajustan a las necesidades e intereses del mundo laboral, recurriendo a la formación de unos caracteres que sean adaptables y varíen en función de los intereses económicos, es por ello que bajo la mirada de la perspectiva STEM se privilegia la enseñanza de unos saberes en específicos, lo que, de forma puntual no significa que no exista un lugar para otras formas de conocimiento como: las humanidades, la filosofía, la música, las artes, el deporte, entre muchas otras, pues al ser una mirada tan diversa reconoce y ofrece la posibilidad de vincular otros elementos a la enseñanza, sin embargo, su prioridad se centra en unos saberes en concreto, lo cual, puede conducir a excluir algunos conocimientos considerados como no relevantes o útiles:

De hecho, los promotores de una educación más fuerte en STEM no dicen que eso se debe hacer a costa de las disciplinas no-STEM pero todos saben que el tiempo escolar no está extensible y que entonces, los profesores o los programas van a disminuir el peso de uno con respecto al otro para razones de implementación (Canu, 2017, p.1).

En concreto y como hasta el momento se ha venido presentando existen distintas formas de entender las ciencias, la tecnología, la ingeniería y las matemáticas en el marco de la perspectiva STEM, no obstante, es importante detener la mirada en los elementos que dan paso al encuentro entre la misma y la biología, pues si bien, existen algunos aspectos que permiten pensar la enseñanza de dicha disciplina en el marco de la iniciativa -como se ha venido presentando-, desde la construcción del presente ejercicio investigativo se asume la noción de vida como el elemento que posibilita la existencia de un vínculo entre las mismas, pues, más allá de constituir el objeto de interés de la biología junto con lo vivo, es una relación que trasciende al ámbito educativo e irrumpe en los sujetos, de ahí que a partir de esta existan otras posibilidades para situar la enseñanza de la biología.

Así las cosas, aunque la biología no sea integrada de forma explícita en el marco de la perspectiva STEM de acuerdo a aquello que circula en el archivo es posible mencionar que existen unos problemas asociados tanto a la vida -que ejerce unos efectos sobre los sujetos- como a lo ambiental -que se relaciona con unas formas de saber sobre lo vivo- que pueden ser abordados desde la enseñanza de la biología a través de la articulación que la iniciativa propone con otros saberes, en este sentido, tanto la preocupación por la vida como por lo ambiental se convierten en líneas de fuerza que hacen posible que unas prácticas se instalen, constituyéndose así, como puntos de fuga para continuar validando la permanencia de la biología en el escenario escolar aún bajo otras denominaciones, de modo, que aunque, no se hace presente como un saber explícito son las prácticas funcionando las que le asignan un lugar en la escuela.

3.1.1.1. EL CARÁCTER INTEGRADOR DE LA PERSPECTIVA STEM: ¿MULTIDISCIPLINARIEDAD, TRANSDISCIPLINARIEDAD?

La educación STEM se puede entender, en el contexto de las ciencias integradas, como una aproximación para la enseñanza de las ciencias, tecnologías, ingenierías y matemáticas de forma interdisciplinar, donde la rigurosidad de los conceptos científicos es desarrollada mediante actividades didácticas inmersivas aplicadas al mundo real. Al trabajar bajo este enfoque, los estudiantes aplican elementos de aquellas áreas, en contextos que vinculan la escuela, la comunidad, el mundo laboral, y la industria.

(García, Reyes & Burgos, 2017)

Como hasta el momento se ha venido presentando la iniciativa STEM promueve unos saberes particulares en torno a las ciencias, la tecnología, la ingeniería y las matemáticas, no obstante, ante la inquietud por las formas de relación entre dichos saberes el panorama no deja de ser desconcertante, pues si bien, existen algunas experiencias que se encuentran en común acuerdo, muchas otras difieren al respecto, otorgando distintos sentidos y niveles de agrupación a las áreas que constituyen la perspectiva; sin embargo, y en términos generales es posible mencionar que aquello que propicia un diálogo entre las mismas está mediado por el discurso de la integración a partir del cual se pone en evidencia el funcionamiento de nociones como las de multidisciplinariedad, interdisciplinariedad -siendo ésta la que mayormente circula- y transdisciplinariedad.

En efecto, al intentar dilucidar las formas de relación entre las disciplinas que constituyen la perspectiva STEM existen varias posibilidades desde aquellas que contemplan la agrupación de algunas de las áreas que la conforman privilegiando tratar las ciencias y la tecnología de forma conjunta (Zamorano, García & Reyes, 2018), hasta aquellas en las que se agrupan las cuatro grandes áreas del conocimiento en las que trabajan científicos e ingenieros (Rodríguez, 2018); pues si bien, el anterior es un intento inicial por vincular los saberes que constituyen la iniciativa, desde la construcción del presente ejercicio se toman algunas distancias, pues, ¿de qué manera agrupar las cuatro disciplinas cuando cada una de estas posee marcos de trabajo tan diversos? sumado al interés que parece tener la misma por continuar validando las disciplinas científicas como la fuente principal del conocimiento escolar y única alternativa de profesionalización.

A diferencia de la noción de agrupación, se encuentran aquellas experiencias que consideran fundamental una interrelación entre los saberes que constituyen la perspectiva, pues, “no basta con que exista la posibilidad hipotética de conexión, es necesario que de un lado exista y que de otra parte se trabaje en las cuatro disciplinas de forma explícita” (Gómez, Duque, Canu & Danies, 2015, p.4), de modo, que para que

haya una verdadera conexión es necesario que las disciplinas se mantengan interconectadas, sumadas a aquellas que vinculan:

Intencionalmente los conceptos y prácticas educativas de las ciencias o las matemáticas con los conceptos prácticos de la educación en tecnología e ingeniería y que puede ser mejorada a través de la intervención de otras áreas como el lenguaje, las artes y las ciencias sociales, etc. (Quiceno, 2016, p.16).

Ampliando así, no solo las relaciones posibles de establecer entre las disciplinas que integran la iniciativa, sino también, el espectro de saberes a incorporar en la escuela a través de la misma, no obstante, “esta visión (...) viene también de la obligación de vincular disciplinas STEM con otras para evitar una competición entre educación STEM y educación no-STEM” (ACOLA, 2013 como se citó en Canu, 2017, p.1). Sin embargo, y en un esfuerzo por superar la fragmentación del conocimiento sin reducirlo a la agrupación del mismo, muchas otras experiencias han adoptado por la integración en mayor o menor grado de los elementos propios de las áreas que constituyen la iniciativa, situandola como un enfoque que integra intencionalmente los contenidos conceptuales y procedimentales de la educación científica y matemática con los conceptos de tipo práctico propios de la educación en tecnología e ingeniería (Perales & Aguilera, 2020) asumiendo la integración de las distintas disciplinas como una entidad cohesionada y coordinada, tal y como se emplean en la resolución de problemas en el mundo real (Sanders, 2009).

En este sentido es posible entender la integración a partir de dos nociones denominadas aproximaciones “débiles” y “fuertes” (Canu, 2017), en donde la primera se refiere al uso de distintas áreas del conocimiento en el alcance de un objetivo de aprendizaje, por ejemplo, empleando nociones matemáticas (gráficas, ecuaciones) para explicar temáticas relacionadas con la química (porcentajes peso a peso, estequiometría, leyes de los gases), mientras que la segunda se relaciona con la búsqueda de una serie de objetivos de aprendizaje comunes a varias áreas del conocimiento de modo que puedan ser resueltos por el conjunto de estas, “por ejemplo leyes del movimiento (física) aprendiendo, al mismo tiempo, conceptos matemáticos como la derivada por ejemplo, utilizando métodos gráficos (relacionando propiedades de este movimiento y propiedades de modelos matemáticos vía representaciones gráficas)” (Canu, 2017, p.1), no obstante, esta forma de comprender la integración implica un mayor nivel de complejidad, por tanto, es menos usual en el campo educativo, sin embargo es el tipo de integración esperado.

Es frente a este panorama de integración de los saberes que constituyen la perspectiva que tiene lugar la noción de interdisciplinariedad, entendida en su sentido más amplio como la cooperación entre disciplinas a partir del uso de los métodos característicos de cada una de ellas, lo que por consiguiente conduce a un

enriquecimiento de las mismas, de modo, que la interdisciplinariedad adquiere sentido en la medida en la que interactúa con otros saberes, lo cual, "no significa que esté reñida con el desarrollo profundo de contenidos o miradas epistémicas de las áreas implicadas" (Domènech Casal, 2019, p.161), aun, cuando este último –como se ha venido presentando- sea un elemento fundamental en el desarrollo del pensamiento científico.

De modo, que para alcanzar los presupuestos planteados por esta forma de integración, "las iniciativas o proyectos educativos (...) pretenden aprovechar las similitudes y puntos en común de estas cuatro materias para desarrollar un enfoque interdisciplinar" (Salgado & Filgueira, 2018, p.2) para lo cual, es necesario remover las barreras existentes entre las cuatro asignaturas y conectarlas con la vida real a través de prácticas rigurosas y relevantes centradas en la resolución de situaciones y problemas de la vida cotidiana (García, Burgos & Reyes, 2017; Salgado & Filgueira, 2018), convirtiendo a esta última en la idea fuerza que posibilita la existencia de la interdisciplinariedad elemento que a su vez da paso a la noción de transdisciplinariedad -en el marco de la iniciativa- de modo que algunas experiencias asumen la perspectiva STEM como un enfoque transdisciplinar encaminado a la resolución de problemas auténticos, de ahí, que la "integración deba tender preferentemente hacia la inter o transdisciplinariedad" (García, Reyes, González & Burgos, 2017, p.3)

De forma, que tanto la interdisciplinariedad -comúnmente asociada a la perspectiva- como la transdisciplinariedad deben ir más allá de "trabajar contenidos de forma conjunta", en su lugar, deben emplearse en un contexto problematizado (Domènech-Casal, 2019), pues si bien, parecieran ofrecer una alternativa al problema de la fragmentación del conocimiento, es necesario complejizar la mirada al respecto con el ánimo de alcanzar aprendizajes verdaderamente significativos; no obstante, como si de otorgar conceptos se tratase, emerge otra noción en el marco de esta discusión la cual concibe la perspectiva STEM como una iniciativa de enseñanza multidisciplinar, de ahí que sea entendida como:

(...) una nueva metodología educativa multidisciplinar basada en el trabajo cooperativo, el análisis y la resolución de problemas, este nuevo método es la llamada educación STEM (Science, Technology, Engineering y Mathematics), la que refiere a la agrupación de cuatro grandes áreas que potencian el conocimiento en la modernidad, la matemática, la ciencia, la ingeniería y la tecnología (Hernández & Calderón, 2019, p.1).

En resumen, ante la inquietud por las forma de relación entre los saberes que constituyen la iniciativa el panorama no deja de ser diverso, sin embargo, es frente a la urgencia de asumir el conocimiento de forma práctica y útil sumado a la necesidad de superar la fragmentación del conocimiento, que logra establecerse

un diálogo entre las disciplinas a través de una mirada integradora la cual posibilita la existencia de otras posturas vinculadas con lo interdisciplinar, transdisciplinar y multidisciplinar, sin embargo, pareciese que estas tres últimas nociones se solapan y funcionan de la misma manera pues de acuerdo a lo hallado a la luz del archivo no es del todo claro el nivel de integración que tendrían las disciplinas frente a cada una de las mismas, debido a esto, es posible afirmar que la noción de integración es la que sustenta la existencia de las demás.

Pues si bien, existe una multiplicidad de enunciados respecto a las formas de relación entre los saberes que constituyen la perspectiva STEM, al intentar dilucidar los modos de funcionamiento de las mismas en términos de las prácticas que promueven, se hace evidente, que alcanzar el nivel de integración propuesto por dichas nociones continúa siendo un reto, más aún, desde lo expuesto por las experiencias que en el país se han venido implementando bajo los presupuestos de la iniciativa, en donde, se destacan las dificultades entre las disposiciones que el currículo plantea a propósito de su estructura y la mirada integradora que requiere la perspectiva, sumada a las consecuencias de la formación de maestros en disciplinas específicas, situación que podría convertirse en una posibilidad para disponer de espacios de diálogo entre maestros de distintos campos de conocimiento en la creación de apuestas integradoras o en su defecto para repensar la formación de los mismos. Movilizando la inquietud por ¿cuáles son las condiciones que requiere el contexto educativo colombiano para implementar experiencias multidisciplinarias, interdisciplinarias o transdisciplinarias en el marco de la perspectiva STEM?

3.1.2. PRÁCTICAS EN CLAVE DE LA PERSPECTIVA STEM: ¿CÓMO VIABILIZARLA?

Continuando con la construcción del tejido que posibilita la existencia de la perspectiva STEM y teniendo en cuenta que los elementos presentados hasta el momento dan cuenta de una multiplicidad de relaciones respecto a la misma, el panorama en torno a las prácticas que la caracterizan es un tanto distinto, pues si bien, constituyen un amplio abanico de posibilidades, de acuerdo con las regularidades identificadas en el archivo, es posible situar dichas prácticas en Competencias, Metodologías y Estrategias. Pese a que estos son elementos que de alguna u otra forma se han venido implementando en el escenario educativo de forma independiente y bajo otras miradas, la perspectiva los integra en el despliegue de sus apuestas dando lugar al portafolio de herramientas STEM.

Así las cosas, una de las prácticas que caracteriza los modos de funcionamiento de la perspectiva STEM y quizás una de las que más ampliamente ha sido promovida es el desarrollo de competencias, noción que

vale la pena aclarar no es exclusiva de la iniciativa, pues, solo para el caso del contexto educativo colombiano comenzó a ser implementada a través del currículo desde la década de los 2000. Una competencia es una característica intrínseca de un individuo que se manifiesta en su desempeño en contextos determinados (MEN, 2004), es decir, que se es competente cuando se es capaz de resolver con éxito diferentes situaciones de forma flexible y creativa, en pocas palabras, “saber hacer en contexto”, de ahí que, que se precise como urgente formar ciudadanos competentes que puedan dar respuesta a las necesidades del siglo XXI.

Ahora bien, en cuanto a las metodologías posibles de caracterizar en el marco de la perspectiva STEM se encuentran dos grandes grupos, en el primero se ubican nociones como el “Movimiento Maker” o aprender haciendo, el “Tinkering” o crear y pensar con las manos, el “Design Thinking” o pensamiento de diseño y el “Learning by Design” o diseño instruccional; mientras que en el segundo se hallan operando modelos como el aprendizaje basado en proyectos (ABP) o el aprendizaje basado en indagación (ABI); dicha clasificación corresponde a los intereses y aspectos en común que cada una de las metodologías posee de acuerdo a lo hallado en el archivo.

Así las cosas, metodologías como el Movimiento Maker, el Tinkering, el Design Thinking, y el Learning by Design, son entendidas como aproximaciones al mundo de la innovación industrial (Domènech-Casal, Lope & Mora, 2019), que, en términos generales contribuyen a la formación en creatividad, innovación y diseño desde el escenario educativo bajo el enunciado de “aprender haciendo”. Dichas metodologías se encuentran directamente relacionadas con las denominadas tecnologías creativas que tienen como propósito la aplicación de procesos artísticos a las industrias culturales (Universidad Politécnica de Valencia, 2020), las cuales, se encuentran orientadas a la producción de bienes y servicios relacionados con la creación, fabricación y comercialización de contenidos creativos.

De ahí que, el Movimiento Maker no solo sea uno de los más difundidos y aceptados en el escenario escolar por la perspectiva STEM, sino que también es considerado como la tendencia que da lugar a las restantes, es decir, al Tinkering, el Design Thinking, y el Learning by Design, pues no sólo se interesa por las tecnologías abiertas de hardware y software, sino también, por el diseño y construcción de herramientas, artefactos, sensores entre otros, que unen el escenario virtual con el físico a través del arte; pues en su sentido más amplio, supone:

(...) un modo de integración de las artes en el sistema educativo dentro de la corriente STEM (...). Este movimiento cobra cada día más fuerza debido al abaratamiento de impresoras 3D y a la popularización de microcontroladores (arduino, raspberry pi, makey makey) puesto que permiten la fabricación de objetos customizados y prototipado a bajo coste. Los makers al igual que los artistas “necesitan crear”, entregados en un proceso de exploración continua de lo “que pueden hacer y pueden aprender a hacer” (Cilleruelo & Zubiaga, 2014, p.4).

Debido a la posibilidad que el Movimiento Maker ofrece en el acceso a tecnología de bajo costo u open access, se ha venido configurando como una de las tendencias más recientes en la difusión y apropiación de tecnologías por parte de la sociedad incluso desde niveles básicos de formación, es por ello, que atrae la atención de las instituciones educativas interesadas en las posibilidades que el mismo despliega en la búsqueda de alternativas que contribuyan al aprendizaje de la ciencia, la tecnología y las matemáticas a través de una perspectiva de sostenibilidad.

Por otro lado, se encuentra la metodología Tinkering o crear y pensar con las manos, que como ya se mencionó tiene como predecesor el Movimiento Maker, en donde, se aborda un conflicto a partir de una variedad de recursos en un ambiente lúdico sin un orden en concreto, en efecto, se adopta un enfoque basado en el ensayo y error (Lavola, 2018), en el que se pretende ofrecer la sensación de estar jugando para superar un reto; de manera que, “en el tinkering se puede empezar a construir sin saber exactamente cuál va a ser el resultado” (Sanchez, 2019, p.5). Esta libertad de pensamiento y de acción potencia el desarrollo de la creatividad a la vez que aumenta el número de posibilidades de respuestas frente a un desafío en común, por ello, es considerado como un método para el desarrollo de destrezas.

Debido a esto, el Tinkering ha sido adoptado como una metodología “eficaz en el empoderamiento de niños y jóvenes a la hora de intervenir en su entorno con propuestas STEM” (Lavola, 2018), en tanto, centra su interés en el desarrollo de habilidades y competencias, elementos claves para enfrentar los retos del siglo XXI, más allá de reducir la enseñanza a los contenidos disciplinares alrededor de las ciencias, la tecnología, la ingeniería y las matemáticas; pese a ello, ¿cómo vincular el Tinkering en los procesos de enseñanza dentro de la educación formal?, ¿es el aprendizaje por competencias un escenario adecuado para emplear una metodología como esta?, son algunos de los interrogantes que emergen a propósito de dicha metodología.

Uno de los elementos que sin lugar a dudas el uso de las tecnologías creativas como el Movimiento Maker, el Tinkering, el Design Thinking, y el Learning by Design, pone de manifiesto es que las innovaciones tecnológicas ya no son creadas única y exclusivamente por grandes compañías, en su lugar, un individuo

con el acceso a las herramientas tecnológicas y el conocimiento de las mismas, tiene infinidad de posibilidades para crear sus propios productos, lo que ha permitido el desarrollo de nuevas formas de mercado que emergen de la ciudadanía, a la vez que promueve una mayor democratización en el uso de la tecnología, lo cual no significa que la población en su totalidad tenga acceso a la misma.

A propósito de la incursión de las anteriores metodologías en el escenario educativo, respecto a la preocupación por la enseñanza ¿qué formación debe poseer, en este caso, un maestro de biología para aproximarse a dichas metodologías?, si bien, la perspectiva STEM ha tomado un lugar en el escenario de innovación educativa que propone el Ministerio de Educación Nacional ¿existen espacios de formación para maestros en el uso de herramientas como Makey Makey, Arduino, Lego...?, ¿qué recursos destinaría el Gobierno Nacional para dotar a las instituciones educativas con las herramientas necesarias para que puedan dar respuesta a la implementación de dichas metodologías?. Adicional a ello, aceptar las tecnologías creativas como la máxima materialización de la perspectiva STEM conduce a limitar el uso de las herramientas tecnológicas al diseño y la resolución de conflictos, razón por la cual, es necesario ampliar la noción respecto a lo tecnológico en oposición a continuar validando su instrumentalización.

Siguiendo con la caracterización de las metodologías que promueve la perspectiva STEM, se encuentra el Aprendizaje Basado en Proyectos, en adelante ABP, metodología propuesta por Kilpatrick en 1918 en su tratado científico “e Project Method”, que ha cobrado un especial interés en los últimos años debido a la revitalización ofrecida por los enfoques de enseñanza constructivistas en los que el contexto juega un papel importante, pues, “se fundamenta pedagógicamente en la idea constructivista según la cual los aprendizajes son más profundos y transferibles cuando se realizan de manera instrumental en su transferencia a la resolución de un conflicto contextualizado” (Domènech-Casal, 2019, p.160), contribuyendo al desarrollo del pensamiento crítico, debido a esto:

La investigación actual de la aplicación del Aprendizaje Basado en Proyectos (ABP) y Educación STEM demuestra que la realización de Proyectos puede aumentar el interés de los alumnos en Ciencias, Tecnología, Ingeniería, y Matemáticas (STEM), ya que involucran a los estudiantes en la solución de problemas auténticos, trabajan en equipo y construyen soluciones reales y tangibles (Guitart & Lope, 2019, p.2).

Vinculado con el ABP, se encuentran el trabajo cooperativo y el Aprendizaje Basado en Indagación, en adelante ABI, como las formas metodológicas más evidentes en las que se manifiesta la perspectiva STEM, en donde, los estudiantes parten de las inquietudes e interrogantes que tienen respecto a su entorno, organizan, planean, implementan y evalúan proyectos que tienen aplicación en el mundo real, pues, ante

todo la iniciativa se caracteriza por ser participativa, haciendo del aprendizaje activo el elemento clave dentro del desarrollo de sus apuestas.

Ahora bien, en cuanto a las estrategias que caracterizan la perspectiva STEM, en términos generales y de acuerdo a lo encontrado en el archivo, es posible situar la indagación, las controversias socio-científicas, la resolución de conflictos socialmente relevantes, la investigación e innovación responsable (RRI), la alfabetización científica, y la educación ambiental o educación para el desarrollo y la paz, como las formas más evidentes de implementar la iniciativa. De acuerdo con esto, las estrategias en el marco de la iniciativa son asumidas:

(...) como aquellas acciones planeadas y desarrolladas con un propósito específico por el docente, que pretenden guiar el aprendizaje y motivar el desarrollo de competencias y la comprensión contextual de las ciencias, la tecnología, la ingeniería y las matemáticas, además se reconocen como prácticas en el qué hacer diario docente por su aporte en la aplicación del enfoque educativo STEM en los estudiantes. (Quiceno, 2017, p. 21).

En este orden de ideas la indagación es una estrategia que desde la constitución de la perspectiva STEM está puntualmente vinculada con la enseñanza de las ciencias, razón por la cual, propone imitar el proceso investigativo que sigue la ciencia para producir conocimiento a partir de la enseñanza, es decir, formular preguntas, diseñar experimentos, tomar y analizar datos, plantear conclusiones, construir explicaciones, etc. de acuerdo con esto, la implementación de dicha estrategia apunta al aprendizaje de tres componentes “1) Los conceptos y modelos científicos; 2) Las Inquiry skills, o habilidades de razonamiento científico; 3) El modo en que la Ciencia crea conocimiento, o Naturaleza de la Ciencia” (Domènech-Casal, 2019, p.159).

Aunque lo propuesto por la indagación como estrategia es de utilidad para promover el interés por las ciencias, es importante asumirla como el primer ejercicio de inquietud frente al mundo, pues está, incita la curiosidad, estimula la interacción con el entorno y conduce a la formulación de preguntas, elementos claves en el desarrollo de procesos investigativos; de manera, que no basta con reducir la indagación al campo de las ciencias, en su lugar al ser un elemento tan potente, es necesario, impulsarlo de forma tal que trascienda a todos los ámbitos de la vida, convirtiéndose en un proceso orgánico y constante que no se reduce al escenario escolar ni a una práctica exclusiva del conocimiento disciplinar (ciencia, tecnología, ingeniería y matemáticas), pues de esta forma, es posible movilizar otro tipo de relaciones para consigo mismo, los otros y lo otro.

Por otro lado, las controversias socio-científicas son consideradas como dilemas de respuesta abierta orientados a la toma de decisiones (Domènech-Casal, 2019) en las que suelen participar valores personales, familiares, sociales, entre otros; dando lugar a la puesta en escena de múltiples saberes alrededor de un tema de interés, enriqueciendo la experiencia sobre la cual se debate a partir de los distintos puntos de vista, de esta manera contribuir al desarrollo de las capacidades de análisis crítico, el uso de evidencias, las consideraciones éticas y la argumentación en contextos de debate. Dichas controversias pueden ubicarse en distintos escenarios pasando por cuestiones de tipo ambiental, científico, tecnológico, político, económico, cultural, e incluso ético.

En cuanto a la resolución de los problemas socialmente relevantes, en adelante PSR, es una estrategia implementada en el escenario educativo que tiene lugar a partir de las propuestas de Dewey en los años 50, y que tuvo por objeto, la búsqueda de una enseñanza basada en problemas sociales reales, como alternativa para contribuir al desarrollo del pensamiento reflexivo y la participación. De ahí, que la inquietud por las situaciones y dificultades cotidianas, se convierta en el ejercicio fundamental de los PSR, haciendo del contexto un generador de problemas, pues, es primordial comprender que el conocimiento se construye a partir de la experiencia, en la interacción continua con el entorno y en la búsqueda de alternativas frente a las circunstancias del medio que suscitan inconformidad.

Debido a esto, los PSR son considerados como uno de los elementos centrales en la implementación de la perspectiva STEM, pues, “favorece la participación activa de los estudiantes en su proceso de aprendizaje, que se vuelve aún más significativo y provechoso si es que dichos problemas provienen o se conectan de alguna manera con situaciones del mundo real” (García, Reyes & Burgos, 2017, p.4), de esta manera, se construye un vínculo entre el escenario escolar y la sociedad, a la vez, que se convierte en una posibilidad para relacionar los aprendizajes adquiridos en la escuela con la vida cotidiana, fortaleciendo el trabajo en equipo y el desarrollo de competencias como de habilidades.

En vía de lo precedente, algunas de las ventajas que ofrece la resolución de los PSR, consiste en la promoción de la participación activa y en la motivación por el aprendizaje al lograr vincular los saberes a enseñar con una problemática concreta del contexto, que, más allá de “(...) comprender el problema y aprender los conceptos básicos puede llevar al alumno a innovar, lo que es otra habilidad poderosa que buscan los empleadores” (Delgado, 2019, p.1), dejando en evidencia -nuevamente- la relación entre los intereses educativos con los económicos, No obstante, es necesaria una transformación en la organización

de los contenidos en la escuela, así como una visión menos utilitarista del conocimiento, pues para implementar estrategias como la resolución de los PSR, es fundamental un currículo crítico en el que se incorpore una mirada que se inquiete por la “realidad”, así como una visión reflexiva de la enseñanza y el aprendizaje.

Adicional a los elementos presentados respecto a los PSR, y como el enunciado lo indica, existe un fuerte interés por dar respuesta a las problemáticas sociales consideradas como relevantes desde el escenario escolar, es por ello que:

Se destaca que las soluciones a problemas sociales superlativos como la conservación del medio ambiente, el cambio climático, la distribución de la riqueza, la seguridad agroalimentaria, entre otros; solo pueden ser buscadas mediante la participación de saberes interdisciplinarios otorgando gran relevancia a las disciplinas STEM (Tovar, 2019, p.2).

Y aunque, la búsqueda de soluciones frente a problemáticas como la extinción masiva de especies, la contaminación, la pérdida de la biodiversidad, el cambio climático, etc, son cruciales en la contemporaneidad, -más aún con la actual crisis ambiental-, para construir alternativas significativas y perdurables en el tiempo, es fundamental como primera medida, promover procesos de apropiación en los entornos, vinculando no sólo a los estudiantes, sino al mayor número posible de comunidades, pues más allá de implementar estrategias descontextualizadas, es necesario desarrollar apuestas que emerjan de los contextos y de quienes viven en los territorios.

A propósito de la resolución de los PSR, y vinculada con la preocupación por lo ambiental se encuentra la estrategia denominada Educación Ambiental o Educación para el Desarrollo y la Paz, en donde se promueve la necesidad de una visión educativa en la que primen acciones que contribuyan a la sostenibilidad ambiental, que incluya aspectos de la conservación de la naturaleza y que además se preocupe por la justicia ambiental como social (Domènech-Casal, 2019), de tal manera, que se fomente la capacidad para dimensionar los conflictos locales como aspectos que influyen en la dinámica global del planeta, al tiempo que se Identifican las injusticias sociales que acompañan las problemáticas ambientales, con el ánimo de construir posturas críticas que tomen acciones de transformación al respecto.

De ahí, que exista un lugar para la enseñanza de la biología en el marco de la perspectiva STEM, pues si bien algunas de las prácticas que caracterizan dicho saber pueden estar presentes bajo el enunciado de las ciencias naturales, puntualmente, a través de la Educación Ambiental -entendida como una estrategia para la iniciativa-, existe un punto de convergencia, en el cual incluir algunos conocimientos a propósito de la

biología, sin embargo, dichos conocimientos no están centrados en el aprendizaje de la disciplina clásica que tiene por objeto de estudio lo vivo y la vida, en su lugar, el interés por la enseñanza de la misma, está relacionado con unas prácticas en concreto interesadas por el ambiente y la multiplicidad de relaciones posibles de tejer alrededor del mismo, a propósito de la necesidad de dar respuesta a las problemáticas actuales.

Debido a esto, algunas de las prácticas en términos de la biología en el marco de la educación ambiental, se encuentran relacionadas con la enseñanza de unos saberes prácticos y útiles que contribuyan a la formación de ciudadanos conscientes de su lugar, impacto y rol en el entorno, pero, que además aporten a la construcción de alternativas frente a las problemáticas ambientales desde una perspectiva de sostenibilidad, de manera que, su preocupación no está centrada en la ecología, en la evolución, en los microorganismos o en el reconocimiento de la biota local, por el disfrute de conocer, la magia de sorprenderse o el amor por cuidar, -a menos que estén relacionados con una estrategia para hacerle frente a la crisis ambiental-, sino en el saber que es contingente y necesario para responder a unas necesidades en concreto.

Por otro lado, y relacionado con la resolución de los PSR -pero en una apuesta mucho más ambiciosa- se encuentra la estrategia de Innovación e Investigación Responsable, por sus siglas en inglés RRI, en la que se promueve “que el debate y decisiones del alumnado participe en la construcción de la agenda de investigación o innovación de instituciones o empresas colaboradoras” (Domènech-Casal, 2019, p.159), de modo, que la escuela se convierta en el escenario posibilitador de una educación para la acción. No obstante, aunque la apropiación de los territorios, la intervención en los contextos y la transformación de los entornos sean las acciones esperadas luego del desarrollo de procesos que tienen por intermediarias la ciencia, la tecnología, la ingeniería y las matemáticas, transitar de lo planeado a la acción es el verdadero propósito de cualquier espacio de educación, sin embargo, es todo un reto, pues:

Una vez hemos decidido que no es lícito que se venda homeopatía en farmacias, ¿Llegamos a actuar provocando algún cambio? ¿Saben después de la actividad los alumnos cómo interactuar con las instituciones o paralelamente a ellas? Enseñar a actuar es algo costoso a nivel organizativo, probablemente por la falta de canales de participación ciudadana y políticas de gobernanza (Domènech-Casal, 2019, p.162).

Por su parte, la alfabetización científica es entendida como una estrategia orientada a lograr que la población adquiera un nivel óptimo de conocimientos entorno a la ciencia, de tal manera que le permitan participar y fundamentar sus decisiones con respecto a cuestiones científico-tecnológicas, convirtiéndose “en el objetivo

básico empleado para describir una educación científica centrada en competencias (competencia científica) que permitan el pleno acceso de todos a la cultura en CyT” (Manassero & Vasquez, 2017, p.1), poniendo en cuestión la noción de “ciencia para los científicos” por la de “ciencia para todos”, de ahí, que se encuentre estrechamente vinculada con la educación para la ciudadanía; sin embargo, más allá de adquirir una serie de conocimientos en torno a la ciencia se trata de comprender que es posible participar de forma activa, consciente y responsable con respecto a los problemas sociales.

Sumado a esto, en el marco de la perspectiva existe un interés por promover la alfabetización digital, asumida como el desarrollo de las habilidades necesarias para hacer uso de la información que circula de forma virtual al ser un elemento clave en el desarrollo de las sociedades de la información como del conocimiento, de ahí que, la iniciativa contribuya a la promoción de la misma a través del desarrollo de la capacidad para seleccionar y emplear la información disponible en la red de forma crítica y segura, identificando y contrastando autorías y fuentes de información fiables (Marquès & Sarramona, 2017). Sin embargo, para algunas experiencias más allá de fomentar la alfabetización digital o científica es necesario incentivar la alfabetización STEM término acuñado por el Washington STEM Study Group (2011) entendido como la capacidad para identificar y aplicar los contenidos de cada disciplina en la búsqueda de soluciones frente aquellas problemáticas que no pueden ser resueltas desde un solo enfoque, según esto:

El desarrollo de esta nueva alfabetización implicaría que cada una de las disciplinas STEM incluya una serie de contenidos conceptuales, procedimentales y actitudinales, de forma que si el dominio de cada una de estas disciplinas STEM es necesario, también lo es la capacidad de reconocer y apreciar las conexiones que existen entre ellas. Esta integración de áreas de conocimiento implica obtener un producto final mayor que la suma de sus partes disciplinarias individuales (Perales & Aguilera, 2020, p.1).

Con todo ello, para alcanzar los propósitos propuestos por la alfabetización científica, digital como de las disciplinas restantes, se recurre al uso de metodologías como el ABP, o de estrategias como la indagación, la resolución de conflictos socialmente relevantes, la investigación e innovación responsable, así como, las controversias socio-científicas, en tanto, el interés por incorporar las mismas en la perspectiva STEM plantea una interesante oportunidad en la selección crítica de información proveniente tanto del campo de las ciencias como de aquello que circula en lo virtual (López, Couso, Simarro & Rodríguez, 2020); de forma que la formación en dichos aspectos no ocurre de manera aislada, fragmentada, ni escalonada, en su defecto se recurre a lo holístico como forma de integración de dichas prácticas.

En torno a las estrategias relacionadas puntualmente con lo tecnológico en su definición clásica, sumadas a la programación, la robótica, la impresión 3D, el trabajo con sensores entre otros, se encuentran

herramientas como teléfonos inteligentes, tablets, visores de realidad virtual, aplicaciones de trabajo “Cloud” y datos remotos (geolocalización, laboratorios virtuales, etc.) (Domènech-Casal, 2014a y 2014b); sin embargo, si bien son elementos que ofrecen una diversidad de posibilidades en el ámbito de la enseñanza como del aprendizaje, es necesario pensar en ¿cómo brindar acceso a dichas estrategias en contextos de educación rural? o en su defecto ¿cómo adaptar las estrategias que requieran el uso de dichas herramientas para no segregar a los estudiantes del contexto mencionado, ampliando la brecha entre lo urbano y lo rural?, más aún, cuando -para el caso de Colombia- la educación rural representa al menos el 67,5% de los centros educativos del país (El Tiempo, 2019), lo cual, corresponde a, más de la mitad de la población estudiantil.

Finalmente, al ser la perspectiva STEM un conjunto de propósitos económicos orientados al escenario escolar, que tiene por objeto fomentar el interés por la ciencia y la tecnología, formar en competencias y habilidades, así como, disminuir las brechas económicas, con el ánimo de contribuir al desarrollo del proyecto de nación de cada país:

(...) podríamos sintetizar sus principales características en: (a) se presenta como un enfoque de enseñanza que integra Ciencia, Tecnología, Ingeniería y Matemáticas; (b) orientado a la resolución de problemas, preferentemente reales, a fin de desarrollar una alfabetización STEM; como consecuencia de lo anterior (c) persigue la promoción de una identidad STEM entre la ciudadanía que le permita comprender la repercusión social de las Ciencias, la Tecnología, la Ingeniería y las Matemáticas, así como participar de forma activa y crítica en la toma de decisiones; y (d) sus objetivos de aprendizaje interpelan al reconocimiento de los vínculos existentes entre las disciplinas STEM y su aplicación en la resolución de problemas reales, conocimientos y habilidades imprescindibles para cumplir lo descrito en los apartados (b) y (c) (Perales & Aguilera, 2020, p.7).

De acuerdo con esto, las prácticas que caracterizan la perspectiva STEM se encuentran relacionadas con la apropiación de los procesos de pensamiento crítico y propositivo, en donde se promueve el trabajo cooperativo, integrando competencias en la búsqueda de soluciones a los problemas socialmente relevantes mediante la colaboración, la construcción colectiva y el desarrollo de destrezas en las que se integran procesos y conceptos en contextos donde aplicarlos sea natural; para ello, recurre a metodologías como el “Movimiento Maker”, el “Tinkering”, el “Design Thinking”, el “Learning by Design”, el aprendizaje basado en proyectos (ABP) o el aprendizaje basado en indagación (ABI), y a estrategias como la indagación, las controversias socio-científicas, la investigación e innovación responsable (RRI), la alfabetización científica, y la educación ambiental o educación para el desarrollo y la paz.

3.1.3. STEM: ¿MODELO, ENFOQUE EDUCATIVO, APROXIMACIÓN AL CAMPO DE LA ENSEÑANZA?

STEM por sus siglas en inglés (Science, Technology, Engineering y Math) es un modelo que se ha venido implementando en el proceso de enseñanza - aprendizaje como medio para la integración de los conocimientos de cada una de las disciplinas, el cual pretende dejar de lado el aprendizaje de estas por separado.

(González & Zapata, 2019)

Para continuar, es posible afirmar que no existe una única comprensión en torno a la iniciativa STEM, por el contrario, se encuentran una diversidad de acepciones que dan cuenta de la multiplicidad de prácticas que la configuran, siendo estas, en algunos casos ambiguas o disímiles. De manera, que ante la pregunta ¿es STEM un enfoque, un modelo o una aproximación al campo de la enseñanza? De acuerdo con los elementos hallados en el archivo, es posible mencionar, que existen una serie de experiencias que dan cuenta de su naturaleza en tres escenarios distintos; uno, situado como un modelo de enseñanza; dos, asumido como un tipo de educación; y tres, entendido como una aproximación al campo de la enseñanza.

En esta medida, situar la iniciativa STEM como un modelo de enseñanza implica asumirla como un plan estructurado que organiza, normativiza, reglamenta y direcciona la práctica educativa; definiendo así, ¿qué contenidos abordar? ¿cómo hacerlo? ¿en qué momento? ¿a través de qué proceso?, etc. Reduciendo la acción de la pedagogía al ámbito de la ejecución –relegándola a lo operativo- y por tanto instrumentalizando dicho saber. Esto limita las posibilidades de creación que desde la escuela tienen lugar; de tal modo que, se considera necesario asumir la enseñanza a partir de otras aristas alejadas de la estandarización, de tal modo, que a través del desarrollo de la misma se pueda dar respuesta al interés por lo social y el contexto, como la misma iniciativa lo propone al pretender “involucrar a los estudiantes en problemas del mundo real a través de actividades contextualizadas con un alto contenido experimental” (Peña, 2018, p.2).

Así las cosas, ubicar la iniciativa como un modelo de enseñanza, de acuerdo con lo propuesto por Galeano; Preciado; Carreño; Aguilar & Espinosa (2017), requiere de al menos tres componentes: el teórico, metodológico y práctico; en donde, el primero, se refiere a los elementos de tipo epistemológico, filosófico, sociológico y antropológico que le dan fundamento; el segundo, se orienta a describir los contenidos, los objetivos de aprendizaje, la organización del conocimiento, las estrategias de enseñanza, etc. Así como, a establecer la noción de maestro y estudiante que promueve; y el tercero, se vincula con la planeación, validación e implementación, del modelo, como paso para su concreción en el acto pedagógico y, con ello, el alcance de la transformación esperada; sin embargo y a propósito de la iniciativa STEM bajo esta noción,

a lo largo del archivo consolidado no existe claridad respecto a los elementos anteriormente descritos, de manera que permitan enunciarla y caracterizarla como tal.

Continuando con los aspectos que permiten situar la iniciativa STEM como un modelo de enseñanza se considera necesario identificar los elementos de tipo pedagógico que la caracterizan bajo esta mirada, pues si bien, la pedagogía no es un saber equiparable con otras formas de conocimiento, en tanto, no se asume como un objeto preexistente y formalizado, -de ahí que no exista una única forma de enseñanza, universal y funcional en todos los escenarios-, requiere de unas conceptualizaciones mínimas en términos estructurales, metodológicos y procedimentales para su puesta en funcionamiento; pues es una práctica de conocimiento mediada por la reflexión, que contribuye a la problematización y comprensión de los fenómenos educativos, así como a la construcción de otras posibilidades en el escenario escolar.

En vista de lo precedente, y vinculado con los elementos pedagógicos posibles de rastrear a la luz del archivo, se encuentran algunas cuestiones metodológicas y de procedimiento interesadas por definir los aspectos de tipo didáctico que caracterizan a STEM, situandola, como la encargada de viabilizar la enseñanza, en tanto, se recomienda “contar con marcos de trabajo claros que permitan orientar las actividades que se lleven a cabo alrededor de estas iniciativas, (...) sobre todo de establecer marcos para el trabajo didáctico” (Gómez; Duque; Canu & Danies, 2015, p.8), reduciendola al método empleado por la pedagogía para alcanzar sus fines, sin embargo, y más allá de la mirada instrumental sobre la misma, es fundamental comprender que la didáctica se ha convertido en la posibilidad para pensar la enseñanza y restituirla como el objeto central del saber pedagógico (Zuluaga; Echeverri; Martínez; Restrepo & Quiceno, 2003).

Lo anterior, moviliza una serie de inquietudes en torno al lugar de la didáctica en el marco de la iniciativa STEM, pues, al vincular las ciencias, la tecnología, la ingeniería y las matemáticas es posible pensar en la integración de las didácticas específicas -por lo menos para el caso de las disciplinas que conforman las ciencias (biología, química, física), dado que existen algunos avances en cada una de ellas, junto con las matemáticas, o en su lugar trabajar a partir de los marcos generales que propone la didáctica de las ciencias y vincularlos con las disciplinas restantes (ingeniería, tecnología, matemáticas); no obstante, e independientemente del escenario, los interrogantes versan en términos de ¿cómo integrar las didácticas específicas cuando se emplean marcos disciplinares tan diversos? y ¿cuáles son las condiciones mínimas que deben tener las instituciones para el desarrollo de apuestas didácticas como estas?.

Por consiguiente y en un intento de respuesta frente a los anteriores cuestionamientos se plantea la necesidad “de la configuración de didácticas holísticas” (Useche & Vargas, 2019, p.118), las cuales respondan a las exigencias que presenta la iniciativa STEM, de tal forma, que finalmente la enseñanza sea abordada de manera integral, superando así, la fragmentación del conocimiento frecuente en el currículo; por otro parte, y en oposición a esta visión -un tanto sistémica-, en algunas apuestas se hace mención al lugar de las ciencias como la prioridad a ser enseñada, haciendo de la didáctica de las ciencias el elemento fundamental (Laverde, 2016) a tener en cuenta. De acuerdo con este panorama, se hacen evidentes las distintas posiciones frente a los elementos de tipo didáctico que caracterizan la iniciativa, sin embargo, más allá de explorar nuevas propuestas, innovadoras y eficaces se debe complejizar la mirada sobre lo didáctico como ejercicio de pensamiento, en oposición a continuar validando su instrumentalización, de tal manera que contribuyan a la enseñanza como al aprendizaje de forma significativa.

Es frente a la incursión de la noción de currículo y sus posibles relaciones con la didáctica, que se propone lo que se conoce como “un nuevo enfoque de organización curricular denominado educación STEM” (Laverde, 2016, p.8). Dando lugar a una serie de interrogantes relacionados con el currículo y la pertinencia de dicha iniciativa en el mismo, entre estos: ¿cómo abordar la enseñanza de manera interdisciplinar, cuando el currículo se encuentra estructurado a partir de la fragmentación del conocimiento?, ¿qué características debe tener para dar respuesta a la integración?, ¿qué contenidos privilegia?, ¿qué criterios de inclusión o exclusión, en torno a los saberes a enseñar, tiene en cuenta?, a propósito de la enseñanza de la biología, ¿cuál es el lugar de la biología o en su defecto de las ciencias respecto a las demás disciplinas?, sumado a la propuesta de algunas iniciativas por no perder de vista el contenido curricular desarrollado en los estándares nacionales (Laverde, 2016, p. 9) ¿cómo dialogar con lo establecido en el currículo y los presupuestos de la iniciativa?.

Lo anterior tal y como lo menciona González & Zapata (2018) (...) “ha permitido hacer una reflexión y crítica frente a los currículos, en vista de que se enfrenta al desafío de articular dichas disciplinas con la intención de integrar y coordinar procesos” (p.31), lo que, conduce a repensar las lógicas sobre las cuales se ha construido y consolidado la estructura curricular -al menos para el caso de Colombia- pues, para dar respuesta a las distintas características que se le atribuyen a la iniciativa STEM, son necesarios otros elementos que a la fecha no se han vinculado al mismo, como: la interdisciplinariedad, la flexibilidad, etc; dicho esto, se hace prioritario comenzar a repensar la naturaleza del currículo, pues éste, es asumido como un mecanismo de control, que de alguna u otra forma condiciona el quehacer del maestro, en tanto,

selecciona lo “enseñable” a partir de criterios “e intereses sociológicos y económicos, no derivados del saber específico enseñado, ni de la didáctica correspondiente” (Zuluaga; Echeverri; Martínez; Restrepo & Quiceno, 2003, p.25).

Al respecto y entendiendo el currículo como la materialización del vínculo entre sociedad y educación, son varios los interrogantes que emergen en torno a éste, como elemento clave en la consolidación de la educación STEM, entre ellos: ¿cuál es el currículo que requiere una sociedad como la colombiana en términos de la iniciativa? ¿dónde queda el carácter social y de preocupación por los contextos que expresa el currículo? ¿cuál es el proyecto de formación ético y político que representa en este caso?. Sin embargo, la discusión no se agota aquí, en su lugar, en la medida en la que la iniciativa se ha ido implementando, esta se continúa retroalimentando, fortaleciendo y transformando a propósito de las apropiaciones que sobre la misma se realizan.

En este orden de ideas, es posible mencionar que la iniciativa bajo el enunciado de educación STEM se ha venido consolidando a partir de unas necesidades de formación vinculadas con la urgencia de promover el aprendizaje de conceptos científicos como matemáticos, de ahí que, se privilegie la enseñanza de estas disciplinas en comparación a las restantes, configurándose así “(...) como un enfoque didáctico de enseñanza” (Paredes, 2018, p.5) dando paso a la constitución de un enfoque educativo que tiene por fundamento el fortalecimiento de la innovación educativa (M.E.N., 2020), lo cual, permite situarlo como una metodología de aprendizaje activa.

Así las cosas, situar la educación STEM como una metodología activa de aprendizaje implica asumirla como “un plan integrado, basado en la investigación” (Vanguardia, 2018, p.1), a partir del cual se orienta la enseñanza hacia el desarrollo de habilidades en el ámbito puntual de la indagación. Pues si bien, la investigación es considerada como una de las estrategias más importantes en el fortalecimiento de la enseñanza y el aprendizaje, centrar los procesos educativos en la misma implica destinar una serie de recursos para su desarrollo -materiales, herramientas, tiempo, componente humano (maestros - investigadores asociados), apertura curricular-; no obstante, si se contase con dichos recursos como con la disposición política y económica para ello, no implicaría que por consiguiente existiese un incremento en la calidad educativa, ni garantizaría el acceso a mejores condiciones de vida, pues lograr que la investigación se convierta en el motor de cambio de la educación requiere de transformaciones profundas partiendo de la manera en la que se le concibe, pues más allá de justificarla como una necesidad para alcanzar unos

propósitos particulares, se trata de pensarla como una experiencia formativa que trasciende a la existencia misma.

Sumado a lo ya expresado y en términos generales, las implicaciones de asumir la iniciativa a partir de lo exclusivamente educativo, van a estar relacionadas con el desplazamiento de la enseñanza como el eje articulador de la pedagogía, en tanto, el objeto de conocimiento del campo educativo se encuentra centrado en el aprendizaje, razón por la cual es común encontrar afirmaciones como:

(...) Se han propuesto requisitos para que una propuesta educativa sea considerada dentro de la (...) educación STEM: i. El proceso de aprendizaje debe estar centrado en el estudiante, él es quien construye sus conocimientos y su herramienta es la resolución de problemas del mundo de la vida (no imaginados por el profesor o sugeridos en los textos) (Useche & Vargas, 2019, p.117).

En este sentido, centrar los procesos de formación en el aprendizaje limita la pedagogía al acontecer del aula, al tener en cuenta sólo las habilidades, debilidades y comportamientos de los estudiantes, declarándola de esta manera, como un saber pasivo y exclusivamente práctico, esto es, reduciendo lo pedagógico al acto de enseñar, cuando esta es solo una de las dimensiones que constituyen dicho campo; es por ello necesario restituir la enseñanza como el ejercicio fundamental de la pedagogía, pues de esta manera es posible incitar otras formas de pensamiento, de conducción de sí, de gobierno de la vida, en fin último de construcción de otras subjetividades más autónomas y menos impuestas.

Teniendo en cuenta el anterior panorama, tanto desde la óptica del *Modelo de Enseñanza* como de *Enfoque Educativo*, “la causa de que esté siendo tan difícil dotar de significado didáctico o pedagógico el término STEM es que en realidad no lo tiene” (Domènech, 2019, p.156). Puesto que, este no es una metodología de enseñanza, ni un modelo –estrictamente como el enunciado lo refiere-, sino, “un propósito que busca resolver problemas comunes identificados por muchos países. Y en su solución se vienen utilizando estrategias de enseñanza ya conocidas desde hace décadas” (Observatorio de Innovación Social, Universidad Minuto de Dios, 2019, p.4); En donde, no se establece una única forma de enseñanza, sino que, por el contrario incluye todo un portafolio de metodologías, estrategias, herramientas, recursos, etc. Dando lugar a lo que algunos denominan como el “Paraguas STEM”, debido a la multiplicidad de prácticas que en el mismo tienen lugar, de tal modo que al hablar de la iniciativa STEM:

(...) sirve para referirse al ámbito profesional que incluye las diferentes disciplinas científico-tecnológicas [carreras y profesiones], pero también para referirse al conjunto de conocimientos, competencias y prácticas relacionadas con este ámbito que deben ser promovidas y desarrolladas a lo largo de la escolaridad (...). (López, Couso, Simarro & Rodríguez, 2020, p.2)

Es frente a este escenario de discusión por la naturaleza de la iniciativa STEM, que se suma la postura que la concibe como una Aproximación al Campo de la Enseñanza, es decir, como un acercamiento a las disciplinas que la constituyen de forma integrada y conectadas con el mundo real (Ciruelo & Zubiaga, 2014). De forma, que a diferencia de la noción de modelo o enfoque que se ha venido presentando, asumirla de esta manera, permite hacer uso del abanico de posibilidades que la misma ofrece interactuando de forma flexible con los presupuestos y particularidades de las instituciones educativas, es decir, sin estandarizar, reglamentar o normativizar la acción pedagógica.

Dicha aproximación puede ser entendida a partir de dos escenarios que lejos de ser excluyentes se complementan; el primero, en el que se pretende acercar al proceso de enseñanza-aprendizaje desde una perspectiva impulsada por un juego experimental que promueve la ruptura de barreras entre las disciplinas (Cilleruelo & Zubiaga, 2014), por lo que, se propone abordar la enseñanza de los elementos en común de las áreas que integran la iniciativa; y el segundo orientado al reconocimiento de los acontecimientos sociales y naturales como problemáticas inmediatas, de ahí, que se dé prioridad a la enseñanza a través de actividades inmersivas aplicadas al mundo, de manera que puedan ser resueltas de forma integrada; ahora bien, asumir de esta manera la iniciativa ofrece mayor libertad y autonomía al momento de enseñar, sin embargo, se debe tener precaución con llegar a reducir la acción pedagógica exclusivamente a lo práctico y procedimental.

Es por ello que desde la construcción del presente trabajo investigativo se asume la naturaleza de la iniciativa STEM a partir de la noción de perspectiva, entendida como el punto de vista desde el cual se aborda un asunto particular; dado que, como hasta el momento se ha venido presentando la consolidación de la misma aún se encuentra en un estado de desarrollo inicial, razón por la cual, los elementos hallados a la luz del archivo dan cuenta de una diversidad de aspectos que se le atribuyen, los que, a su vez permiten mencionar que la perspectiva STEM no es un modelo, ni enfoque, en su lugar puede ser una forma particular de abordar los procesos educativos, de ahí, que el poliedro de relaciones que dan lugar a la existencia de la misma, se constituyan en una mirada a la educación en donde tiene protagonismo la ciencia, la tecnología, la ingeniería y las matemáticas.

Asumirla de esta manera entonces, ofrece toda una diversidad de posibilidades en el ámbito de la enseñanza, en tanto, no reduce la acción pedagógica al campo de lo procedimental, en su lugar, dispone de toda una multiplicidad de aspectos de los cuales el maestro puede hacer uso en función de sus necesidades.

Sumado a que “esto libera a la didáctica y la pedagogía de un encargo sobrevenido (intentar crear una narración que justifique pedagógicamente ese término político)” (Domènech-Casal, 2018, p.32), dando protagonismo a los elementos que la perspectiva ofrece a través de su constitución, es decir, el conocimiento sobre cómo se aprende, los métodos y sus limitaciones.

Para finalizar y teniendo en cuenta los elementos anteriormente descritos en torno a la naturaleza de la iniciativa, es posible afirmar que existe una amplia discusión respecto a la misma, lo cual, ha conducido a asumir como STEM cualquier propuesta que involucre las disciplinas que la constituyen, convirtiéndose en un obstáculo al momento de implementar la perspectiva, debido a esto, y entre otras razones “(...) las instituciones no se ponen de acuerdo en cuanto a su significado y cómo se pueden instaurar en los centros. No se define con exactitud la palabra STEM y no queda claro si esta se configura como una disciplina única o una aproximación del conjunto de las cuatro materias” (Azcaray, 2019, p.51), es por ello necesario comenzar a cuestionar, problematizar y tensionar apuestas como estas desde la escuela y los actores que intervienen en ella, con el ánimo de construir alternativas pensadas en clave de los contextos y las necesidades de los mismos.

3.2. APROPIACIONES EN CLAVE DE LA PERSPECTIVA STEM: DE LAS ARTES (STEAM) A LAS HUMANIDADES (STEM+H)

Si bien, con el paso del tiempo la perspectiva STEM se ha ido implementando en distintos países del mundo, entre ellos Colombia, debido a la gran aceptación que ha tenido en los espacios de innovación educativa, también han comenzado a realizarse una serie de apropiaciones en torno a la misma, lo que ha conducido a incluir otros saberes igualmente válidos al marco general propuesto por la iniciativa, que en fin último responden a las particularidades y necesidades de los contextos escolares, tal es el caso de la integración de las artes a la misma, lo que ha dado lugar al término STEAM acuñado por Georgette Yakman en el 2006 en donde se propone la interpretación de la ciencia, la tecnología, la ingeniería y las matemáticas a través de las artes, de modo, que:

La integración de las Artes en la corriente STE(A)M nos sitúa ante un nuevo marco de aprendizaje, donde a partir de problemas deseados, de las ganas de saber, la curiosidad se convierte en motor y guía del conocimiento, un punto de partida para la exploración de diferentes soluciones en una búsqueda permanente de la satisfacción personal. Este modelo de educación provee una aproximación interdisciplinar integrada conectada con el mundo real, y dirigida a la resolución de problemas (Cilleruelo & Zubiaga, 2014, p.2).

Desde entonces se han considerado las artes como otra de las disciplinas fundamentales en el despliegue de las apuestas que involucran la perspectiva, pues, a partir de su implementación en el escenario educativo

se ha evidenciado un aumento en la comprensión de conceptos de forma práctica y creativa, dado que, la esencia de la perspectiva STEAM reside en la integración de los contenidos en común de las cinco áreas que la constituyen de forma multidisciplinar; convirtiendo las artes en una herramienta para la canalización y el aprendizaje de los saberes restantes, que ha permitido situar lo artístico en un pilar fundamental en la definición de los criterios de excelencia, innovación, y desarrollo tecnológico (Cilleruelo & Zubiaga, 2014).

No obstante, entender de esta manera lo artístico estaría reduciendo a lo instrumental el saber que allí tiene lugar, limitando las posibilidades de creación que en el desarrollo de apuestas como estas se hacen presentes, pues, más allá de la pintura, la escultura o la danza, el arte es filosofía, literatura, escritura, tanto así que, "las artes son esenciales para desarrollar (...) la dimensión ética frente al pensamiento único y el relativismo moral" (Perales & Aguilera, 2019, p.1), sumado, a que al reivindicar a las artes como ejercicio de pensamiento complejo se amplía el panorama de su campo de acción proporcionando tanto a la enseñanza como al aprendizaje las "4C" de la creación artística: la Creatividad, el pensamiento Crítico, la Comunicación, y la Colaboración. (Perales & Aguilera, 2019)

De ahí, que la integración de las artes a la perspectiva STEM se encuentre asociada con una preocupación frente a la falta de creatividad e innovación, razón por la cual se han configurado a puestas de enseñanza en las que se les incluye como el elemento principal a ser desarrollado, en tanto, "el vínculo entre arte, ciencia y tecnología permite el diseño de conexiones curriculares hasta el momento consideradas incompatibles, estableciendo un conjunto de nuevas relaciones entre competencias y temas del currículum" (Cilleruelo & Zubiaga, 2014, p.2) ampliando las conexiones a realizar entre las distintas disciplinas y aumentando las probabilidades de aprendizaje; pues si bien, la vinculación de las artes se ha convertido en sinónimo de creatividad, se debe tener precaución, pues, "esto puede conducir a pensar que las demás áreas no tienen sus propios espacios de creatividad, lo que no [estaría] colaborando precisamente a la armonía interdisciplinar" (Domènech, 2019, p.156).

En vía de lo anterior y teniendo en cuenta que si bien una de las relaciones posibles de establecer entre la perspectiva STEM y la biología están situadas bajo la noción de la vida, pensar en la integración de las artes a la misma, reitera la importancia de dicha forma de conocimiento, en tanto, son saberes esenciales para fomentar el desarrollo del componente ético, dimensión muchas veces olvidada por la importancia que al positivismo y el pensamiento dominante se le ha otorgado, sin embargo elemento vital para vivir en armonía y sociedad.

Continuando, la integración de las artes a la perspectiva STEM se ha convertido en una de las condiciones de posibilidad para la vinculación de otras miradas al marco general propuesto por la iniciativa, movilizado entre otros aspectos por la necesidad de dar respuesta a otros intereses y saberes igualmente válidos que enriquezcan y motiven el desarrollo de la apuesta en el escenario educativo, no obstante, "lo expuesto parece apuntar –permítasenos el símil– hacia un "maremoto STEAM" causado por diversos factores sociales y acelerado por presiones político-económicas sin disponer de estructuras (sistemas educativos) ni herramientas (formación del profesorado) eficaces para enfrentar las consecuencias" (Palacios & Aguilera, 2019, p.1).

Al respecto y con el ánimo de visibilizar algunas de las apropiaciones que de la perspectiva se han venido realizado la Global STEM Alliance (2015) ha añadido la letra S y E correspondiente al componente socioemocional al marco general de la iniciativa como un elemento hasta el momento ausente pero fundamental en la formación de profesionales en áreas STEM, dando lugar al acrónimo STEM+S&E, a la vez que se ha integrado la letra H de Health (Salud) conduciendo a la constitución del acrónimo STEM+H, mirada que se centra en el fortalecimiento de las prácticas del cuidado de la vida; de manera, que la integración de otros saberes al marco inicial de trabajo propuesto por la iniciativa ha tenido por objeto contribuir al fortalecimiento de dichas apuestas a partir del desarrollo de perspectivas más humanas y conscientes de los elementos de tipo social, emocional y de salud claves en la formación.

De ahí, que exista un lugar para pensar la enseñanza de la biología a través del interés por la salud, en tanto, dicho saber se encuentra estrechamente relacionado con unas formas de gobierno sobre la vida a partir de las cuales se regula, conduce, limita, controla e incitan unas maneras concretas de vivir, para ello, se dispone de la circulación de una multiplicidad de discursos como el de calidad de vida que se encuentra relacionado con promover el bienestar, el autocuidado, los hábitos de vida saludable, entre otros, reiterando una vez más, la importancia de la vida como aspecto que valida la permanencia de la biología en la escuela.

Para continuar y atendiendo al caso particular del contexto educativo colombiano, la perspectiva STEM comienza a ser implementada en los años 2000 a través del programa Pequeños Científicos de la Universidad de los Andes, sin embargo y ante la necesidad de vincular el componente humanístico a la perspectiva, en la ciudad de Medellín se integra a esta noción las humanidades, dando lugar al término STEM+H -acrónimo utilizado en un sentido distinto al propuesto por la Global STEM Alliance-, constituyéndose en un marco educativo que no se centra solo en la producción de conocimiento científico o

tecnológico sino, que además, pretende formar sujetos más humanos, conscientes, críticos y reflexivos, en tanto:

Existe una necesidad de modelar una transformación curricular dirigida a la inclusión de la ciencia, la tecnología, la ingeniería, las matemáticas y el humanismo, configurándose así STEM como un enfoque educativo, científico, tecnológico e innovador que busca permanentemente desencadenar en la cultura, sociedad, ciencia y gestión del conocimiento desde el aula para el mundo, todo esto con el fin de generar una revolución en la educación, donde los estudiantes puedan trabajar en equipo, implementar proyectos, refutar lo que se les enseña y sobre todo para poner en práctica el aprendizaje en la resolución de problemas del contexto (González & Zapata, 2019, p.20).

En vía de ello, en la ciudad de Medellín se construye la unidad de educación técnica y tecnológica Vivero STEM+H un espacio que ha permitido la construcción de iniciativas educativas que tengan como fundamento la ciencia, la tecnología, la ingeniería, las matemáticas y las humanidades, constituyéndose de esta manera en el primer espacio del territorio nacional dedicado a la promoción de dicha perspectiva a través del desarrollo de iniciativas educativas con altos niveles de creatividad e interacción social, ofreciendo así, una visión integradora de las disciplinas, constituyéndose en una ventana de posibilidades que ofrece el país al mundo; de manera que, existen distintas formas de apropiación de la perspectiva STEM que responden a las particularidades y necesidades de los contextos educativos, lo cual, permite que la misma se encuentre en un constante feedback que enriquece sus modos de funcionamiento.

Para finalizar, y como hasta el momento se han venido presentando existen una multiplicidad de prácticas que caracterizan la iniciativa STEM, sin embargo, es posible identificarse como enunciados fuerza, que se presenta como una perspectiva de enseñanza que integra las ciencias, la tecnología, la ingeniería y las matemáticas, orientada a la resolución de problemas socialmente relevantes, situados en contexto, a fin de promover el desarrollo de competencias, habilidades y procesos de alfabetización STEM con el propósito de fortalecer la participación de forma activa y crítica en la toma de decisiones. Teniendo en cuenta el anterior despliegue en términos de los saberes que constituyen la perspectiva STEM, el siguiente capítulo tiene como interés problematizar las condiciones que posibilitaron su constitución.

CAPÍTULO IV

4. HILOS: CONDICIONES DE POSIBILIDAD DE LA PERSPECTIVA STEM

La educación debe ser considerada como un servicio prestado al mundo económico.

(Informe de la European Round Table, 1995)

Teniendo en cuenta que el interés del presente ejercicio investigativo versa en torno a la problematización de la perspectiva STEM, se suma a la construcción de este tejido la inquietud por las condiciones que hicieron posible su constitución y, que son entendidas como el encuentro de múltiples relaciones en un momento histórico determinado entre las formas de saber, las fuerzas de poder y los modos de subjetivación, lo que permite que se instalen ciertas maneras de pensar, ver y decir, pero también, que se instauren como “verdades”, posicionando así, los discursos que son considerados como relevantes.

En razón de lo anterior, es importante mencionar que la intención del presente capítulo no está centrada en legitimar o instaurar como verdad las condiciones de posibilidad de la perspectiva STEM, por el contrario, de lo que se trata es de poner en cuestión aquellos escenarios de “realidad” que han posibilitado la constitución de la misma y sus posibles efectos sobre la enseñanza de la biología a modo de sospecha, para ello, inicialmente se abordan las condiciones asociadas a la noción de desarrollo y aquello que esto implica en el escenario educativo (la formación en ciencia y la tecnología, en competencias, etc.), para finalizar con las posibles relaciones entre el enfoque Ciencia, Tecnología y Sociedad, en adelante CTS, y la iniciativa STEM a propósito de sus convergencias como divergencias.

4.1.CONDICIONES ASOCIADAS A LA NOCIÓN DE DESARROLLO

El Departamento de Comercio -en los Estados Unidos- ha indicado que los trabajos de STEM están creciendo a una tasa del 17%, en comparación con el 9.8% en otras profesiones. En resumen, habrá más posiciones STEM que cualquier otro campo. STEM es ahora la fuerza motriz de nuestro futuro, y tenemos que preparar a nuestros estudiantes para un lugar de trabajo muy diferente al actual.

(Boxlight, 2019)

En 1957 la Unión Soviética puso por primera vez un satélite en órbita, el Sputnik; tras ese salto en la carrera espacial, un año después, el presidente de los EE.UU. Dwight D. Eisenhower promulgaría la National Defense Education Act., ley que impulsaba la educación en ciencias, tecnología, ingeniería y matemáticas desde la primaria hasta la Universidad, con el objetivo de fomentar la potencia científica e ingenieril del país, para así competir en la carrera espacial contra la Unión Soviética (Domènech-Casal, 2019), es frente a este

panorama de tensiones científicas, políticas y económicas que comienza a tejerse el entramado de relaciones que más adelante dará paso a la constitución de la perspectiva STEM entendida como objetivo educativo.

En vía de lo anterior, el informe de 1983 de la Comisión Nacional de Excelencia en Educación de EE. UU. denominado *A Nation at Risk: The imperative for educational Reform*⁶ pone de manifiesto las implicaciones del detrimento de la calidad de la educación en el ámbito económico y social, siendo tal la magnitud, que el informe lo enuncia así:

Nuestra Nación está en riesgo. Nuestra preeminencia, antes indiscutible, en el comercio, la industria, la ciencia y la innovación tecnológica está siendo superada por competidores en todo el mundo. Este informe se ocupa únicamente de una de las muchas causas y dimensiones del problema, pero es la que sustenta la prosperidad, la seguridad y el civismo estadounidenses. Informamos al pueblo estadounidense que, si bien podemos enorgullecernos justificadamente de lo que históricamente han logrado y contribuido nuestras escuelas y universidades a los Estados Unidos y al bienestar de su gente, los cimientos educativos de nuestra sociedad están siendo erosionados actualmente por una marea creciente de mediocridad que amenaza nuestro futuro como nación y como pueblo. Lo que era inimaginable hace una generación ha comenzado a ocurrir: otros están igualando y superando nuestros logros educativos (Gardner, 1983, p.1)⁷.

Dejando en evidencia la estrecha relación entre la educación y la noción de desarrollo, en donde la exigencia por el conocimiento se relaciona con lo pertinente, necesario y prioritario en términos del progreso, tanto social como económico de una nación. De forma, que ante la preocupación por la insuficiencia de la calidad educativa se suma la advertencia del informe Rocard de la Comunidad Europea en donde se plantea que no existen suficientes vocaciones científico-tecnológicas entre los futuros profesionales debido, entre otras razones a la enseñanza descontextualizada de la ciencia y la tecnología, las dificultades de su apropiación y la ausencia de experiencias prácticas que contribuyan a su aprendizaje, convirtiéndose en una problemática reiterativa que ha vinculado los esfuerzos de organizaciones políticas, empresariales y escolares, en la búsqueda de alternativas, pues, la falta de profesionales en áreas STEM debilita la capacidad de innovación y progreso que requieren las naciones. Por consiguiente, se plantea como fundamental el fortalecimiento de la creatividad e innovación en la futura fuerza de trabajo, pues para ser una nación líder a nivel mundial, es necesario, fomentar las iniciativas en el campo de la perspectiva STEM.

Dicha problemática se acentúa con la creciente oferta de empleos en campos STEM que de acuerdo con el informe Randstad Research (2016) se prevé que en los próximos cinco años, la automatización de los

⁶ Una Nación en Riesgo: el imperativo de la reforma educativa, traducción propia.

⁷ Traducción propia.

procesos generará 1.250.000 puestos de trabajo, de ellos, 390.000 serán empleos de ciencia, tecnología, ingeniería y matemáticas, mientras que 690.000 corresponderán a puestos que darán soporte a las áreas STEM, dejando en evidencia, la necesidad de formar en dichas áreas, pues solo, en los últimos 10 años, la tasa de crecimiento de empleos STEM ha sido tres veces más rápida que el crecimiento de los empleos no-STEM (Longdon, McKittrick, Beede, Khan, y Doms, 2011), conduciendo a lo que podría denominarse como un déficit profesional que repercute directamente en la economía global, pues, sin la mano de obra calificada para ocupar los perfiles requeridos los procesos de producción se hacen insostenibles.

Así mismo, la OCDE (2015) proyecta que para el año 2030 el 80% de los empleos que actualmente son de mayor demanda desaparecerán y serán reemplazados por perfiles de carreras STEM; lo cual, conduce a pensar que el desempleo no va a estar relacionado con la ausencia de ofertas laborales, sino, con la falta de personal calificado para desempeñarse en las labores que las empresas requieren; no obstante, frente a este panorama surge la inquietud por ¿cuáles son las estrategias que se vienen adelantando para enfrentar la ausencia de cualificación en áreas STEM en poblaciones no escolarizadas? ¿acaso la alternativa es aumentar la fuerza de trabajo “joven” y por ende garantizar su formación lo que traería como consecuencia el desplazamiento del personal no escolarizado?, en tanto, la falta de personal calificado sumado al envejecimiento de la fuerza laboral en STEM suscita un panorama crítico (Morrell & Parker, 2015), justificando así, la necesidad de formación de recursos humanos calificados que den respuesta a las necesidades del mercado, pues, la comprensión de principios científicos, tecnológicos, ingenieriles como matemáticos se hacen necesarios para desempeñarse en cualquier ámbito.

En razón de lo anterior, distintos gobiernos y organizaciones han reiterado la importancia de la triada educación, empresa y desarrollo, razón por la cual, cualquier iniciativa desarrollada en el marco de la perspectiva STEM debiese poder establecer vínculos con el sector productivo a través de la creación de alianzas entre la escuela, el sector privado y el estado con el ánimo de garantizar recursos a través de los cuales potenciar la formación y como consecuencia aumentar los beneficios para la empresa; de manera, que la formación en áreas STEM y los modos de relación que allí tienen lugar resultan ser la clave para afrontar los cambios que la contemporaneidad exige, pues tal y como lo afirma el Committee on STEM, Education (2018) de los Estados Unidos:

Desde la fundación de la Nación, la ciencia, la tecnología, la ingeniería y las matemáticas (STEM) han sido una fuente de descubrimientos inspiradores y avances tecnológicos transformadores, que han ayudado a los

Estados Unidos a desarrollar la economía más competitiva del mundo y preservan la paz a través de la fuerza (p.5)⁸.

Ahora bien, a este entramado de relaciones se suma el auge e impetuoso crecimiento de la ciencia y la tecnología, de allí, que desde principios del siglo XX comenzaran a ampliarse las acciones productivas del hombre a gran escala al tiempo que su intervención a nivel global sobre el ambiente, procesos que se fortalecieron a partir de la década de los 50 con la revolución científico-tecnológica en la que por primera vez se vinculó el avance del conocimiento respecto al mundo y el cambio constante de la ciencia, la tecnología y la producción (Serna & Serna, 2016). Desde entonces, esta relación ha tenido una importante influencia en el desarrollo y transformación de la dinámica social, pues, nunca antes se había logrado el vertiginoso nivel de interactividad, intercomunicación y progreso que posteriormente beneficiaría a ámbitos como el económico e industrial, convirtiéndose, además en condiciones de posibilidad de los nuevos escenarios para el ejercicio de la ingeniería (Vélez & Benjumea, 2017).

Así las cosas, el avance tanto de la ciencia como de la tecnología se han convertido en factores determinantes en el aporte a la estructura económica de una nación toda vez que constituyen la base de los conocimientos a ser aplicados y que fundamentan el desarrollo (económico, político, social, educativo), que alcanzan su máxima expresión en la Cuarta Revolución Industrial reiterando la necesidad de que los actuales y futuros empleos requerirán una formación en ciencia, tecnología, ingeniería y matemáticas.

De modo que la tecnología a través de las TIC ha posibilitado nuevos escenarios para el aumento de la flexibilidad, la distribución y la gestión de los procesos productivos transformando las prácticas del mercado laboral por procesos flexibles y abiertos basados en el conocimiento, convirtiéndose, en condición de posibilidad de la economía basada en el conocimiento definiendo el conocimiento como el factor de producción por excelencia, pues, en la actualidad la economía se sustenta en el conocimiento y su aplicación en el mundo real razón por la cual se hace imprescindible un recurso humano altamente calificado en ciencias, tecnología, ingeniería y matemáticas que pueda dar respuesta a las nuevas exigencias, convirtiendo, la educación en el activo más rentable del mercado, así las cosas:

Una rápida mirada al mundo nos revela que los sectores económicos que más crecen, los que más empleo generan y los que más venden en el comercio internacional son precisamente aquellos en los que la materia prima determinante es la información y el conocimiento incorporado en diversas formas a la producción de bienes y servicios (Álvarez & Rodríguez, 1998, p.1).

⁸ Traducción propia.

En consecuencia con el marco económico, político, científico y tecnológico descrito anteriormente comienza a configurarse el interés por plantear una alternativa educativa que contribuya a superar los retos propuestos por la economía y el desarrollo, labor designada a la National Science Foundation, en adelante NSF, constituida por el congreso de los Estados Unidos en 1950 "para promover el progreso de la ciencia, la salud, la prosperidad y el bienestar nacional; (...) para asegurar la defensa nacional ..." (NSF, 2002, p.1), razón por la cual, la NSF financia la investigación y la educación en el campo de la ciencia y la ingeniería a través de acuerdos de cooperación con instituciones educativas, universidades, empresas, organizaciones científicas, entre otras; destinando una cuarta parte del apoyo federal a las instituciones educativas para fortalecer el componente investigativo, siendo esta institución la gestora y principal promotora de la iniciativa STEM.

En vía de lo anterior, la educación ha adquirido una serie de formas a propósito de los retos que sobre la perspectiva STEM recaen (competitividad, innovación, creatividad), convirtiéndola en un espacio de formación de caracteres que se adaptan al servicio de la eficacia laboral, fomentando el desarrollo del capital humano y por consiguiente del capital cognitivo, al estandarizar y homogeneizar los conocimientos a adquirir desde niveles básicos de formación en el alcance de los nuevos propósitos económicos. En esta medida, la apuesta por el saber desde la iniciativa configura unas formas de conocimiento alrededor de la ciencia y la tecnología particulares que apuntan a la consolidación del proyecto de nación, permeando así las prácticas de enseñanza al interior del escenario escolar dejando de lado otros saberes igualmente válidos y necesarios, pues, la educación no debe tener como meta el alcance de una serie de objetivos políticos, en su lugar, debe ser el espacio para la creación, la libertad y la emancipación.

Sin embargo y tras años de escasa repercusión en el ámbito educativo desde el año "(...) 2009 ha experimentado una expansión global fundamentada en las necesidades sociales expuestas por la National Governor's Association, quien definió la promoción de una identidad STEM entre la ciudadanía como un medio para mantener la competitividad económica" (Perales & Aguilera, 2020, p.6), de forma, que paulatinamente la perspectiva STEM ha ido adquiriendo un lugar en la política pública, en los procesos de formación de maestros y en especial en los espacios de innovación educativa, vale la pena entonces preguntarse ¿cuál es el lugar de la perspectiva STEM en un país como Colombia? pero también ¿de qué manera se ha implementado la misma en el país?.

Pues bien, aunque a la fecha la iniciativa no ha sido desarrollada como política de estado, esta, ha comenzado a ser implementada a través de una serie de apuestas educativas respaldadas por la política pública, tal es el caso, del programa nacional “Todos a Aprender 2.0” que acompaña y forma a docentes para transformar las prácticas de aula, la implementación de la jornada única que pretende fortalecer entre otras las áreas de ciencias naturales y matemáticas (Quiceno, 2017); la creación del Ministerio de Ciencia Tecnología e Innovación que orienta a las instituciones educativas en el fortalecimiento de prácticas STEM.

Iniciativas que se han venido respaldando desde Instituciones de Educación Superior como la Universidad de los Andes a través del programa Ronda de Pequeños Científicos que pretende “promover y contribuir al mejoramiento de la enseñanza-aprendizaje de la ciencia, la tecnología e ingeniería entre los niños, niñas y jóvenes colombianos, a través de actividades de indagación y de diseño tecnológico realizadas por los estudiantes” (Avenidaño, 2014, p.11), la Universidad Nacional de Colombia con el programa de formación acciones innovadoras en el aula: educación STEM para docentes en la 4ta revolución industrial y la Universidad Uniminuto con la conformación del espacio de formación STEM Robotics Bogotá junto al Parque Científico de Innovación Social, a las cuales, se suman redes que han tenido una mayor difusión en la socialización de los presupuestos de la perspectiva STEM, tales como: la STEM Academia, STEM Education Colombia, STEM+CO, Cafetería STEM, Pasabocas STEM, STEM sin fronteras.

Ahora bien, una de las ciudades del país que mayores esfuerzos ha realizado en la implementación de la perspectiva STEM en el contexto educativo colombiano ha sido Medellín (Antioquia), a través de la Secretaría de Educación y el Centro de Innovación del Maestro (MOVA), en donde, se han venido promoviendo programas de formación a maestros y estudiantes, ferias de Ciencia e Innovación, jornadas complementarias que cuentan con el apoyo de especialistas en el área, en alianza con instituciones como el Parque Explora, la Universidad de Antioquia, la Universidad de los Niños de EAFIT, experiencias que han tenido como propósito acercar a maestros y estudiantes a la enseñanza y el aprendizaje de las áreas STEM desde una perspectiva práctica aumentando el interés en los jóvenes de las instituciones educativas de la ciudad para acceder a carreras relacionadas con dichos campos de conocimiento.

En concreto es a la luz de los anteriores presupuestos y ante la preocupación por el alcance de los objetivos impuestos con la invención del desarrollo que han comenzado a gestarse estrategias educativas orientadas por los principios de la eficacia, eficiencia y rentabilidad laboral, que contribuyan a la capacitación de un recurso humano cualificado que dé respuesta a las necesidades del mercado y la industria sustentada en la

creatividad y la innovación convirtiendo la educación en una cuestión exclusivamente técnica, es frente a este panorama que comienza a constituirse la perspectiva STEM como alternativa para superar los retos anteriormente planteados, siendo la noción de desarrollo la fuerza que posibilita y a la vez justifica la existencia de la iniciativa, en razón de lo cual:

El principal argumento económico que ha puesto de relieve recientemente la educación STEM es el hecho que la fuerza de trabajo que comprende este ámbito será mucho más productiva y, por tanto, decisiva en el desarrollo económico de los países en las próximas décadas (López, Couso & Simarro, 2020, p.3).

Así las cosas, es posible pensar que las condiciones de posibilidad de la perspectiva STEM se encuentran relacionadas con los elementos históricos, políticos y económicos presentados hasta el momento; no obstante, a continuación, se presentan otras relaciones que enriquecen la mirada en torno a las relaciones que han permitido la constitución de la iniciativa en clave del enfoque Ciencia Tecnología y Sociedad (CTS).

4.2. ¿DEL ENFOQUE CTS A LA PERSPECTIVA STEM?: CONVERGENCIAS Y DIVERGENCIAS

En términos de la didáctica de las ciencias existen dos tendencias educativas que han tenido una gran aceptación en el ámbito educativo que centran su atención en la naturaleza social de la ciencia y la tecnología, desde la preocupación por su apropiación (CTS) o desde sus relaciones interdisciplinarias (STEM), que apuntan al aumento de las vocaciones en dichas disciplinas ante los desafíos económicos que presenta la contemporaneidad.

De acuerdo con ello, el enfoque CTS se configura hacia la década de los 80 ante las exigencias de distintos países quienes reclamaban una educación científica para aquellos estudiantes que no elegían una profesión relacionada con la misma, de ahí que el lema “ciencia para todos” trajo consigo el desarrollo de proyectos educativos que enfatizaban en la aplicación tecnológica de la Ciencia en la Sociedad moderna (Perales & Aguilera, 2020).

De esta manera, se constituye el enfoque CTS como una alternativa para superar el desinterés por parte de los estudiantes hacia las ciencias y por consiguiente el abandono de los estudios de este tipo, lo que entre muchos otros aspectos se encuentra relacionado con las formas en la que se venían enseñando las ciencias (descontextualizadas, fragmentadas, con escasas experiencias prácticas), pues, tanto la enseñanza como el aprendizaje de las ciencias no debe reducirse a un proceso netamente conceptual por el contrario requiere de la integración de los problemas propios del contexto asociados a los mismos, es por ello, que el enfoque

CTS se fija como propósitos 1. promover el interés por conectar la ciencia con las aplicaciones tecnológicas y los fenómenos de la vida cotidiana, 2. Abordar las implicaciones sociales y éticas del uso de la tecnología y 3. Adquirir una comprensión de la naturaleza de la ciencia y del trabajo científico (Solbes, Vilches & Gil, 2011).

En esta medida el enfoque CTS se ha venido configurando como una propuesta educativa que plantea un cambio en el currículo escolar a través de la formación en valores y la participación ciudadana en las implicaciones de la ciencia y la tecnología, para ello entonces:

(a) desde un punto de vista curricular se asume una naturaleza interdisciplinar, vinculando Ciencia y Tecnología, y asumiendo unas relaciones estrechas entre ambas tanto a nivel teórico como aplicado, admitiendo diversos grados de integración de CTS en el currículo escolar (Aikenhead, 2003); (b) se parte del supuesto de que tanto la Ciencia y la Tecnología no pueden estudiarse sin considerar el contexto social en el que se desarrollan; (c) en consonancia con lo anterior, se promueve una participación de los ciudadanos (no solo de los estudiantes) en la toma de decisiones que les pueden afectar en estos ámbitos, lo que les aproxima a un concepto de democracia real; (d) los objetivos de aprendizaje incluyen el acercamiento a problemas del mundo real y sus implicaciones sociales, comprendiendo necesariamente conocimientos conceptuales, procedimentales y actitudinales que suelen agruparse en lo que se denomina una alfabetización tecnocientífica, evidentemente necesaria para poder satisfacer el apartado (c); y (e) incrementar los conocimientos científicos y tecnológicos, así como las relaciones y diferencias entre ellos, con el fin de atraer al alumnado hacia las actividades profesionales relacionadas con la Ciencia y la Tecnología (Perales & Aguilera, 2020, p.3).

Por su parte la perspectiva STEM responde a la necesidad de que todos los ciudadanos: comprendan la repercusión social de las ciencias, la tecnología, la ingeniería y las matemáticas; estén capacitados para entender los avances y/o aportes sociales impulsados por las disciplinas STEM; y manifiesten interés por estas disciplinas, independientemente del género, la cultura o la condición socio-económica. Así las cosas, las áreas que integran la iniciativa se reconfiguran para dar respuesta a las exigencias sociales en función de los elementos de tipo político que la subyacen, razón por la cual, sus intereses se encuentran relacionados con dar respuesta a las problemáticas socialmente relevantes.

En este sentido y teniendo en cuenta los elementos anteriormente descritos, es posible resumir las características de la perspectiva STEM en: se presenta como una perspectiva interdisciplinar que vincula la ciencia, la tecnología, la ingeniería y las matemáticas, en clave de la resolución de problemas socialmente relevantes con el propósito de desarrollar una serie de competencias y habilidades que le permita a la ciudadanía comprender el impacto de las mismas, tomar decisiones de forma activa y crítica para de esta manera contribuir al progreso de las naciones. Por tanto, para alcanzar los objetivos propuestos la perspectiva STEM recurre a metodologías de aprendizaje activas como el aprendizaje basado en la

indagación (A.B.I), en proyectos (A.B.P), en problemas (A.B.P). Además, la perspectiva al igual que el enfoque CTS recurre a las controversias socio-científicas como forma de fortalecer la toma de decisiones en la que suelen participar valores personales como colectivos relacionando a los individuos de forma distinta con los conceptos científicos.

Quizás el enfoque CTS ha sido uno de los intentos de reforma educativa más importantes en la historia de la educación científica (Yalaki, 2016), no obstante, iniciativas como STEM -que retoman elementos del mismo- han tenido una gran acogida por los distintos sectores educativos conduciendo a considerar la perspectiva como una innovación en el ámbito de la educación; sin embargo, para MacKinnon, Rawn, Cressey & He (2017) “el movimiento educativo STEM ha evolucionado a partir de la iniciativa curricular integrada CTS de la década de 1990 y la noción de que la educación tecnológica debería ser más que una aventura de resolución de problemas” (p.8).

En este sentido, tanto el enfoque CTS como la perspectiva STEM centran su interés en la naturaleza social de las ciencias y las relaciones que desde allí son posibles tejer con otras formas de conocimiento, contribuyendo de esta manera a superar los desafíos científicos y tecnológicos que plantea el desarrollo de las naciones y así incrementar las vocaciones en torno las mismas; no obstante, la emergencia de la iniciativa STEM posee unas connotaciones políticas como económicas mucho más profundas y de mayor magnitud comparadas con las del enfoque CTS, de allí, que se plantee como objetivo el incremento tanto de las vocaciones como de las competencias en el ámbito científico y tecnológico, de forma que contribuya a mejorar el nivel de productividad de las naciones.

En vista de lo anterior, es posible que en el juego de relaciones que tienen lugar entre la constitución de la perspectiva STEM y el enfoque CTS hallan unas prácticas que funcionan bajo estos enunciados, que se establecen como consecuencia del momento histórico determinado en el que oscilan, en donde, confluyen una multiplicidad de relaciones que permiten que los enunciados se relacionen, sean concomitantes de una manera específica en tanto se encuentran condicionados de forma singular, como consecuencia, es posible que algunas prácticas permanezcan o se reactualicen, situación que podría estar presente respecto a las relaciones entre el enfoque CTS y la iniciativa STEM.

Sin perder de vista los elementos anteriormente descritos, es posible mencionar que, las condiciones de posibilidad de la perspectiva STEM se encuentran relacionadas con una noción global de desarrollo que actúa en distintos ámbitos, desde el económico hasta el educativo, de ahí, que las relaciones entre el

conocimiento y la productividad sean consideradas como prioritarias en el crecimiento de una nación, de esta manera, se promueve una educación basada en la ciencia y la tecnología que fomente la innovación y la competitividad. Pero, que además se encuentra vinculada con elementos inicialmente planteados por el enfoque CTS lo que podría conducir a pensar la perspectiva STEM como una reactualización de dicho enfoque, sin embargo, existen una serie de aspectos relacionados con la naturaleza de cada una de las tendencias abordadas que permite diferenciar una de la otra, tal es el caso del componente humanístico que caracteriza al enfoque CTS y el político propio de la perspectiva STEM.

De modo, que asociada a la pregunta por el saber se encuentra el cuestionamiento por las instituciones que legitiman unas formas de conocimiento particular, de allí, que se plantee el interrogante por ¿cuáles son aquellas instituciones que promueven en este caso la iniciativa STEM?, por lo que se hace importante no sólo reconocerlas sino además identificar sus modos de funcionamiento con el ánimo de comprender cuales son los discursos que aprueban, que promulgan y las prácticas que legitiman; en este sentido, en cuanto a la constitución de la perspectiva STEM, es posible mencionar que tiene lugar en la NSF a partir de la cual comienza un proceso de expansión importante y que para el caso de Colombia se ve reflejada en las apuestas de instituciones de educación superior como la Universidad de los Andes, la Universidad Minuto de Dios, la Universidad Nacional de Colombia, la Universidad de Antioquia y que se materializa a través de apuestas como STEM-CO, STEM Academia, Cafetería STEM, Pasabocas STEM, que tienen por objeto socializar y motivar procesos educativos orientados bajo dicha perspectiva.

En conclusión, los elementos anteriormente relacionados con la perspectiva STEM se materializan en tres problemáticas concretas, que posteriormente se convertirán en los objetivos de desarrollo de la misma: (a) el reducido número de profesionales en áreas STEM, frente a las necesidades y demandas del siglo XXI; (b) la baja participación de las mujeres y las minorías en dichas áreas; (c) el aumento de ciudadanos sin las competencias y habilidades básicas en ciencia y tecnología. De manera que se hace recurrente la preocupación por el sujeto a formar, que sea un ciudadano, competente, crítico, participativo, etc., en aras de acceder a una mejor calidad de vida, de ahí que la intención del siguiente capítulo esté justamente asociada con las relaciones de fuerza que tienen lugar en los sujetos a propósito del saber y el poder que subyacen a la perspectiva STEM.

En consecuencia y con el propósito de responder a los desafíos económicos de las naciones, así como, con el ánimo de identificar las necesidades de los trabajadores que requieren un conocimiento más flexible y

nuevas habilidades para ajustarse a los requisitos laborales y sociales actuales (Bogdan & Greca, 2016), los objetivos que se propone la perspectiva se resumen en tres metas, la primera, encargada de fomentar las *vocaciones y competencias profesionales*: motivando el interés por formar jóvenes en áreas científico-tecnológicas así como su capacidad para afrontar nuevos retos; la segunda orientada a promover la *Inclusión*: corrigiendo el sesgo de género pero también socioeconómico en el acceso a estas áreas y la tercera, dirigida a la *formación ciudadana*: competente para participar en la definición de la agenda de innovación e investigación (Domènech-Casal, 2019), en razón de lo anterior, el siguiente capítulo se interesa por los modos de subjetivación que la perspectiva promueve y las posibilidades de ser sujeto que desde allí tienen lugar.

CAPÍTULO V

5. URDIDOR Y APRENDIZ: DEL SUJETO A FORMAR Y DE QUIÉN FORMA EN EL MARCO DE LA PERSPECTIVA STEM

Hombres recogerá quien siembre escuelas.

José Martí

Para dar continuidad a la construcción del tejido que posibilita la existencia de la perspectiva STEM, se suma a este panorama de discusión la noción de sujeto que la misma promueve, la cual resulta del cruce de fuerzas que en ella convergen dejando en evidencia la relación entre los saberes que promulga junto con el “ideal” de sujeto a formar. Lo anterior, permite situar la iniciativa como una fuerza que incide en la producción de un tipo particular de subjetividades, de ahí, que surja el cuestionamiento ¿cuáles son los modos de ser sujeto que suscita STEM? pero también ¿qué posibilidades de ser se encuentran desde allí?, dado que, el proceso de configuración de los sujetos no ocurre de forma pasiva, en su lugar, es en el juego de interacciones de dichas fuerzas que tienen la facultad para contribuir a la construcción de su propia subjetivación.

Debido a esto, el presente capítulo en un primer momento aborda los elementos relacionados con el tipo de sujeto a formar, junto con algunos de los efectos que produce en los modos de ser, en donde, la noción de formación adquiere un lugar fundamental para comprender la mirada a través de la cual se aborda el asunto de la subjetivación, sumadas a las relaciones que se pueden tejer con el ideal de ciudadanía por el que opta la perspectiva. En un segundo momento, centra su interés en cuestionar los elementos que el archivo pone de manifiesto a propósito de la formación de científicos e ingenieros. Para finalizar, con la inquietud por el lugar del maestro junto con algunos elementos de reflexión respecto a su quehacer y la posibilidad de tomar postura frente a discursos que desbordan su accionar como en este caso el de la iniciativa STEM.

5.1.FORMACIÓN Y CIUDADANÍA: ¿UNA DUALIDAD NECESARIA?

En vista de lo anterior, y teniendo en cuenta los elementos hallados a la luz del archivo la formación es el enunciado que pone de manifiesto un conjunto de elementos que hacen posible la constitución de unos saberes particulares en torno a las ciencias, la tecnología, la ingeniería y las matemáticas, convirtiéndose en una de las líneas de fuerza que dan forma y sostienen la existencia de la iniciativa. De modo, que la formación lejos de reducirse a una actividad o a un espacio físico, se fundamenta en la dispersión de las prácticas que la constituyen y que a su vez produce, validando la existencia de unas instituciones

formadoras, unos sujetos que forman y otros que necesitan ser formados, definiendo así, unas maneras concretas de saber, hacer y ser que trascienden el ámbito educativo e influyen en la vida misma.

De acuerdo con ello, la formación se establece como una condición para la producción y circulación de unos discursos, que sumados a las ya mencionadas áreas STEM se relacionan con la creciente necesidad de desarrollar una serie de valores y actitudes orientados a potenciar determinados campos de profesionalización y desempeño, de ahí, que se presente como imperativo la formación de sujetos en algo, pero sobre todo para algo. De modo, que se hace "indispensable la formación en STEM debido a que su estudio potencia el desarrollo nacional y garantiza la generación de recursos científicos que la globalización constante tiene como exigencia" (Rodríguez, 2018, p.1). Lo anterior, se encuentra vinculado con la adquisición de una serie de saberes cada vez más numerosos que conducen al aumento de la producción (personal y colectiva), convirtiendo así el conocimiento en un activo económico, lo que justifica la inversión en educación, sumado a que:

A nivel internacional diversos gobiernos y organizaciones han evidenciado que existe una fuerte necesidad de mano de obra calificada en áreas consideradas prioritarias para el desarrollo económico, tecnológico y científico. Carreras universitarias relacionadas con la ciencia, tecnología, ingeniería y matemáticas (STEM) resultan ser la clave para afrontar los inminentes cambios alrededor del mundo (Avendaño, 2018, p.19).

Lo señalado responde a la lógica del capital humano, teoría entendida como el conjunto de conocimientos, cualificaciones, competencias y características individuales que aportan al bienestar personal, social y económico (OCDE, 1998), dependientes del nivel de formación y del rendimiento de los sujetos involucrados en el proceso productivo, de allí, que la incorporación de conocimientos útiles que puedan ser valorados económicamente sea la prioridad en el ámbito de la enseñanza, pues, el aumento de la producción será resultado directo de la calidad del trabajo que se realice, y por tanto, de la educación que los futuros trabajadores reciban. Bajo esta premisa es común encontrar que "la educación STEM ofrece grandes posibilidades para capacitar un recurso humano competente (...) en la resolución de problemas globales" (Portafolio, 2016, p.1).

Dejando a ojos luz la relación entre escuela y empresa la cual puede ser entendida a partir de los presupuestos del Edu-capital en donde se pone de manifiesto que es "a través de la modulación individual y de maximizar las capacidades de cada individuo para tomar elecciones en su propio interés como se produce el máximo beneficio para la sociedad, o mejor, para la economía" (Martínez, 2016, p.307), como consecuencia, la empresa proyecta una serie de exigencias sobre la escuela que influyen en los procesos

que ocurren en la misma que tienen en común el contribuir al aumento de la eficacia y la productividad laboral a través de la formación de una serie de sujetos que tienen como función principal capitalizarse a sí mismo y de esta manera contribuir al progreso del contexto en el que se desempeñen.

En razón de lo anterior, se espera que cualquier experiencia que involucre la perspectiva STEM debe estar orientada a la preparación de unos sujetos para el mundo del trabajo, con el objeto de que se conviertan en creadores, innovadores y solucionadores de problemas (Bybee, 2013). De modo, que el saber es importante en la medida en la que genera un beneficio económico, convirtiendo el capital humano en un bien de carácter privado que retribuye a quien lo posee, de allí que, lo fundamental sea promover la adquisición de una serie de conocimientos útiles que contribuyan al aumento de la productividad. Debido a esto, una de las metas propuestas por la perspectiva STEM será la de nutrir de recursos humanos creativos al campo de la ciencia y la tecnología (Zamorano, García & Reyes, 2018), frente, a la creciente necesidad que tienen las naciones por formar un capital humano; siendo la formación en las áreas STEM el elemento clave para fomentar el progreso de los países.

Por consiguiente, y teniendo en cuenta que en la actualidad los sujetos están llamados a hacerse y rehacerse de manera constante -a propósito del aprendizaje permanente-, el desarrollo tanto de habilidades como de competencias se ha convertido en uno de los elementos de mayor importancia al momento de pensar en la formación del capital humano, ya que, para garantizar el éxito en el ámbito laboral, es necesario que los futuros trabajadores se preparen desde los niveles de educación inicial para un mundo cada vez más tecnificado e intercomunicado; sin embargo, más allá de centrarse en el desarrollo de las mismas lo que se pretende es contribuir al incremento de la innovación, dado que, "de una generación formada en habilidades STEM, se esperaría (...), una próxima generación de innovadores" (Pérez & Ávila, 2017, p.1), aspecto, que también se espera potenciar a través de las competencias, pues, en su sentido más amplio "la educación STEM se refiere al desarrollo y fortalecimiento de competencias en áreas que llevan a una persona a ser innovadora" (Portafolio, 2016, p.1), conduciendo así, a dinamizar la economía a través de la creación o readaptación de instrumentos, herramientas, procesos y técnicas, que, tengan una fuerte influencia en el escenario educativo.

En vía de lo anterior, si un sujeto es formado en el marco de la perspectiva STEM no solo debe responder a las funciones propias de su campo laboral, sino que también, debe aportar al mismo desde la creación y solución de conflictos, razón por la cual, se plantea el tránsito de una economía basada en el cumplimiento

a una economía sustentada en la innovación. De ahí, que al interior de la perspectiva se priorice el trabajo de las habilidades prácticas o “soft skills”, al considerar importante su puesta en funcionamiento en términos del carácter de utilidad que posean, pues de esta manera es posible contribuir a la transformación de los contextos, a la vez, que tributan al desarrollo científico como tecnológico de cada país (Yepes, 2020). De modo que, la iniciativa STEM promueve el desarrollo de habilidades cognitivas como personales que aporten al desarrollo integral de los sujetos para que de esta manera puedan dar respuesta a las necesidades del mundo globalizado (Rodríguez, 2018).

Dichas destrezas se encuentran vinculadas con la autonomía, el trabajo cooperativo, la creatividad, el pensamiento computacional, la inteligencia emocional, la flexibilidad cognitiva, el pensamiento crítico, la exploración, el emprendimiento, el liderazgo, entre muchas otras, pero también con el adquirir habilidades de aprendizaje continuo (Castiblanco & Lozano, 2016), pues, para hacer parte de un contexto de forma activa no basta con el desarrollo de las mismas, en su lugar, deben estar en constante transformación, dado que, las necesidades a lo largo de la vida cambian tanto a nivel personal como profesional; por ello, sumadas a las habilidades que cada sujeto desarrolla en su campo de profesionalización, debe contar también con una serie de capacidades “básicas” que le permitan acceder al ámbito laboral, lo que será denominado como las habilidades para el siglo XXI (ver tabla N°1) en donde además se integran las competencias y cualificaciones básicas en relación al aprendizaje para toda la vida, tanto así, que la adquisición y el desarrollo de las mismas es priorizada sobre la enseñanza de los contenidos.

Habilidades para el siglo XXI		
Alfabetización	Competencias	Cualificaciones
Alfabetización Numérica	Pensamiento crítico	Curiosidad
Alfabetización Científica	Creatividad	Iniciativa
Alfabetización en TIC	Comunicación	Persistencia
Alfabetización Financiera	Colaboración	Adaptabilidad
Alfabetización Cívica y Cultural	Resolución de Problemas	Liderazgo
		Conciencia Social

Aprendizaje a lo Largo de la Vida

Tabla 1. Habilidades para el siglo XXI. Modificado de: Foro Económico Mundial (2020)

Por su parte, el desarrollo de competencias se encuentra directamente relacionado con el “saber hacer en contexto”, de allí, que las competencias que mayormente promueve la perspectiva sean la científica y tecnológica, en adelante CyT, pues a través del desarrollo de las mismas es posible comprender diversas situaciones problema, poniendo en funcionamiento distintos saberes y capacidades como: razonar, modelar, explicar, comunicar, entre otras, al tiempo que se buscan soluciones de tipo tecnológico para afrontar dichas situaciones. A causa de esto, y a las regularidades identificadas en el archivo, la noción de resolución de conflictos se convierte en el enunciado que permite la existencia de las competencias, de ahí que, la apropiación de las mismas sea de utilidad para “enfrentar los desafíos actuales de la humanidad y proveer las capacidades técnicas necesarias para el mundo del trabajo” (García; González & Burgos, 2017, p.11); no obstante, es necesaria una definición de competencia CyT que, más allá de la creatividad o la innovación, incluya la consideración de valores y marcos éticos en cualquier área de la vida.

Debido a esto, más allá de promover el “saber hacer” como la base de las competencias, sería oportuno incluir el “saber pensar”, “saber ser” y “saber convivir”, a pesar de ello, se asume como una herramienta útil destinada a la resolución de conflictos, al diseño de proyectos, o al cumplimiento de unas funciones, de ahí que el aprendizaje esté relacionado con la adquisición de capacidades cognitivas, científicas, tecnológicas, laborales, entre otras, que contribuyan al desarrollo económico. Sin embargo, considerar el saber exclusivamente como una fuente de beneficios financieros -al restringirlo a lo útil- es una visión muy limitada del mismo, pues, en su sentido más amplio es a su vez conocimientos, discursos, enunciados, entre otros, lo que también, repercute en la enseñanza pues al reducirlo a un conjunto de propósitos económicos pone en tensión las posibilidades de creación que desde el aula tienen lugar a partir de la enseñanza como de las construcciones que el maestro desde su saber pedagógico dispone.

Lo anterior, se suma a los efectos anticipados que producen el aprendizaje permanente, como el modelo fundamental para garantizar la formación a lo largo de la vida, cuya consecuencia más segura es la producción de desigualdades (Laval, 2004).

Continuando, con el paso del tiempo las competencias han ido adquiriendo un lugar de relevancia en los escenarios de política pública, tanto así, que a partir de las mismas se evalúa el proceso educativo -saber, saber hacer y saber ser-, conduciendo de alguna u otra manera a la estandarización del aprendizaje, sin

embargo, su importancia -y quizá el motivo de su permanencia- reside en su papel como fuente clave en el alcance de la eficacia laboral, en vía de ello:

La contribución significativa del enfoque educativo STEM en el desarrollo de competencias, se ha percibido desde el fortalecimiento del trabajo colaborativo, la participación activa de estudiantes y docentes, el análisis de decisiones y sus consecuencias en el contexto, el impulso de la cultura investigativa, el fomento de la creatividad, la mejora en las pruebas censales de educación; y una nueva generación de ingenieros, investigadores y científicos, que aportan al fortalecimiento económico productivo e innovador de las naciones. (Sanders, 2012, p.4, citado en Quiceno, 2017)

De modo, que las competencias al “tiempo que tecnifican, taylorizan⁹ y burocratizan la enseñanza, establecen de manera progresiva y casi automática una afinidad con el mundo de las empresas para la definición de los perfiles de los empleos y de las listas de competencias elaboradas para seleccionar, reclutar y formar la mano de obra” (Laval, 2004, p.103), por ello, es necesario una reflexión consciente sobre el lugar de las competencias en la formación a partir de la cual sea posible construir otros significado para las mismas en las que se tenga en cuenta que no es posible reducir el aprendizaje al desarrollo de una serie de funciones orientadas a las demandas del mercado y las exigencias utilitaristas que producen sujetos normalizados.

Así las cosas, la noción de formación se encuentra vinculada con aquellas relaciones posibles de tejer entre el saber adquirido y el contexto social del que el sujeto hace parte, validando de esta manera el desarrollo de habilidades y competencias como estrategias para enfrentar los desafíos exigidos por la contemporaneidad. Sin embargo, no es posible desconocer que la incursión de las mismas en el ámbito educativo se articula con la urgencia de responder a la eficacia, la eficiencia y la flexibilidad laboral; como consecuencia al día de hoy, en el ámbito laboral no se adquiere tan solo un servicio durante un tiempo definido, por el contrario, se compra un capital humano, es decir, una personalidad global que posea un comportamiento adaptable, con una tendencia hacia la innovación y un compromiso máximo para con la empresa (Laval, 2004); elementos que de alguna u otra manera actúan de forma individualizante, pues, bajo la lógica del capitalismo moderno se proporciona a los individuos una identidad en la que no exista una razón para cuidarse entre iguales, de ahí que, como vía para el alcance del éxito se promueva el ser competitivo.

En efecto, la formación se ha convertido en la fuerza que posibilita la existencia de unas prácticas que regulan los saberes a ser enseñados, a la vez, que repercute en los discursos que circulan en torno al

⁹ Expresión que hace referencia al sistema de organización del trabajo y del tiempo de ejecución del mismo, pues, el taylorismo intentó cronometrar el tiempo de ejecución del trabajo e ideó un sistema de remuneración que recompensaba el esfuerzo del obrero para de este modo aumentar la producción.

gobierno de la vida; de ahí, que aquello que predomina en el marco de la perspectiva STEM frente a los modos de ser sujeto, se encuentra relacionado con la formación de individuos integrales donde predomina el interés por el aprendizaje de las ciencias, la tecnología, las matemáticas y la ingeniería de forma integrada en clave de la resolución de conflictos como vía para conectar el contexto social con la educación, incluyendo aspectos individuales y colectivos que se presentan como propios a la condición humana -identidad, valores, actitudes-, de allí que las prácticas que caracterizan dicha formación estén relacionadas con unas formas de organización social concretas que en este caso se vinculan con la noción de ciudadanía; justificando además, la existencia de apuestas educativas interdisciplinarias, transdisciplinarias o multidisciplinarias, en tanto, el saber no reside en una única disciplina por el contrario se potencia en la dispersión e interrelación del conocimiento.

Vale la pena entonces, inquietarse por si ¿existen otros modos de asumir la formación? que permitan deslocalizar los lugares comunes que dan cuenta de lo instaurado y normalizado para transitar a aquellos escenarios de inquietud e interrogación constantes que posibilitan otras construcciones, así las cosas, es posible que hayan otras maneras de asumir la formación, pues esta, es un espacio –que no se limita a un estado material- en donde habitan las formas de saber que legitiman instituciones como la escuela pero en donde también se hacen presentes elementos propios es decir aquellos que cada sujeto construye consigo mismo, con los otros y con lo otro, que aunque aparentemente se presenten como terrenos sin conexión se sitúan en una compleja red de relaciones que al conjugarse movilizan otros modos de pensar, sentir y ser, quizás sea posible pensar en la formación como una práctica de inquietud de sí que de apertura a la alteridad, el cuidado y la transformación de los modos de ser sujeto, que logre poner en cuestión aquello que alrededor de los mismos se ha instaurado.

En razón de lo expuesto, referirse a la ciudadanía no sólo alude al desarrollo de las facultades que hacen a un individuo parte de un territorio en el que comparte una identidad, unos valores y unas costumbres, pensar en la ciudadanía, más aún a través de la lente de la perspectiva STEM, es un asunto que se inquieta por el lugar de los sujetos en el mundo y sus posibilidades de acción en el mismo, de allí, que aquello que se espera de la misma esté asociado con la constitución de una sociedad competente, hábil, participativa, creativa, innovadora, alfabetizada de manera científica y tecnológica, con conocimientos en ciencia, tecnología, ingeniería y matemáticas que además de respuesta a los desafíos del siglo XXI entre muchos otros; de allí que, uno de los objetivos propuestos por la iniciativa esté dirigido al aumento de las vocaciones científico-tecnológicas a través de una educación para la ciudadanía competente CyT, en donde:

Además de tomar decisiones participadas por la ciencia, identificando e instrumentalizando los modelos científicos en contextos cotidianos, esta nueva ciudadanía debe ser capaz de actuar como integrante de una comunidad para llevar a cabo sus decisiones, de forma independiente, o incluso opuesta, a agendas o planes de los Estados o poderes económicos. Esta “ciudadanía expandida” conlleva también una versión ampliada de la componente científica de la competencia ciudadana (Scitizenship), y que podríamos resumir en tres instancias: Comprender, Decidir y Actuar (Domènech-Casal, 2019, p.157).

Sumado a lo anterior, el asunto de la formación ciudadana se encuentra atravesado por las relaciones entre la triada sociedad, empresa y escuela, de allí, que con el fin de promover la inserción de los sujetos al mundo laboral se haga “necesario” establecer un diálogo entre la escuela y el sector productivo, aspecto fundamental para la perspectiva en tanto:

La responsabilidad de formar ciudadanos competentes para los retos del siglo XXI no es solo de la academia por lo que cualquier iniciativa STEM debería poder dialogar con el sector productivo, mediante la creación de alianzas estratégicas con compañías dedicadas al negocio de la ciencia y la tecnología (Gómez; Duque; Canu & Danies, 2015, p.8).

Dicha formación, además se centra en el proceso de aprendizaje del estudiante, pues, es él quien construye y reconstruye los conocimientos a través de su participación en la resolución de conflictos (García, Reyes & Burgos, 2017; Coello, Crespo, Hidalgo & Díaz, 2018; Zamorano, García & Reyes, 2018; Useche & Vargas, 2019; González & Zapata, 2019), para ello, las temáticas a ser abordadas deben poseer un alto contenido de impacto, que motive al estudiante a saber más, a establecer sus propias conclusiones, a formular sus propios cuestionamientos (Delgado, 2019). Asumir, el sujeto a ser formado como agente activo de su propio aprendizaje influye en la relación entre escuela y sociedad, pues, bajo esta premisa la escuela dejaría de ser el recinto exclusivo de permanencia del conocimiento para convertir escenarios como: los medios de comunicación, la industria, las comunidades, entre otros, en centros de aprendizaje continuo.

En resumen, el anterior es un breve panorama frente al posicionamiento de unas prácticas que producen unos modos de ser particulares en los sujetos, sin embargo, y a propósito de la iniciativa STEM existen unas formas de saber puntuales que inciden en dichos modos representadas en la figura del científico e ingeniero que a continuación se abordan.

5.2. ¿FORMAR CIENTÍFICOS E INGENIEROS?

La implementación de un currículo STEM podría contribuir a acelerar el tránsito (...) hacia un nivel alto de desarrollo. Además de contribuir a formar científicos e ingenieros, técnicos y trabajadores competentes, capaces de enfrentar las demandas de conocimiento basado en la ciencia y la tecnología, así como también, contribuir a formar ciudadanos científica y tecnológicamente alfabetizados, que participen de las decisiones públicas, comprendiendo la complejidad del mundo que les rodea, para que puedan tomar decisiones informadas, que afectan su entorno familiar y su comunidad.

Al hablar de la formación tanto de científicos como de ingenieros se hace alusión a las prácticas que permite que los sujetos formados adquieran dichas formas desde la escuela, para ello, se simula un espacio análogo al del trabajo de los científicos como de los ingenieros con el ánimo de proyectarlos como posibilidades de desempeño a futuro, siendo estas maneras, las validadas en tanto existen unos intereses de formación vinculados con la urgencia de dar respuesta a los retos de la contemporaneidad. De modo que el principal argumento para justificar la formación de científicos e ingenieros se encuentra relacionada con la creciente “necesidad” de una fuerza de trabajo formada en dichas áreas, al ser consideradas el elemento fundamental en el progreso económico de las naciones.

En consecuencia, la falta de profesionales cualificados combinado con el envejecimiento de la fuerza de trabajo en dichas áreas suscita un panorama crítico, de acuerdo a esto, se plantea como prioridad el desarrollo de apuestas educativas que involucren a los estudiantes desde niveles iniciales de escolarización con el aprendizaje de las prácticas de los científicos e ingenieros, dado que, es allí, donde "se puede impulsar el interés natural tanto de los niños como de las niñas hacia la ciencia" (Martínez, 2018, p.5).

No obstante, la educación en el ámbito STEM no solo está dirigida a los niveles iniciales de escolaridad, en su lugar, se propone como una estrategia a ser implementada en todas las etapas de formación, de allí que, en la básica primaria se pretenda el desarrollo del pensamiento científico y computacional, por su parte, en secundaria, se espera potenciar las habilidades y competencias necesarias para desempeñarse en el ámbito laboral, mientras que, en la básica media se perfila al estudiante más allá de las asignaturas STEM para que elijan una carrera relacionada con dichas áreas a la vez que se fomenta la resolución de conflictos de la vida real de manera eficaz (Pastor, 2018).

Ahora bien, como hasta el momento se ha venido presentando, la ciencia es considerada un aspecto fundamental en el desarrollo de las naciones de allí que su enseñanza vaya más allá de la acumulación mecánica de conocimientos, para promover el desarrollo de destrezas que le permitan a los sujetos hacer uso en contexto de los saberes adquiridos en su formación, por ello, desde el marco de la perspectiva STEM se promueve el desarrollo de habilidades y competencias de pensamiento científico que conduzcan a la resolución de conflictos junto con la alfabetización científica, a través de la cual se pretende potenciar en los ciudadanos la capacidad de reflexionar y tomar decisiones.

Sin embargo, los saberes que integran la perspectiva STEM se encuentran íntimamente relacionados con los conocimientos producidos por las disciplinas los cuales al ser dispuestos en el escenario educativo se sitúan en contexto con el ánimo de apropiarlos, debido a ello, y teniendo en cuenta las regularidades identificadas en el archivo, aquello que predomina se vincula con el pensar como científico, ingeniero y matemático sumado al hacer ciencia como los científicos, diseñar como los ingenieros o resolver conflictos como los matemáticos, pues:

Aprender ciencias, ingeniería y matemáticas en la escuela implica no solo “recibir” pasivamente los productos construidos por las ciencias, la ingeniería y las matemáticas, sino “hacer” ciencias, ingeniería y matemáticas, es decir, implicarse activamente en las actividades cognitivas, sociales y discursivas propias del ámbito. Este marco, recogido en los nuevos estándares americanos A Framework for K-12 Science Education (NRC, 2012) propone el aula como espacio donde reproducir en la educación STEM prácticas análogas a las que se dan en el mundo profesional (López, Couso, & Simarro, 2020, p.10).

Lo anterior se encuentra relacionado con la denominada “cultura de la ciencia” entendida como la forma en la que los científicos hacen ciencia, incluyendo su dinámica de trabajo, la precisión de sus observaciones junto con su disposición a la colaboración interdisciplinar (Allard & Cortez, 2013), debido a esto, existe un fuerte interés desde los presupuestos de la iniciativa por promover experiencias formativas en las que los estudiantes se aproximen al trabajo científico, convirtiendo la escuela en un centro de formación permanente de científicos, pues si bien:

(...) el aprendizaje en el aula es esencial, trabajar directamente con los científicos durante el proceso de educación proporciona un nivel de comprensión que promueve el éxito en la profesión luego de la graduación (...). Sabemos que nuestros estudiantes necesitan crear una identidad social que les permita ingresar cómodamente al mundo científico (Allard & Cortez, 2013, p.3).

En vista de lo precedente, es posible mencionar que algunos de los efectos en los modos de ser que se producen en la escuela a partir del desarrollo de prácticas análogas a las científicas, se encuentran relacionadas con la apropiación del quehacer científico lo que paulatinamente conduce al desarrollo de habilidades, capacidades, destrezas, actitudes y valores “necesarios” para alcanzar el nivel requerido de formación científica y con ello garantizar una ciudadanía más competente, de allí que, las prácticas que mayormente circulan versan en torno al asombro, la formulación de preguntas, el planteamiento de hipótesis, la exploración de hechos, la comprobación de fenómenos, como maneras de proyectar desde la escuela el trabajo a desarrollar en la educación superior, otorgando así, un carácter propedéutico a la perspectiva STEM.

Por su parte, la formación en términos de la ingeniería se encuentra relacionada con el desarrollo de experiencias centradas en el diseño, la construcción y el desarrollo del pensamiento computacional, a través de los cuales es posible hacer uso de la robótica, la cual, tiene como objetivo “poner en juego toda la capacidad de exploración y de manipulación del sujeto cognoscente al servicio de la construcción de significados a partir de su propia experiencia educativa” (Arabit & Prendes, 2020, p.11). siendo estas algunas de las prácticas de lo que deben saber y pensar los sujetos a propósito del ser ingeniero.

No obstante, reducir tanto la enseñanza como el aprendizaje a la reproducción de unas prácticas propias de un campo de enunciación distinto al escolar invisibiliza las posibilidades de creación que desde la escuela tienen lugar. Por ello, es necesario una educación científica como ingenieril en donde la ciencia no sea considerada como el fin último, sino, el medio para la formación de ciudadanos comprometidos con la activa toma de decisiones, que comprendan los fenómenos naturales, a la vez que resuelven conflictos de su cotidianidad haciendo uso de las mismas, para ello, es necesario transformar la imagen de ciencia que circula en la escuela, pues:

Formar ciudadanos científicamente (...) no significa hoy dotarles sólo de un lenguaje, el científico –en sí ya bastante complejo- sino enseñarles a desmitificar y decodificar las creencias adheridas a la ciencia y a los científicos, prescindir de su aparente neutralidad, entrar en las cuestiones epistemológicas y en las terribles desigualdades ocasionadas por el mal uso de la ciencia y sus condicionantes socio-políticos (Marco, 1999, p.1).

Al respecto, ¿dónde queda el carácter liberador de la educación?, pues si bien es necesaria la formación para el desarrollo de competencias como habilidades, también es fundamental para el disfrute, para vivir en armonía, para ser mejores con sigo mismo, con los otros y con lo otro, a fin de ir transformando ese ideal de superioridad que la competencia promueve. Y quizá la biología allí tenga mucho por aportar, pues, si bien los sujetos son formados bajo esta lógica tal vez existan otras posibilidades, pues al igual que la visión tradicional de competencia como vía para la supervivencia del más fuerte, en lo vivo existen un sin fin de comportamientos cooperativos como altruistas de los cuales sería oportuno aprender. En su lugar, aquello que pone de manifiesto la iniciativa en términos de la formación de los sujetos se resume en las “potencialidades” que el despliegue de la misma produciría, pues:

La implementación de un currículo STEM podría contribuir a acelerar el tránsito (...) hacia un nivel alto de desarrollo. Además de contribuir a formar científicos e ingenieros, técnicos y trabajadores competentes, capaces de enfrentar las demandas de conocimiento basado en la ciencia y la tecnología, así como también, contribuir a formar ciudadanos científica y tecnológicamente alfabetizados, que participen de las decisiones

públicas, comprendiendo la complejidad del mundo que les rodea, para que puedan tomar decisiones informadas, que afectan su entorno familiar y su comunidad (Reyes & García, 2014, p.1).

Sumado a lo ya dicho algunos de los interrogantes que el anterior panorama suscita son: ¿porqué labrar desde niños un camino mediado por intereses económicos encausados a la elección de un campo de profesionalización que seguramente les retribuirá económicamente pero no emocionalmente?, ¿para qué entonces una educación centrada en una preocupación por los sujetos?, ¿acaso no es más ético formar un carácter incorrosible ante las dinámicas globales de las que los sujetos son sólo partes de su engranaje?, ¿en qué momento de la formación cada sujeto tendrá la posibilidad de realizar sus propias elecciones sin ser condicionadas por aspectos ajenos a su sentir?

5.2.1. BRECHAS DE GÉNERO Y GRUPOS MINORITARIOS EN EL MARCO DE LA PERSPECTIVA STEM: ¿UN ASUNTO DE INCLUSIÓN?

Para comenzar, es importante recordar que el tercer objetivo propuesto por la iniciativa es el relacionado con la inclusión, en el que se establece como prioridad corregir el sesgo de género, así como las brechas socioeconómicas en el acceso a la formación en las áreas STEM, pues, tradicionalmente las mujeres y las minorías a lo largo de la historia han sido invisibilizadas. Situación frente a la cual el escenario educativo no ha sido la excepción, lo que ha conducido a que “en muchos países solo el 30% de las personas que estudian esas profesiones sean mujeres, pero esto esconde que en ciertas facultades solo se cumple un 5 o 10%, habiendo muy baja participación y siendo igual para los grupos étnicos” (Gómez, 2020, p.1, citado en Martínez, 2020).

De modo, que la falta de inclusión se ve reflejada en la ausencia de oportunidades de desarrollo, razón por la cual, se plantea la necesidad de aumentar la participación de grupos con bajo impacto en las carreras STEM, no obstante, aunque pareciese un propósito loable también se encuentra relacionado con unos intereses de tipo económico, pues la fuerza productiva reside en el aumento de sujetos profesionalizados que contribuyan al progreso económico, de allí, que “la motivación de atraer a estudiantes de poblaciones vulnerables o insuficientemente representadas, (...) pueden significar un factor relevante para su inclusión económica” (Arredondo, Vásquez & Velásquez, 2019, p.139).

Si bien, las brechas de género continúan siendo un tema de suma importancia en la consolidación de sociedades más justas y equitativas, es necesario identificar los problemas que causan dichas diferencias con el ánimo de contribuir a la construcción de alternativas que las reduzcan. De acuerdo con ello, las desigualdades de género en el marco de las áreas STEM inician con la falta de inclusión que tienen las niñas

al momento de usar las tecnologías de la información pues se señala que existen 1.3 billones de mujeres usuarias de internet, en comparación con 1.5 billones de hombres, esta diferencia puede ser de 2% en países desarrollados y de 16% en países en vías de desarrollo (Schaaper, 2013).

Lo anterior entre otras razones, se encuentra relacionado con la falta de oportunidades que existe para las mujeres, el acceso limitado a la educación, el nivel socioeconómico, las responsabilidades del hogar que en gran medida recaen sobre las mismas, sumadas, a las dificultades para aquellas mujeres que viven en zonas rurales, situación que se complejiza cuando existen patrones culturales que se materializan en prejuicios y estereotipos frente a programas de educación superior, adicional a la falta de confianza por parte de las mujeres sobre su desempeño en las áreas STEM, lo que genera poca predisposición a la hora de elegir una carrera relacionada con las mismas (OCDE, 2015).

Sumada a la invisibilización histórica de la mujer y las minorías en roles como el de las ciencias, las matemáticas o la ingeniería -siendo quizá esta última el campo de profesionalización con menor representación de parte de las mismas-, lo cual, refuerza la idea hegemónica de exclusión -de los grupos en mención- en dichos campos de conocimiento, lo que conduce a asumir que a lo largo de la historia no han existido mujeres o grupos minoritarios que aporten en dichos ámbitos dejando sin referentes que perseguir a las nuevas generaciones.

Teniendo en cuenta lo precedente se hace imprescindible disminuir las brechas de género que excluyen a las mujeres y las minorías del acceso a una formación en áreas STEM como No-STEM, sin embargo, para que esto suceda es importante trabajar sobre elementos estructurales que a lo largo de la historia se han validado a través de la cultura, la política, la religión e instituciones en las que reside el poder, a través de las cuales se regulan, legitiman o invalidan una serie de prácticas que contribuyen de forma directa o indirecta a segregar a las mujeres como a las minorías de dichos escenarios de formación. En efecto, es posible mencionar que la intervención de las mujeres como de las minorías en el marco de la perspectiva STEM, puede ser entendido como un aspecto de inclusión que de alguna u otra manera reivindica esa deuda histórica para con los grupos en mención, sin embargo, para transitar de las utopías a la materialidad es necesario crear condiciones que promuevan el aumento de su participación.

5.3. DEL SUJETO QUE FORMA: ¿FACILITADOR, DOCENTE O MAESTRO?

Frente a la inquietud por el lugar del sujeto que forma en el marco de la perspectiva STEM es posible mencionar que existe una multiplicidad de enunciados al respecto, de allí que, y de acuerdo con las

regularidades halladas a la luz del archivo sea entendido como facilitador o docente, sin embargo, al momento de identificar las prácticas que dan cuenta de sus ausencias o permanencias el panorama no es del todo claro; no obstante, una condición común a esas distintas formas de enunciación se encuentra relacionada con un elemento mencionado con antelación, pues si bien, el acto educativo se centra en el proceso de aprendizaje del estudiante, el quehacer del maestro queda relegado a un lugar de no correspondencia con su ejercicio, siendo este el del facilitador.

En vía de lo anterior, "(...) la formación de las nuevas generaciones precisa de docentes capaces de diseñar proyectos que integren las formas de hacer, pensar y hablar de la ciencia, la tecnología, la ingeniería y las matemáticas" (Martín & Santaolalla, 2020, p.41). Proyectos, a través de los cuales dar cumplimiento a la premisa del aprender haciendo que encuentra una imbricada relación con el aprender a aprender propio del aprendizaje a lo largo de la vida, justificado en la idea de que, todo sujeto tiene la posibilidad de aprender de forma constante, de allí, que "la educación (...) será universalizada y continua; será desde el punto de vista de las personas, total y creadora: en consecuencia, individualizada y autodirigida. Será el soporte y el animador de la cultura, así como el motor de la promoción profesional" (Faure et al., 1973, p.244), lo que, contribuye a justificar la noción del aprender a ser.

En razón de lo expuesto, situar los procesos educativos en la lógica del aprendizaje reduce la educación a las competencias, dándole importancia a la vida -como se ha venido presentando- en tanto sea adaptable a los requisitos del mercado, debido a esto, el aprendizaje se sitúa como el elemento articulador entre la escuela y la empresa por lo que produce unas formas concretas que se ajustan a las necesidades del mercado; como consecuencia cada vez más se individualizan a los sujetos, pues el aprendizaje exige un aumento de la responsabilidad de cada individuo modulando su integración a la sociedad a través de procesos de auto referencialidad (autoformación, autoevaluación, autodirección, auto-mejoramiento) (Martínez, 2016).

En efecto, para alcanzar los objetivos propuestos por esta mirada en torno al aprendizaje ¿cuál sería el lugar del maestro?, acaso ¿debieran dejar de enseñar? o en su defecto ¿enseñar menos?, frente a ello, la UNESCO reconoce que "en el hecho educativo, el acto de enseñar cede el paso al acto de aprender. Sin cesar de ser enseñado, el individuo es cada vez menos objeto y cada vez más sujeto..." (Faure et al., 1973, p.241); entender de esta manera el acto educativo, le asigna al docente -deslocalizando la noción de maestro- el cumplimiento de unas funciones que no son exclusivas de su quehacer, pues, se encuentran

atravesadas por la producción técnica y por la economía que legitiman una serie de discursos educativos vinculados directamente con el desarrollo.

De modo, que posicionar el aprendizaje como la máxima expresión del proceso educativo produce una serie de desplazamientos que se sitúan en el marco de la sociedad del aprendizaje, pues, si cada vez se otorga mayor importancia a la necesidad de aprender de forma continua y permanente a lo largo de la vida el interés por el maestro, la enseñanza y la pedagogía comienza a ser relegado, en tanto, las prácticas educativas centran la atención en el sujeto que aprende más no en quien enseña.

Al respecto, se espera que los docentes planeen y ejecuten experiencias de enseñanza en las que el aprendizaje se construya a partir de temáticas relacionadas con la ciencia y las matemáticas, empleando la tecnología como una herramienta que facilite el proceso, aportando, a la construcción de un sistema educativo eficaz a la vanguardia de los desarrollos científicos como tecnológicos con el ánimo de incorporarlos a la escuela, para lo cual, deben poseer altos conocimientos en los contenidos a ser enseñados independientemente de su área de formación (Hurtado & González, 2017); siendo la lógica organizadora y planificadora de la acción las formas más evidentes de la función del docente.

Sin embargo, es necesaria la creación de espacios de formación para maestros en los que sea posible establecer un diálogo de co-creación en el cual se brinden alternativas para la implementación de la iniciativa, pero en los que también sea posible retroalimentar la misma a partir de las experiencias propias de cada contexto, pues si bien, los maestros reconocen las posibilidades que ofrece la perspectiva en la escuela para fomentar prácticas innovadoras, motivar el aprendizaje, desarrollar habilidades, entre otras:

La mayoría del profesorado indica que no se considera suficientemente formado para impartir de forma adecuada las STEM. En este sentido, muchos de los docentes (...) señalan que les gustaría tener una formación específica para hacer que las asignaturas STEM sean más prácticas (Arabit & Prendes, 2020, p.25).

Sumada a la urgencia de construir espacios para que los maestros se piensen como sujetos históricos, éticos, estéticos y políticos en donde habitan unas formas de saber propias que posibilitan otras relaciones, sin embargo, ante la creciente necesidad de formarse de forma permanentes mediante el aprendizaje de conocimientos prácticos, útiles y universales que doten de contenidos, competencias, habilidades y valores, se hace necesario pensar en las posibilidades de ser maestro que allí existan.

5.3.1. ¿QUÉ POSIBILIDADES DE SER MAESTRO EXISTEN ENTONCES EN EL MARCO DE LA PERSPECTIVA STEM?

No existe preocupación por uno mismo sin la presencia de un maestro, pero lo que define la posición del maestro es que aquello de lo que él se ocupa es precisamente el cuidado que pueda tener sobre sí mismo aquel a quien él sirve de guía. El maestro es quien se cuida del cuidado del sujeto respecto a sí mismo y quien encuentra en el amor que tiene por su discípulo la posibilidad de ocuparse del cuidado que el discípulo tiene de sí mismo. Al amar de forma desinteresada al joven discípulo, el maestro es el principio y el modelo del cuidado de uno mismo que el joven debe tener de sí.

(Michel Foucault, 1994)

Antes de continuar, es importante mencionar que con el presente ejercicio no se pretende establecer una definición del ser maestro, mucho menos movilizar un sentimiento de añoranza respecto a aquello que “debiese o no” ser su labor, tampoco se limita a una serie de exigencias, en su lugar, se trata de pensar al maestro en términos de sus ausencias y sus permanencias, pues de esta manera es posible repensar su configuración al ser un sujeto que a través de la reflexión de su práctica se construye y deconstruye a sí mismo. Por ello, a continuación se presentan algunos elementos de reflexión en torno a su quehacer y las posibilidades de acción a través del mismo, mediados por la inquietud en torno al lugar en concreto del maestro de biología.

En vía de lo anterior, se reconoce que el quehacer del maestro más allá de reducirse a una función, orientación o mediación, está vinculado con un ejercicio de pensamiento constante que posiciona al mismo como un intelectual e investigador en el campo de la educación con sentido y responsabilidad social, que se inquieta por la escuela y lo que en ella ocurre, en donde, la pedagogía es el discurso que posibilita al maestro reconfigurar no sólo su práctica educativa sino también su práctica social, cultural como política. Que aunque, no sea la figura central del acto educativo -por lo menos para el caso de la perspectiva STEM- su labor ocupa un lugar fundamental en la construcción del tejido social, de allí, que no sea un sujeto pasivo a quien simplemente se le “oriente”, delimite y estandarice el rumbo de su quehacer, por el contrario, su labor es el resultado de un ejercicio de reflexión constante que cree en la transformación y la construcción de mejores sociedades, pero por sobre todo que incita a la libertad y la emancipación.

De forma que, frente al panorama en detrimento del sistema educativo que en muchas ocasiones no representa los intereses propios de los contextos, contribuyendo además, al aumento de las desigualdades sociales a través del acceso exclusivo a la educación de calidad ante la premura de alcanzar unos propósitos

que responden a una serie de poderes económicos como políticos en aras de alcanzar el desarrollo, se hace inminente la necesidad de una transformación profunda, pues, si el maestro se limitase al cumplimiento de sus “funciones” continuará validando el carácter utilitarista y mecánico de la enseñanza y por tanto justificando la existencia de la educación al servicio de la eficacia laboral.

Ante esta situación el maestro debe tener claridad respecto a sus motivaciones, propósitos e intereses para que de esta manera sea posible movilizar alternativas, debates, pensamientos y acciones que contribuyan a la transformación social y la construcción de otras posibilidades desde el escenario educativo. De manera, que el quehacer del maestro lejos de reducirse a la “transmisión” de unos contenidos específicos incita un sin número de afectos por las relaciones que construye consigo mismo, con los otros y con lo otro convirtiendo su interacción en condición de posibilidad para poner de manifiesto su formación como una elección personal que sumada a la experiencia que el mismo posee se constituyen en un acontecimiento singular alejado de la homogeneización. Como consecuencia, es posible afirmar que el maestro no es un funcionario, en su lugar es un intelectual que se posiciona desde lo ético, estético, filosófico, histórico, político que en la interacción con los otros gesta un escenario social mediado por el intercambio de saberes, la construcción colectiva y la participación.

Teniendo en cuenta esto, y reconociendo que la perspectiva STEM ofrece una diversidad de oportunidades en el ámbito de la enseñanza, es necesario optar por una mirada crítica respecto a la misma que considere las potencialidades pero también las tensiones que presenta, con el ánimo de construir otros significados en clave de las particularidades de los contextos; vinculada además a la urgencia de tener en cuenta las necesidades de formación de los maestros pues desde la construcción del presente ejercicio investigativo se asumen como uno de los sujetos clave en la transformación de los procesos educativos. De modo, que más allá de las directrices que pueda plantear el sistema de producción capitalista respecto al saber a ser enseñado en la escuela, es importante reflexionar en la autonomía del maestro reflejada en la construcción de su saber pedagógico, el cual no se encuentra relacionado con la forma homogeneizante de concebir el conocimiento.

Vale la pena entonces preguntarse ¿cuál es el lugar del maestro de biología en el marco de la perspectiva STEM?, teniendo en cuenta que la misma no es incluida de forma explícita en la iniciativa, aunque, sea posible reconocer algunas prácticas vinculadas con su enseñanza bajo otros enunciados; sumadas, a las posibilidades de encuentro que ofrece la relación entre lo vivo y la vida a múltiples saberes -para pensar

otros elementos- a propósito de la enseñanza contextualizada, práctica e interdisciplinar que promulga la iniciativa, pues al ser lo vivo y la vida el objeto de interés de la biología, es posible para el maestro encontrar puntos en común que le permitan problematizar desde la mirada de las ciencias, de las matemáticas, de la tecnología y ¿por qué no? de la ingeniería dicha relación. De ahí que -sobre todo- la categoría de vida continúe teniendo vigencia aún bajo otro tipo de nominaciones como la de las ciencias, haciendo cada vez más evidente que las prácticas no desaparecen en su lugar, permanecen bajo otros enunciados, los cuales, responden a unos juegos de relaciones en específico que se establecen en un momento histórico determinado y que permite que estos se encuentren.

Sumado a lo anterior, quizás exista otro lugar para pensar al maestro de biología en el marco de la perspectiva STEM relacionado con las posibilidades para interrogar, cuestionar y problematizar los impactos ocasionados por los usos y aplicaciones de la ciencia junto con los modos de relación que desde allí se establecen en la sociedad, para con ello movilizar otras miradas más bioéticas, que susciten otras relaciones entre lo vivo y la vida a través de un tejido armónico y diferencial que de paso a otras formas de pensamiento.

Ahora bien, aunque existan algunas posibilidades para pensar la enseñanza de la biología en el marco de la perspectiva STEM, no deja de ser un panorama inquietante para los maestros formados en dicha disciplina, dado que, si se pretende que los mismos cumplan con las exigencias requeridas para dar respuesta a la diversidad de prácticas que caracterizan la iniciativa, ¿cómo debería actuar un maestro que ha sido formado en una única disciplina, por ejemplo, frente al carácter interdisciplinar que la misma presenta?, de verse enfrentado al reto de emplear herramientas del campo particular de la ingeniería o la robótica ¿cómo hacerlo cuando su formación ha sido pensando en términos de otro campo disciplinar?, en el caso concreto de la enseñanza de la biología pensada desde la interculturalidad y el reconocimiento de saberes distintos a los científicos ¿cómo vincular los presupuestos de la iniciativa frente a dicho panorama?, los anteriores, son solo algunos de los interrogantes que la iniciativa moviliza a propósito del ser maestro de biología.

Lo que se suma a la inquietud por el futuro de los programas que responden a la formación en un solo campo disciplinar como el caso de la Licenciatura en Biología de la Universidad Pedagógica Nacional, pues, si bien con el paso del tiempo han habido una serie de elementos que han justificado su permanencia, bajo las lógicas actuales y los intereses que ponen de manifiesto perspectivas como STEM surge la preocupación por sus posibilidades en el futuro, más aún, cuando para el caso concreto del país a la fecha existen sólo

cuatro programas de formación de maestros en dicha disciplina, lo que moviliza el interrogante ¿para qué entonces la formación en áreas específicas?, poniendo en tensión su relevancia en una sociedad como la colombiana atendiendo a la megadiversidad que el país presenta en términos biológicos como culturales, frente a cuestiones que son legitimadas como necesarias para alcanzar el progreso de una nación y que en este caso se relacionan con la integración de saberes, lo que, deja en un segundo plano la formación en clave de los contextos.

Lo precedente, conduce a cuestionar la pertinencia de la formación de los maestros en un campo disciplinar específico o si por el contrario debiese repensarse en clave de la integración y lo que ella exige interdisciplinariedad, multidisciplinariedad o transdisciplinariedad del conocimiento, conduciendo a pensar si ¿las apuestas curriculares deben modificarse? y de ser así ¿de qué manera hacerlo en un país como Colombia?, en tanto, pareciese que la formación de los mismos está pensada en clave de unas particularidades sin embargo las exigencias del escenario escolar sumadas a las de iniciativas como STEM son otras, de modo, que ante esa tensión ¿cómo actuar?, ¿qué hacer?, pues más allá, de situarse en una de ellas se trata de reflexionar en las implicaciones de las mismas.

Con base en los anteriores planteamientos es posible mencionar que a partir de la noción de sujeto que promueve la perspectiva STEM se establece unas formas tanto de estudiante como de maestro que se ajustan a las necesidades que imperan en la contemporaneidad, las cuales, se encuentran vinculadas con la constitución de una ciudadanía competente que dé respuesta a los retos del siglo XXI, para ello, recurre a la formación con el ánimo de viabilizar los modos de ser que legítima, de allí, que el proceso educativo este centrado en el rol activo del estudiante, siendo la enseñanza desplazada por el aprendizaje, como consecuencia el lugar del maestro se ve relegado al cumplimiento de unas funciones concretas relacionadas con el diseño y programación de actividades de corte prácticos en las que sea posible del desarrollo de habilidades, competencias pero por sobre todo de resolución de conflictos, otorgando a la formación un sentido propedéutico.

Sin embargo, es necesario trascender de esa visión normalizada de la formación que le concibe como una vía para el alcance de las exigencias planteadas por el sistema capitalista, pues, esta no solo es permeada por condiciones económicas, políticas o sociales, sino que también, está vinculada con aspectos que hacen parte de las elecciones que cada sujeto realiza respecto a su historia de vida, lo que pone de manifiesto las

relaciones consigo mismo y los modos de ser que a partir de allí tienen lugar, desde los cuales, es posible pensar en la constitución de miradas menos hegemónicas que inciten a actuar de otro modo.

CAPÍTULO VI

6. TEJER DE OTRO MODO: REFLEXIONES Y CONSIDERACIONES FINALES

Concluir un ejercicio investigativo no es del todo sencillo, más aún, cuando esté en su ocaso suscita una serie de inquietudes, reflexiones y consideraciones en torno al objeto que movilizó el despliegue del mismo, sin embargo, realizar un alto en el trayecto se configura como una oportunidad para pensar en aquello que a lo largo del mismo se ha construido como deconstruido, no obstante, y aunque con este último pasaje se precisen algunos aspectos en torno a la perspectiva STEM, no se pretende realizar una conclusión a modo de cierre, en su lugar, se espera hacer alusión a algunos elementos que sugieren otras miradas, lecturas y posturas, en fin último que incitan otros modos de tejer.

En este sentido los saberes que promueve la perspectiva STEM se encuentran relacionados con una forma de ciencia abierta, flexible y práctica que tiene por objeto el reconocimiento del entorno, por su parte, la ingeniería es entendida como la manera concreta para plantear alternativas ante las situaciones conflicto a través del diseño y el pensamiento computacional, en vía de ello, la tecnología es empleada como la forma para viabilizar y materializar las estrategias que den respuesta a los interrogantes planteados, es decir, es usada en su sentido instrumental; finalmente, las matemáticas son asumidas como el conocimiento que fundamenta los restantes –siendo esta la mirada identificada como regularidad, ya que, como a lo largo del anterior ejercicio se presentó existen otras formas de comprensión en torno a dichos saberes-, pues si bien, son estos los principales saberes que promueve la iniciativa existen experiencias que dan lugar a otros en sus apuestas, tal es el caso, de la vinculación de las artes (STEAM) y las humanidades (STEM+H). Dichos saberes, son puestos en diálogo a través de un enfoque integrador -multidisciplinariedad, interdisciplinariedad o transdisciplinariedad- en la búsqueda de soluciones a problemas del contexto considerados relevantes, el desarrollo de habilidades y competencias y la formación de capital humano.

Así las cosas, las condiciones de posibilidad de la perspectiva STEM gravitan en un entramado de relaciones que tienen por vector la noción de desarrollo económico que permea todos los ámbitos de la vida, el cual, promueve unos modos concretos de pensar, decir, y ser en lo político, social, cultural y educativo como estrategia para sustentar sus lógicas en el tiempo; de allí, que sea la economía del conocimiento la forma concreta para aproximarse a la escuela y así incitar la primacía de unos saberes respecto a otros al ser presentados como los necesarios a ser aprendidos y por tanto a ser enseñados, debido a su carácter de utilidad y practicidad como forma para dar respuesta a los retos exigidos por la contemporaneidad y la

resolución de problemas socialmente relevantes, panorama impulsado por el auge de la ciencia y la tecnología que alcanza su máxima expresión en la cuarta revolución industrial, justificando la urgencia del aprendizaje de una serie de conocimientos relacionados con las áreas STEM a fin de constituir una fuerza de trabajo alfabetizada científica y tecnológicamente.

De acuerdo a ello, los modos de ser sujeto que promueve la perspectiva STEM se vinculan con el aumento de las vocaciones científico-tecnológicas e ingenieriles al ser considerados los campos de profesionalización de mayor importancia para contribuir al progreso económico de las naciones; aspectos, que se potencian a partir de enunciados como el de la formación y el aprendizaje a lo largo de la vida, los cuales, se constituyen en líneas de fuerza que incitan unas maneras concretas de hacer y ser. No obstante, es posible que en el marco de dicha formación existan otros lugares para pensar la misma lejos de la lógica del deber ser, que opte por vincular las elecciones personales que los sujetos construyen a partir de su subjetividad y las relaciones que establecen consigo mismo, con los otros y con lo otro.

En este sentido, pareciese que las necesidades que sobre el maestro recaen se encuentran vinculadas con la responsabilidad de formar de manera integral, conducir al alcance de una forma de sujeto, sumada a la urgencia de legitimar el saber hacer en contexto como el aspecto clave de la enseñanza, para lo cual, se constituye una identidad en la que debe cumplir con unas funciones de promoción, organización e incitación sobre los estudiantes quienes son los artífices de su propio aprendizaje, relegando la singularidad del maestro y las posibilidades de creación que el mismo promueve a través de su quehacer.

Ahora bien, frente a las relaciones posibles de establecer entre la perspectiva STEM y la enseñanza de la biología es posible mencionar que aunque la misma no es integrada de forma explícita en sus presupuestos, quizás exista un lugar para pensar su enseñanza en el marco de la misma, dado que existe un fuerte interés –desde la iniciativa- por dar solución a los problemas relacionados con lo ambiental como con la vida, constituyéndose así, en líneas de fuerza que pueden continuar validando su permanencia en la escuela bajo otros enunciados, no obstante, la preocupación no es por la biología en sí misma, al parecer, se centra en unos saberes en concreto relacionados con esta.

Lo anterior, pone en tensión el objeto de conocimiento propio de la perspectiva STEM, pues si bien, se espera la integración de unos saberes particulares (ciencias, tecnología, ingeniería y matemáticas) quizás sus intereses no versen sobre la construcción que las disciplinas han hecho de los mismos, sino más bien, de sus aplicaciones a situaciones concretas, es decir, del uso de unos saberes específicos en torno a las ciencias, la tecnología, la ingeniería y las matemáticas en clave de la resolución de problemas socialmente

relevantes, lo que amplía todo un panorama de discusión ante la constitución de los saberes escolares y su lugar en el marco de la iniciativa STEM acaso ¿estos aún son posibles?.

Dicho esto, y al respecto de la vida como línea de fuerza, se sospecha que el escenario que presenta el marco de la perspectiva STEM pone en cuestión su singularidad, pues pareciese que ya no es la forma sublime de habitar, vivir y convivir, sino aquel espacio que se gerencia, en donde, lo único verdaderamente importante es lo que a través de ella se alcanza, más, no la esencia que ella le imprime al mundo, convirtiendo a los sujetos en gerentes de sí mismos, lo que, es posible de situar, en lo que me permitiré denominar como la tecnificación inducida de la vida, tecnificación entendida en su sentido explícito como la dotación de una serie de recursos para mejorar una actividad, pero también en su sentido más amplio como la conducción total de la vida hacia fines que no son los propios, sino los impuestos, en donde, la educación contribuye con el alcance de los mismos.

Convirtiéndose así en una educación que exige de la vida un cúmulo de habilidades, competencias, acompañado de una alta productividad, efectividad y eficacia, disponiendo de la vida al servicio de la economía y el desarrollo; sin embargo, ante este panorama como maestros ¿qué es lo que queremos formar?, ¿en qué? y ¿para qué?. Tras este panorama es posible mencionar que las condiciones de posibilidad de la perspectiva STEM se matizan a la luz de las relaciones de fuerza entre el saber y el poder que en el cruce de las mismas constituyen a los sujetos, las cuales, son posibles de evidenciar a través de las prácticas que la iniciativa promueve y que en un intento de decantación a continuación se esquematizan (Ver gráfica N°2).

Teniendo en mente los elementos anteriormente desplegados en torno a la constitución de la perspectiva STEM y con el ánimo de contribuir a la construcción de otras miradas que interroguen, cuestionen y enriquezcan la misma, desde la constitución del presente ejercicio de pensamiento, se considera vital abordar dicha iniciativa a partir de un enfoque complejo, pues no basta con poseer unos marcos de trabajo definibles, sino de construirlos en comunidad y contexto, de ahí que la complejidad que desde aquí se propone esté relacionada con establecer un diálogo con los territorios a fin de escuchar las problemáticas y necesidades de los mismos e intentar construir alternativas en las que se tenga en cuenta las posibilidades que STEM ofrece.

LÍNEAS DE FUERZA EN TÉRMINOS DEL SABER, EL PODER Y LOS SUJETOS EN LA CONSTITUCIÓN DE LA PERSPECTIVA STEM



Figura 2. Condiciones de posibilidad de la perspectiva STEM a propósito de las relaciones de fuerza entre el saber, el poder y los sujetos. Construcción propia.

No obstante, pareciese que aún existe un largo camino para la implementación de la iniciativa STEM, pues no es posible desconocer las condiciones que la escuela actual colombiana presenta, las necesidades particulares de los contextos y los inconvenientes que la formación de maestros atraviesa, lo anterior, se configura como una invitación para pensar en los elementos que la perspectiva requiere para su abordaje con el ánimo de cruzarlos con los que el contexto propio del país posee para darles cumplimiento, dado, que la escuela en sí misma presenta una serie de inercias y dificultades que pueden influir en su despliegue,

más aún al tratarse de iniciativas que tienen por objeto la resolución de problemas a partir de una visión integradora, cuando dichos escenarios se enfrentan a la falta de recursos y la rigidez curricular; lo que, conduce a inquietarse por la urgencia de implementar la perspectiva STEM en un país Colombia, acaso ¿es una alternativa para superar el subdesarrollo? o ¿para legitimar iniciativas que no se corresponden con las necesidades del país?.

Aun así, se considera fundamental entender la diversidad de elementos que ofrece la iniciativa como una potencialidad en el escenario educativo al ofrecer un amplio abanico de oportunidades, de espacios para la creación y de encuentro con otros saberes a través de una mirada integradora, sin embargo, se debe tener cautela pues esa misma diversidad que la enriquece puede convertirse en un horizonte más bien difuso, es por ello, que se propone como primer paso para la implementación de experiencias que tengan como fundamento la perspectiva STEM el diálogo de co-creación entre maestros y centros educativos con el ánimo de aclarar qué elementos corresponden a la misma, pero también con el propósito de construir sus posibilidades de abordaje desde los contextos, pues, se trata de asumir la escuela como un lugar de acontecimiento que tiene una dinámica propia frente a las obligaciones que sobre ella recaen.

Lo anterior, es un llamado a construir una identidad para la perspectiva STEM en el ámbito educativo que trascienda las imposiciones que el modelo de desarrollo económico presenta, pues, es posible que la misma ofrezca elementos para pensar otro tipo de relaciones en torno al cómo abordar la enseñanza en la contemporaneidad; como consecuencia, se plantea que la iniciativa más allá de ser presentada como modelo, enfoque o paradigma, sea socializada como un conjunto de propósitos económicos en el que tienen lugar una serie de prácticas que contribuyen a su alcance, para que de esta manera sean las instituciones, los maestros y los estudiantes quienes puedan tomar decisiones al respecto y construir otros significados para la misma.

Así las cosas, aproximarse a cuestiones como las que hasta el momento se han presentado ubican a la perspectiva STEM en un escenario de constante incertidumbre que pone en evidencia un elemento propio del momento histórico en el que la iniciativa tiene lugar, y es la velocidad con la que todo ocurre, aquello que Bauman denominaría como *Modernidad Líquida*, y que en este caso se refleja puntualmente en la acelerada incorporación a la escuela de transformaciones educativas bajo la premisa de “calidad” e “innovación”, sin antes, ser decantadas, interrogadas y cuestionadas a propósito de su pertinencia en el escenario educativo colombiano frente a la diversidad de contextos que el país presenta, relegando el ejercicio de reflexión al olvido.

Al respecto y teniendo en cuenta el momento histórico por el que el mundo atraviesa es posible pensar que la actual situación de salud pública ocasionada por el Sars-CoV-2 -que ha impactado todos los ámbitos de la vida incluido el escolar-, podría convertirse en condición de posibilidad para continuar validando la pertinencia de la perspectiva STEM en la escuela, al ofrecer, un marco educativo mediado por el uso de las TIC, sumada a la relevancia que las ciencias han adquirido en este periodo en concreto, desplegando un campo de pensamiento que conduce a reflexionar en las prácticas y los discursos que circulan en la actualidad y que contribuyen a validar los lugares comunes asignados a la iniciativa.

En este orden de ideas y sin olvidar la importancia de que sea el maestro quien se apropie de su campo de acción, se considera fundamental que él mismo cuestione, interroge, problematice y construya los saberes propios de su quehacer, pues tal y como ha sido posible de evidenciar a través de la construcción del presente ejercicio investigativo, son muchos los profesionales que intervienen en el ámbito educativo sin poseer una formación dentro de este, no obstante, es crucial promover una educación en términos pedagógicos como didácticos para quienes quieran hacerse partícipes de su desarrollo, pues estos no son espacios como coloquialmente se asume de aprobación de todos los discursos, en su lugar, se constituyen como escenarios de creación que poseen unas repercusiones sociales.

Lo que invita a repensar la experiencia que el maestro construye como posibilidad de posicionamiento filosófico, ético y político haciendo hincapié en las relaciones que establece para con su campo de acción como posibilidad de inquietud respecto a las verdades absolutas, frente a las cuales pareciese que la única acción es aceptarlas, mantenerlas y ejercerlas. Así entonces, se trata de como maestros conservar intacta la duda, la curiosidad y la conmoción que permite ver las oscilaciones de aquello que se presenta a través de las lógicas dominantes quedando de esta manera abiertas las disposiciones para construir otros significados y trayectos que contribuyan a la construcción de este sueño colectivo llamado educación.

Quiero finalizar resaltando la complejidad de un ejercicio de pensamiento como el presente, puesto que en muchas ocasiones se subestima el nivel de exigencia y rigurosidad que investigaciones de este corte posee, sin embargo, y luego de transitar por la construcción del mismo puedo decir que es todo lo opuesto, que en definitiva el acto de pensar a través de la lente de la historicidad pero a su vez de lo tensionante, inquietante y problematizador es un acto deslocalizador que genera incomodidad en cada uno de los ires y venires a través del archivo, en donde, se vuelve común encontrarse ante laberintos, zócalos y suburbios, que más allá de claridades deja a ojos luz penumbras, sumadas a las posibilidades para pensar de otro modo que el trayecto que finaliza aporta a la formación personal como de los licenciados en biología.

7. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Allard, S. & Cortez, E. (2013). Aspectos fundamentales sobre la Educación STEM (enfoque interdisciplinario de ciencia, tecnología, ingeniería y matemáticas/medicina): Lecciones aprendidas en la Universidad de Tennessee. <http://library.ifla.org/170/8/197-allard-es.pdf>
- Álvarez, A. (2003). *Los medios de comunicación y la sociedad educadora ¡ya no es necesaria la escuela!*. Magisterio.
- Arabit, J. & Prendes, M. (2020). Metodologías y Tecnologías para enseñar STEM en Educación Primaria: análisis de necesidades. *Revista de Medios y Educación*. (57), 107 – 128. <https://doi.org/10.12795/pixelbit.2020.i57.04>
- Arredondo, F., Vázquez, J. & Velázquez, L. (2019). STEM y brecha de género en Latinoamérica. *Revista de El Colegio de San Luis*, 9(18), 137-158. <https://doi.org/10.21696/rcsl9182019947>
- Association for Science Education College Lane. (2010). *Principios y grandes ideas de la educación en ciencias*. <https://www.compartirpalabramaestra.org/actualidad/noticias/encuentre-el-material-del-primer-webinar-stem-que-significa-que-implica>
- Avendaño, A. (2014). *Módulo STEM dirigido a estudiantes de básica secundaria* (Tesis de maestría, Universidad de los Andes). Seneca Repositorio Institucional. <https://repositorio.uniandes.edu.co/handle/1992/17048>
- Avendaño, K. (2018). Interés por estudios universitarios en ciencia, tecnología, ingeniería y matemáticas (STEM) en bachilleres de tabasco (tesis de doctorado, Universidad Juárez Autónoma de Tabasco). Repositorio Institucional UJAT. <http://ri.ujat.mx/handle/20.500.12107/3106>
- Azcaray, J. (2019). *Metodología para integrar el diseño en un proceso curricular STEAM a través del uso de las nuevas tecnologías creativas* (Tesis doctoral, Universitat Politècnica de València). Repositorio Institucional UPV. <https://riunet.upv.es/handle/10251/125704>
- Barrera, N. (2015). Uso de la robótica educativa como estrategia didáctica en el aula. *Praxis y Saber*, 6(11), 215 - 234. <http://www.scielo.org.co/pdf/prasa/v6n11/v6n11a10.pdf>
- Bogdan, R. & Greca, I. (Junio, 2016). *Modelo interdisciplinar de educación STEM para la etapa de Educación Primaria*. Trabajo presentado en 3er Simposio Internacional de Enseñanza de las Ciencias SIEC, España.

- Bogdan, R. & Meneses, J. (2018). Preferencia por contenidos científicos de física o de biología en Educación Primaria: un análisis clúster. *Revista eureka sobre enseñanza y divulgación de las ciencias*, 16(1), 1 - 16. https://doi.org/10.25267/Rev_Eureka_ensen_divulg_cienc.2019.v16.i1.1104
- Boxlight. (2019). *La gran guía de STEM*. https://mimio.boxlight-latam.com/descargas/recursos/guias/LaGranGuiaDeSTEM_BLA.pdf
- Bybee, R. W. (2013). *The Case for Education Challenges and Opportunities*. National Science Teachers Association.
- Canu, M. (2017). ¿Por qué se habla de educación STEM?. *Innovación y Ciencia*, 24(4), 1 - 12. https://innovacionyciencia.com/articulos_cientificos/porque-se-habla-de-educacion
- Castiblanco, P. & Lozano, R. (2016). El modelo STEM como práctica innovadora en el proceso de aprendizaje de las matemáticas en las escuelas unitarias de la IED instituto técnico agrícola de Pacho, Cundinamarca (Tesis de maestría, Universidad Tecnología de Bolívar - Corporación Universitaria Minuto de Dios). Repositorio UTB. <https://repositorio.utb.edu.co/bitstream/handle/20.500.12585/2677/0069835.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Castro, E. (2004). *El vocabulario de Michel Foucault. un recorrido alfabético por sus temas, conceptos y autores*. <http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/12570>
- Cilleruelo, L. & Zubiaga, A. (2014). Una aproximación a la Educación STEAM. Prácticas educativas en la encrucijada arte, ciencia y tecnología. *Jornadas de Psicodidáctica*, (s.f), 1 – 18. <https://www.augustozubiaga.com/web/wp-content/uploads/2014/11/STEM-TO-STEAM.pdf>
- Coello, P., Crespo, T., Hidalgo, J. & Díaz, D. (2018). El modelo STEM como recurso metodológico didáctico para construir el conocimiento científico crítico de estudiantes de Física. *Latin-American Journal of Physics Education*, 12(2). 1-8
- Committee on STEM Education. (2018). *Trazando un curso para el éxito: estrategia de América para STEM Educación*. <https://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:bHWrTLq09gAJ:https://www.energy.gov/sites/prod/files/2019/05/f62/STEM-Education-Strategic-Plan-2018.pdf+&cd=2&hl=es-419&ct=clnk&gl=co>
- Deleuze, G. & Guattari, F. (1972). *Capitalisme et schizophrénie 1. L'Anti-Œdipe*. París: Minuit. ISBN 2-7073-0067-5.
- Deleuze, G. (1987). *Foucault*. Paidós.

- Delgado, P. (2019). *Educación STEM: ¿qué es y cómo sacarle provecho?*. <https://observatorio.tec.mx/edu-news/educacion-stem-que-es-y-como-sacarle-provecho>
- Delval, J. (2013). La escuela para el siglo XXI. *Sinéctica*, (40), 01-18. http://www.sinectica.iteso.mx/articulo/?id=40_la_escuela_para_el_siglo_xxi
- Dewey, J. (1967). *Experiencia y educación*: Paidós.
- Domènech-Casal, J. (2018). Aprendizaje Basado en Proyectos en el marco STEM: componentes didácticas para la Competencia Científica. *Revista de Educación Científica*, 21(2), 29 - 42. <https://doi.org/10.17979/arec.2018.2.2.4524>
- Domènech-Casal, J. (2019). STEM: Oportunidades y retos desde la Enseñanza de las Ciencias. *Universitas Tarraconensis. Revista de Ciències de l'Educació*, 1(2), 154-168. DOI: <https://doi.org/10.17345/ute.2019.2.2646>
- Domènech-Casal, J. Lope, S. & Mora, L. (2019). Qué proyectos STEM diseña y qué dificultades expresa el profesorado de secundaria sobre Aprendizaje Basado en Proyectos. *Revista eureka sobre enseñanza y divulgación de las ciencias*, 16(2), 1 - 16. https://doi.org/10.25267/Rev_Eureka_ensen_divulg_cienc.2019.v16.i2.2203
- El Tiempo. (04 de junio de 2019). 1.579 maestros fueron víctimas del conflicto en los últimos 60 años. *El Tiempo*. <https://www.eltiempo.com/vida/educacion/cifras-sobre-educacion-rural-en-colombia-370890>
- Faure, E. et al. (1973). *Aprender a ser: la educación del futuro*. https://www.berrigasteiz.com/monografikoak/inklusibitatea/pubs/unesco_aprender%20a%20ser.pdf
- Felder, R. & Brent, R. (2006). *¿Cómo se presentara la educación en Ciencia, Tecnología, Ingeniería y Matemáticas (STEM) en cinco años o antes?*. www.ncsu.edu/effective_teaching
- Foro Económico Mundial. (21 de octubre de 2020). *Estas son las 10 habilidades laborales más importantes del mañana y cuánto tiempo lleva aprenderlas*. <https://www.weforum.org/agenda/2020/10/top-10-work-skills-of-tomorrow-how-long-it-takes-to-learn-them/>
- Foucault, M. (1982). El polvo y la nube. En Jacques, L., *La imposible prisión: debate con Michel Foucault*. (pp. 37 - 53). Anagrama.
- Foucault, M. (1992). *El orden del discurso*. Tusquets.
- Foucault, M. (1992). *Vigilar y castigar: Nacimiento de la prisión*. Siglo XXI.
- Foucault, M. (1997). *Las palabras y las cosas*. Siglo XXI.

- Foucault, M. (2000). *Un diálogo sobre el poder y otras conversaciones*. <https://museo-etnografico.com/pdf/puntodefuga/181003focault2.pdf>
- Foucault, M. (2009). *El gobierno de si y de los otros*. https://monoskop.org/images/7/78/Foucault_Michel_El_gobierno_de_si_y_de_los_otros.pdf
- Foucault, M. (2016). *Arqueología del saber*. <http://ceiphistorica.com/wp-content/uploads/2016/01/mfarq.pdf>
- Friedman, L. (2005). *The World is flat. A brief history of the twenty-first century*. Farrar Straus and Giroux.
- Fuentes, M. & González, J. (2017). Necesidades formativas del profesorado de Secundaria para la implementación de experiencias gamificadas en STEM. *RED. Revista de Educación a Distancia*, 17(54). 1 – 25. doi: <http://dx.doi.org/10.6018/red/54/8>
- Galeano, A. Preciado, G. Carreño, J. Aguilar, L. & Espinosa, O. (2017). ¿Qué es un modelo pedagógico?. *Magisterio*.
- García, Y. Reyes, D. & Burgos, F. (2017). Actividades STEM en la formación inicial de profesores: nuevos enfoques didácticos para los desafíos del siglo XXI. *Diálogos educativos*. 18(33). 37 – 48. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6212470>
- Gardner, D. (1983). *A Nation at Risk: The Imperative for Educational Reform*. https://edreform.com/wp-content/uploads/2013/02/A_Nation_At_Risk_1983.pdf
- Guichot, V. (2006). Historia de la educación: reflexiones sobre su objeto, ubicación epistemológica, devenir histórico y tendencias actuales. *Revista Latinoamericana de Estudios Educativos*, 2(1), 11- 51.
- Guitart, F. & Lope, S. (2019). Y tú, ¿te proteges del sol? Un proyecto STEM con mirada científica. *Revista eureka sobre enseñanza y divulgación de las ciencias*, 16(3), 1 - 11. https://doi.org/10.25267/Rev_Eureka_ensen_divulg_cienc.2019.v16.i3.3202
- Gómez, M. Duque, M. Canu, M. & Danies, G. (septiembre, 2015). Educación STEM en educación básica: estudio de caso en dos países, Colombia y República Dominicana. Trabajo presentado en el Encuentro Internacional de Educación en Ingeniería ACOFI, Centro de Convenciones Cartagena de Indias, Colombia.
- Gómez, M. & Duque, M. (Septiembre, 2020). *Las ciencias naturales: el segundo gran pilar de la educación STEM*. Trabajo presentado en la serie de Webinars STEM, Fundación Compartir, Colombia.
- González & Zapata, (2019). *El modelo STEM : una mirada a la progresión conceptual del contenido función de nutrición en los seres humanos* (Trabajo de grado, Universidad de Antioquia). Repositorio Institucional. <http://bibliotecadigital.udea.edu.co/handle/10495/14095>

- Guzmán, M. (2011). La Educación Como Fenómeno Social. *Foro educacional*. (19), (109-120).
<https://es.calameo.com/books/00589324772d385344f78#>
- Heidegger, M. (1978). *¿Qué significa pensar?*. Buenos Aires: Nova.
- Hernández, J. & Calderón, J. (2019). *Aportes de la competencia motriz para el trabajo cooperativo, el análisis y resolución de problemas STEM, en estudiantes de grados quinto de primaria (Trabajo de grado, Universidad de Cundinamarca)*. Repositorio Dictum.
<http://repositorio.ucundinamarca.edu.co/handle/20.500.12558/2397>
- Hurtado, M. & Gonzáles, J. (2017). Necesidades formativas del profesorado de Secundaria para la implementación de experiencias gamificadas en STEM. *Revista de Educación a Distancia*. (54), 1-25. DOI: <http://dx.doi.org/10.6018/red/54/8>
- Kant, I. (1985). *Tratado de Pedagogía*. Rosaristas.
- Larrosa, J. (1995). Tecnologías del yo y educación. En: Larrosa, J. & Valera, J., *Escuela, poder y subjetivación*. (pp. 366). Las Ediciones de la Piqueta.
- Laval, C. (2004). *La escuela no es una empresa. El ataque neoliberal a la enseñanza pública*. Editorial Paidós. Barcelona. España.
- Laverde, J. (2016). *Diseño de un módulo didáctico con el enfoque STEM para la enseñanza/aprendizaje de los gases en la educación media* (Tesis de maestría, Universidad de los Andes). Seneca Repositorio Institucional. <https://repositorio.uniandes.edu.co/handle/1992/13681>.
- Lavola, A. (2018). *Tinkering: Una metodología que empodera al alumnado*.
<https://educa.lavola.com/es/tinkering-una-metodologia-que-empodera-al-alumnado/>
- León, A. (2013). El maestro como sujeto político: dilemas entre los imaginarios y su formación. *Revista Infancias Imágenes*, 12(1), 117 - 123.
- Lizarazo & Fernández, (2019). *ATE Y STEM; Una propuesta para relacionar biología, geometría y tecnología* (Trabajo de grado, Universidad Distrital Francisco José de Caldas). Repositorio Institucional.
<https://repository.udistrital.edu.co/handle/11349/22684>
- López, V. & Couso, D. & Simarro, C. (2020). Educación STEM en y para el mundo digital. Cómo y por qué llevar las herramientas digitales a las aulas de ciencias, matemáticas y tecnologías. *Revista de Educación a Distancia*, 20(62), 1-29. <https://doi.org/10.6018/red.410011>
- MacKinnon, G. Rawn, E. Cressey, J. & He, W. (2017). Employing STEM Curriculum in an ESL Classroom: A Chinese Case Study. *K-12 STEM Education*, 3(1), 143 - 155. DOI: <http://dx.doi.org/10.14456/k12stemed.2017.1>

- Manassero, M. & Vasquez, A. (Septiembre, 2017). *Enseñando la naturaleza del conocimiento científico mediante juegos*. Trabajo presentado en X congreso internacional sobre investigación en didáctica de las ciencias, España.
- Marco, B. (1999). *Alfabetización científica y educación para la ciudadanía*. Narcea.
- Marquès, P. & Sarramona, J. (2017). Competències bàsiques de l'àmbit digital. <http://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:CAjklNlrkAYJ:educacio.gencat.cat/web/.content/home/departament/publicacions/colleccions/competencies-basiques/eso/ambit-digital.pdf+&cd=1&hl=es-419&ct=clnk&gl=co>
- Martín, O. & Santaolalla, E. (2020). STEM Formación con conciencia. *Padres y Maestros*, (381), 41-46. DOI: 10.14422/pym.i381.y2020.006
- Martínez, A. (2008). La escuela: Un lugar para el común. En Frigerio, G. & Diker, G. *Educación: posiciones acerca de lo común* (pp. 2-18). Del estante.
- Martínez, A & Orozco, J. (2010). Políticas de escolarización en tiempos de multitud. *Revista Educación y Pedagogía*, 22 (58), 103-119.
- Martínez, A. (2016). Formación y experiencia en la universidad. *Revista Colombiana de Educación*, (70), 305-317. <https://revistas.pedagogica.edu.co/index.php/RCE/article/view/3775/3355>
- Martínez, J. (2018). *El enfoque STEM en la Formación Inicial de Maestros: pilas de combustible microbióticas* (Universidad Complutense de Madrid). E-Prints Complutense. https://eprints.ucm.es/id/eprint/48120/1/Memoria%20PI%2081_2017.pdf
- Martínez, B. (2020). *Educación STEM: Tema central de ACOFACIEN en Uniguajira*. <https://www.tuuputchika.com/2020/03/07/educacion-stem-tema-central-de-acofacien-en-uniguajira/>
- M.E.N. (2004). Estándares básicos de competencias en Ciencias Naturales y Ciencias Sociales. Formar en ciencias: ¡el desafío! Ministerio de Educación Nacional. Colombia. Recuperado de: https://www.mineduacion.gov.co/1621/articles-81033_archivo_pdf.pdf
- M.E.N. (2020). Ya está abierta la convocatoria de Ruta STEM, iniciativa del Gobierno Nacional que certificará 20 mil docentes del país para promover el pensamiento computacional y tecnológico. https://www.mineduacion.gov.co/1759/w3-article-400850.html?_noredirect=1
- Molina, J. (2017). Nuevos discursos de la educación: escolarización, aprendizaje, autogobierno y performatividad. *Folios*. 45, 103-111.
- Morrell, C. & Parker, C. (2015). Solving the education equation: *A new model for improving STEM workforce outcomes through academic equity*. www.napequity.org/solvingeducation-equation

- Noguera, C. (2003). *Medicina y Política: Discurso médico y prácticas higiénicas durante la primera mitad del siglo XX en Colombia*. Universidad EAFIT.
- Noguera, C. (2018). *Alfredo Veiga-Nieto y los estudios Foucaultianos en Educación*. Universidad Pedagógica Nacional.
- Observatorio de Innovación social de la Universidad Minuto de Dios (2019). *Análisis Bibliométrico Educación STEM*. http://umd.uniminuto.edu/documents/1242125/15304323/Analisis+Bibliometrico+Educacio%CC%81n+STEM_compressed.pdf/d82d6d1c-ae50-4ee1-b259-34d3f2a417f8
- Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico, OCDE. (1998). *Inversión en capital humano: una comparación internacional*, OECD Publishing.
- Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico, OCDE (2015), *Perspectivas Económicas de América Latina 2016 hacia una asociación con China*, en http://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/39535/S1501061_es.pdf?sequence=1.
- Oreiro, R. & Solbes, J. (2015). Evaluación de la enseñanza de la Astrobiología en Secundaria: análisis de libros de texto y opiniones del profesorado en formación. *Didáctica de las Ciencias Experimentales y Sociales*. (29), 247 - 274.
- Paredes, M. (2018). El aprendizaje activo, el aprendizaje basado en proyectos y la educación STEM. Trabajo presentado en conferencias virtuales organizadas por la Universidad Militar Nueva Granada, Cajicá, Colombia.
- Pastor, I. (2018). *Análisis de la metodología STEM a través de la percepción docente* (Trabajo de grado, Universidad de Valladolid). UvaDoc: Repositorio Institucional de la Universidad de Valladolid. <http://uvadoc.uva.es/bitstream/handle/10324/30952/TFMB.134.pdf;jsessionid=78374C33FDF674D3836D0DF443EEF93E?sequence=1>
- Peña, J. (2018). El enfoque STEM en la Formación Inicial de Maestros: pilas de combustible microbióticas (Trabajo de grado, Universidad Complutense de Madrid). Repositorio Institucional. <https://eprints.ucm.es/id/eprint/48120/>
- Perales, J. & Aguilera, D. (2020). Ciencia-Tecnología-Sociedad vs. STEM: ¿evolución, revolución o disyunción?. *Revista de Educación Científica*, 4(1), 1-15. <https://doi.org/10.17979/arec.2020.4.1.5826>
- Pérez, J. & Ávila, A. (2017). STEM en nuestras vidas inherente o una nueva tendencia educativa. *Innovación y Ciencia*, 24(4), 3 -7. https://innovacionyciencia.com/articulos_cientificos/stem-en-nuestras-vidas-inherente-o-una-nueva-tendencia-educativa

- Portafolio. (22 de marzo de 2016). STEM Education for the Future (Educación STEM para el futuro). *Portafolio*. <https://www.portafolio.co/economia/stem-education-for-the-future-educacion-stem-futuro-492939>
- Prats, Joaquín y Santacana, Juan (2011): ¿Por qué y para qué enseñar Historia? En Galicia Gisela L. (Coor. Ed.) Enseñanza y aprendizaje de la Historia en la Educación Básica. (pp.18-68) México: Secretaría de Educación Pública. Recuperado de: https://www.researchgate.net/publication/288878823_Por_que_y_para_que_ensenar_historia
- Quiceno, H. (2010). El maestro, el docente y el formador. En Martínez, B. & Álvarez, G., *Figuras contemporáneas del maestro en América Latina* (pp. 220-240). Magisterio.
- Quiceno, J. (2017). Condiciones para la implementación de Ambientes de Aprendizaje STEM, en Instituciones Oficiales de la Ciudad de Medellín, Caso I.E Monseñor Gerardo Valencia Cano (Tesis de maestría, Universidad EAFIT). Repositorio Institucional EAFIT. https://repository.eafit.edu.co/bitstream/handle/10784/11869/QuicenoArias_JuanFernando_2017.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Reyes, D. & García, Y. (2014). Desarrollo de habilidades científicas en la formación inicial de profesores de ciencias y matemáticas. *Educación Y Educadores*, 17(2), 271–285.
- Ritz, J. & Szu-Chun, F. (2014). STEM and technology education: international state-of-the-art. *Springer*, (4), 429 – 451.
- Roa, P.; Osorio, A.; Forero, E.; & Buitrago, A. (2010). La sexualidad y la formación de maestros: de los sujetos, la pedagogía y las prácticas universitarias. *Bio-grafía: Escritos sobre la Biología y su Enseñanza* 3(4). pp 176-190.
- Roa, P. (2015). La emergencia de la biología en la escuela colombiana: una mirada genealógica entre 1900-1930. *Pedagogía y Saberes*, (42).
- Roa, P.; Jaramillo, J.; Serrato, D. & Sánchez, L. (2018). Investigación, Maestro e Historia: La Biología como Saber Escolar. 1ª. ed. – Bogotá: Universidad Pedagógica Nacional, CIUP.
- Rocard, M., Csermely, P., Jorde, D., Lenzen, D., Walberg-Heriksson, H. & Hemmo, V. (2006). Science Education Now: a new pedagogy for the future of Europe. Report for the European Commission.
- Rodríguez, E. (03 de diciembre de 2018). STEM: inversión y pertinencia en el contexto latinoamericano. Compartir Palabra Maestra. <https://www.compartirpalabramaestra.org/actualidad/blog/stem-inversion-y-pertinencia-en-el-contexto-latinoamericano>

- Rodríguez, M. (2018). *Proyecto Octopus: propuesta pedagógica fundamentada en la metodología STEAM para fortalecer el aprendizaje rizomático de los estudiantes de básica primaria* (Trabajo de grado, Corporación Universitaria Minuto de Dios). Repositorio Institucional – Colecciones Digitales de la Corporación Universitaria Minuto de Dios. <https://repository.uniminuto.edu/handle/10656/6421>
- Rojas, M. & Díaz, L. (2020). *Elementos a considerar para el diseño de un club de ciencia y tecnología como estrategia de proyección social desde el Departamento de Tecnología de la Universidad Pedagógica Nacional* (Trabajo de grado, Universidad Pedagógica Nacional). Repositorio Institucional. http://repository.pedagogica.edu.co/bitstream/handle/20.500.12209/12179/elementos_a_considerar_%20para_el_diseño_de_un_club.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Runge, A. (2012). La educación como una antropotécnica contra el salvajamiento humano: paradojas y complicaciones para el pensar pedagógico moderno. *Revista Educación y Pedagogía*, 24 (62), 247-265.
- Salgado, M. & Filgueira, A. (2018). Actividad matemática a través de la ciencia en Educación Infantil: una experiencia STEAM sobre el agua. Trabajo presentado en XXXI Congreso de ENCIGA organizado por la asociación de profesores y profesoras en ciencias, España.
- Sánchez, E. (2019). La educación STEAM y la cultura «maker». *Padres Y Maestros*, (379), 45-51. <https://doi.org/10.14422/pym.i379.y2019.008>
- Sánchez, L. (2012). *La biología en la escuela colombiana actual condiciones que hacen posible su constitución* (Trabajo de grado, Universidad Pedagógica Nacional).
- Sanders, M. (2009). STEM, STEM education, STEM mania. *Technology Teacher*, 68(4), 20-26. <https://vtechworks.lib.vt.edu/bitstream/handle/10919/51616/STEMmania.pdf?sequence>
- Serna, E. & Serna, A. Ciencia y disciplinariedad. *Entramado*. 12(1),152 - 162, <http://dx.doi.org/10.18041/entramado.2016v12n1.23111>
- Serrato, D. (2012). La botánica como saber escolar: condiciones de posibilidad relacionadas con su desplazamiento del currículo escolar colombiano entre 1955 y 1965 (Trabajo de grado, Universidad Pedagógica Nacional).
- Schaaper, M. (2013). *The partnership on measuring ICT for development: Developing and collecting statistics on ICT and gender*. Trabajo presentado en: XXI En Conferencia Regional sobre la Mujer en América Latina y el Caribe. Santo Domingo, República Dominicana.
- Simarro C. y Couso D. (2016) Análisis de una actividad tinkering en el marco de la educación STEM. *Comunicación y Pedagogía*. 65(7), 291 – 292.

- Simola, H. Heikkinen, S. & Silvonen, J. (2000). Una historia Foucaultiana de la investigación de la verdad y la educación. En Popkewitz, T. & Brennan, M., *El desafío de Foucault: Discurso, conocimiento y poder en la educación* (pp. 81 - 110). Pomdores-Corredor.
- Solbes, J. & Vilches, A. & Gil, D. (2011). El enfoque CTS y la formación del profesorado. Universidad de Valencia. En Membiela, P. (Ed.), *Enseñanza de las Ciencias desde la perspectiva CienciaTecnología-Sociedad*, (11), 163-175.
- Sousa, B. (2012). De las dualidades a las ecologías. Red Boliviana de Mujeres Transformando la Economía REMTE. Bolivia.
- Yepes, D. (2020). *STEM y sus oportunidades en el ámbito educativo* (Trabajo de grado, Universidad de Córdoba). Repositorio Unicordoba.
<https://repositorio.unicordoba.edu.co/bitstream/handle/ucordoba/2774/yepesmirandadeimer.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Tovar, D. (2019). Educación STEM en la Sudamérica hispanohablante. *Physicorum. Educatio*, 13(3), 1 - 7.
http://www.lajpe.org/sep19/13_3_08.pdf
- Universidad Politécnica de Valencia. (2020). *Grado en Diseño y Tecnologías Creativas*.
<https://www.upv.es/titulaciones/GDTC/>
- Useche, G. & Vargas, J. (2019). Una revisión desde la epistemología de las ciencias, la educación STEM y el bajo desempeño de las ciencias naturales en la educación básica y media. *Revista TEMAS*, 3(13), 109-121. <http://revistas.ustabuca.edu.co/index.php/TEMAS/article/view/2337>
- Vanguardia. (09 de diciembre de 2018). Pedagogía STEM, la educación innovadora del siglo XXI. *Vanguardia*. <https://www.vanguardia.com/informes-comerciales/informacion-comercial/pedagogia-stem-la-educacion-innovadora-del-siglo-xxi-HCvI452445>
- Vargas, F. (2015). Módulo STEM para el desarrollo de competencias básicas en tecnología e ingeniería para básica primaria. Universidad de los Andes. Colombia.
- Vásquez, L. & Monroy, M. (2011). Condiciones de posibilidad para una mirada a la subjetividad del maestro en Colombia. *Panorama*, 9, 91-100.
- Vélez, J. & Benjumea, P. (2017). *Estrategia de Innovación en Educación en Ingeniería*.
<https://minas.medellin.unal.edu.co/descargas/InnovacionenEducacionenIngenieria%20FM.pdf>
- Vo, H. Zhu, C. & Diep, A. (2017). The effect of blended learning on student performance at course-level in higher education: A meta-analysis. *Studies in Educational Evaluation*, 53, 17 - 28.
<https://doi.org/10.1016/j.stueduc.2017.01.002>

- Yalaki, Y. (2016). Improving University Students' Science-Technology-Society-Environment Competencies. *International Journal of Progressive Education*, 12(1), 90-98.
- Zalles, J. (2017). Conocimiento ecológico local y conservación biológica: la ciencia postnormal como campo de interculturalidad. *Íconos. Revista de Ciencias Sociales*. (59), 205 - 224. doi: <http://dx.doi.org/10.17141/iconos.59.2017.2587>.
- Zamorano, E. García, Y. & Reyes, D. (2018). Educación para el sujeto del siglo XXI: principales características del enfoque STEAM desde la mirada educacional. *Contextos*. (41), 1 - 21. <http://revistas.umce.cl/index.php/contextos/article/view/1395>
- Zuluaga, O. (1999). Pedagogía e historia. la historicidad de la pedagogía, la enseñanza, un objeto de saber. (19.a ed.). Anthropos; Universidad de Antioquia; Siglo del Hombre.
- Zuluaga, O; Echeverri, A; Martínez, A; Quiceno, H; Sánchez, J & Álvarez; A. (2014). Pedagogía y Epistemología. Magisterio.

8. ANEXOS

8.1.ANEXO 1. MATRIZ DOCUMENTAL

N°	AÑO	TÍTULO	AUTOR	TIPO DE DOCUMENTO
1.	2013	Aspectos fundamentales sobre la Educación STEM (enfoque interdisciplinario de ciencia, tecnología, ingeniería y matemáticas/medicina): Lecciones aprendidas en la Universidad de Tennessee, Estados Unidos	Suzie Allard, Edwin Cortez	Artículo de investigación
2.	2014	Una aproximación a la Educación STEAM. Prácticas educativas en la encrucijada arte, ciencia y tecnología	Lourdes Cilleruelo, Augusto Zubiaga	Artículo de investigación
3.	2015	Educación STEM en educación básica: estudio de caso en dos países, Colombia y República Dominicana.	Ismael Mauricio Duque Escobar, Izaskun Uzcanga Meabe, Margarita Gómez Sarmiento, Jorge Celis, Giovanna Danies, Michaël Canu	Artículo de investigación
4.	2016	Modelo interdisciplinar de educación STEM para la etapa de Educación Primaria	Radu Bogdan Toma; Ileana M. Greca	Artículo de investigación
5.	2017	Necesidades formativas del profesorado de Secundaria para la implementación de experiencias gamificadas en STEM	Mercedes Hurtado, Juan González Martínez	Artículo de investigación
6.	2017	Actividades STEM en la formación inicial de profesores: nuevos enfoques didácticos para los desafíos del siglo XXI.	Yonnhatan García, David S.M. Reyes González, Fabián Burgos Oviedo	Artículo de investigación
7.	2017	Cómo organizar una formación en STEM gamificado en el contexto de la formación continua del profesorado de secundaria	Mercedes Fuentes Hurtado, Juan González Martínez	Artículo de investigación
8.	2018	El modelo STEM como recurso metodológico didáctico para construir el conocimiento científico crítico de estudiantes de Física	Coello Pisco Silvia Magdalena, Crespo Vaca Tania, Hidalgo Crespo José, Díaz Jiménez Diógenes	Artículo de investigación

9.	2018	Formación STEM en el grado de maestro: una experiencia docente	Irene Ferrando, Amparo Hurtado Soler, María José Beltrán Meneu	Artículo de investigación
10.	2018	Aprendizaje Basado en Proyectos en el marco STEM. Componentes didácticas para la Competencia Científica	Jordi Domènech-Casal	Artículo de investigación
11.	2018	El enfoque STEM en la Formación Inicial de Maestros: pilas de combustible microbióticas	Juan Peña Martínez	Artículo de investigación
12.	2018	Educación para el sujeto del siglo XXI: principales características del enfoque STEAM desde la mirada educacional	Tomás Zamorano Escalona, Yonnhatan García Cartagena, David Reyes González	Artículo de investigación
13.	2018	Construcción de un marco teórico para el enfoque STEAM en la Educación Primaria	Jairo Ortiz Revilla, Ileana María Greca Dufranc Árbol académico, Irene Arriasecq	Artículo de investigación
14.	2018	Actividad matemática a través de la ciencia en Educación Infantil: una experiencia STEAM sobre el agua	Salgado, M.; Filgueira, S.	Artículo de investigación
15.	2019	La educación STEAM y la cultura «maker»	Sánchez Ludeña, Enrique	Artículo de investigación
16.	2019	Educación STEM en la Sudamérica hispanohablante	Diego Leonardo Tovar Rodríguez	Artículo de investigación
17.	2019	Qué proyectos STEM diseña y qué dificultades expresa el profesorado de secundaria sobre Aprendizaje Basado en Proyectos	Jordi Domènech-Casal	Artículo de investigación
18.	2019	Y tú, ¿te proteges del sol? Un proyecto STEM con mirada científica	Fina Guitart, Silvia Lope	Artículo de investigación
19.	2019	Una revisión desde la epistemología de las ciencias, la educación STEM y el bajo desempeño de las ciencias naturales en la educación básica y media.	Gilberto Useche Gutiérrez, Javier Vargas Guativa	Artículo de investigación
20.	2019	Evaluación inicial del diseño de unidades didácticas STEM gamificadas con TIC	Mercedes Fuentes Hurtado, Juan González Martínez	Artículo de investigación

21.	2020	Metodologías y Tecnologías para enseñar STEM en Educación Primaria: análisis de necesidades	D. Javier Arabit García & M ^a Paz Prendes Espinosa	Artículo de investigación
22.	2020	Comparación de las emociones, actitudes y niveles de autoeficacia ante áreas STEM entre diferentes etapas educativas	Milagros Mateos Núñez, Guadalupe Martínez Borreguero, Francisco Luis Naranjo Correa	Artículo de investigación
23.	2014	Módulo STEM dirigido a estudiantes de básica secundaria. Sistema de aprendizaje interactivo de matemáticas, ciencias e ingeniería aplicada a educación básica secundaria en Colombia.	Ángela María Avendaño Ramírez	Trabajo de grado
24.	2015	Aprendizaje colaborativo apoyado en TIC's para el desarrollo de competencias en campos de STEM en tres municipios de Cundinamarca	Ángela Patricia Restrepo Ruiz	Trabajo de grado
25.	2016	Diseño de un módulo didáctico con el enfoque STEM para la enseñanza/aprendizaje de los gases en la educación media.	Jennifer Carolina Laverde Perdomo	Trabajo de grado
26.	2016	El modelo STEM como práctica innovadora en el proceso de aprendizaje de las matemáticas en las escuelas unitarias de la IED instituto técnico agrícola de Pacho, Cundinamarca.	Pedro Jesús Castiblanco Porras, Roberto Lozano Medina	Trabajo de grado
27.	2017	<i>Ingenium</i> : una aventura hacia el conocimiento. Instrumento lúdico como estrategia didáctica para fomentar la confianza creativa orientado hacia la educación STEM	Sonia Catalina Herrera Osorio, Jenni Paola León Pérez	Trabajo de grado
28.	2017	Condiciones para la implementación de Ambientes de Aprendizaje STEM, en Instituciones Oficiales de la Ciudad de Medellín, Caso I.E Monseñor Gerardo Valencia Cano	Juan Fernando Quiceno Arias	Trabajo de grado
29.	2018	Interés por estudios universitarios en ciencia, tecnología, ingeniería y matemáticas (STEM) en bachilleres de tabasco	Karla Cristina Avendaño Rodríguez	Trabajo de grado

30.	2018	Análisis de la metodología STEM a través de la percepción docente	Ignacio Pastor Sánchez	Trabajo de grado
31.	2018	Proyecto Octopus: propuesta pedagógica fundamentada en la metodología STEAM para fortalecer el aprendizaje rizomático de los estudiantes de básica primaria.	Melany Ivonne Rodríguez Castro	Trabajo de grado
32.	2019	El modelo STEM: una mirada a la progresión conceptual del contenido función de nutrición en los seres humanos	Carolina María González Velásquez, Diana Patricia Zapata Castaño	Trabajo de grado
33.	2019	Determinación de trayectorias afectivas en alumnos de 6° de primaria durante el desarrollo de un taller en la didáctica STEM	Juan Carlos Castro Arenal	Trabajo de grado
34.	2019	Aportes de la competencia motriz para el trabajo cooperativo, el análisis y resolución de problemas STEM, en estudiantes de grados quinto de primaria	Johan Sebastián Hernández Gómez, Jorge Andrés Calderón Suarez	Trabajo de grado
35.	2019	Metodología para integrar el diseño en un proceso curricular STEAM a través del uso de las nuevas tecnologías creativas	Joseba Koldobika Azcaray Fernández	Trabajo de grado
36.	2020	STEM y sus oportunidades en el ámbito educativo	Deimar Yepes Miranda	Trabajo de grado
37.	2019	ATE Y STEM. UNA PROPUESTA PARA RELACIONAR BIOLOGÍA, GEOMETRÍA Y TECNOLOGÍA.	Zulma Yolanda Lizarazo Salamanca, Mary Luz Fernández Cubides	Trabajo de grado
38.	2015	El papel de los estudios STEM en el avance económico y social	Diana Caballero Hernández	Artículo de revista
39.	2020	Educación STEM Formación con «con-ciencia»	Martín, Olga, Santaolalla, Elsa	Artículo de revista
40.	2020	Educación STEM en y para un mundo digital: el papel de las herramientas digitales en el desempeño de prácticas científicas, ingenieriles y matemáticas	López Simó, Víctor Couso Lagarón, Digna Simarro Rodríguez, Cristina	Artículo de revista

41.	2019	Género y STEM: un falso antagonismo	Rafael Crespo-García	Artículo de revista
42.	2018	La educación STEM, hoy más importante que nunca	Jairo Botero Espinosa	Columna de periódico
43.	2018	El aprendizaje activo, el aprendizaje basado en proyectos y la educación STEM	Marlio Paredes	Conferencias
44.	2016	STEM Education for the Future (Educación STEM para el futuro)	Portafolio	Publireportaje
45.	2016	STEM y sus aportes a la educación	Redacción El Educador	Noticia
46.	2018	Pedagogía STEM, la educación innovadora del siglo XXI	Vanguardia	Noticia
47.	2018	STEM: El futuro de la educación en Antioquia	Sebastián Morales:	Noticia
48.	2018	Reflexión del país sobre la educación STEM	Jairo Botero	Noticia
49.	2019	Creatividad: Revista Explora	Parque Explora	Noticia
50.	2019	La educación STEM se abre espacio en los colegios de Colombia	Caracol radio	Noticia
51.	2019	Educación STEM: ¿qué es y cómo sacarle provecho?	Paulette Delgado	Noticia
52.	2019	Educación STEAM: algo más que unas siglas	F. Javier Perales Palacios & David Aguilera Morales	Noticia
53.	2020	Educación STEM: Tema central de ACOFACIEN en Uniguajira	Betty Martínez	Noticia
54.	2018	Promoviendo la equidad en la educación STEM en contextos no formales	Èlia Tena Gallego, Carme Grimalt, Alvaro, Edelmira Rosa Badillo Jiménez	Artículo publicado en memorias

55.	2018	Prueba piloto de un modelo STEM integrado con programación computacional	Ragu Bogdan Toma y Jesús Ángel Meneses Villagrà	Artículo publicado en memorias
56.	2018	ABPMap: "mapeando" componentes didácticas del Aprendizaje Basado en Proyectos de ámbitos STEM	Jordi Domènech-Casal	Artículo publicado en memorias
57.	2018	¿Utilizaría el profesorado de primaria en formación inicial la perspectiva STEM para trabajar cuestiones de género en el aula de ciencias?	Carolina Martín-Gámez, M ^a Carmen Acebal Expósito, Carmen Cansino Herreros	Artículo publicado en memorias
58.	2017	¿Por qué se habla de educación STEM?	Michaël Canu	Artículo de revista
59.	2017	STEM en nuestras vidas inherente o una nueva tendencia educativa	Jaime Pérez, Alba Avila	Artículo de revista
60.	2018	Educación STEM una ruta hacia la innovación	Carlos Alberto Ávila Ruiz & Angélica Giovanna Barragán Rojas	Artículo de investigación
61.	2019	Análisis bibliométrico sobre educación STEM	Ferrada, Cristian; Díaz-Levicoy, Danilo; Salgado-Orellana, Norma & Puraivan Eduardo	Artículo de investigación
62.	2019	STEM: Oportunidades y retos desde la Enseñanza de las Ciencias	Jordi Domènech Casal	Artículo de investigación
63.	2018	Preferencia por contenidos científicos de física o de biología en Educación Primaria: un análisis clúster	Radu Bogdan Toma & Jesús Ángel Meneses Villagrà	Artículo de investigación
64.	2018	Educación STEM: aplicando hardware libre arduino en ingeniería de sistemas de la Pontificia Universidad Católica de Ecuador-extensión Santo Domingo	Gonzalo Bonilla Bravo, Jon Azcona Esteban, Luis Javier Ulloa Meneses & Willian Javier Ocampo Pazos	Artículo de investigación

65.	2020	Ciencia-Tecnología-Sociedad vs. STEM ¿evolución, revolución o disyunción?	Perales Palacios, Francisco Javier; Aguilera, David	Artículo de investigación
66.	2018	STEM: inversión y pertinencia en el contexto latinoamericano	Elizabeth Rodríguez	Artículo informativo
67.	2018	Cambiando el modo de pensar: STEM no son áreas de contenido aisladas	Wesley Fryer	Artículo informativo
68.	2019	¿Por qué la educación STEM? Entrevista con Margarita Gómez y Mauricio Duque docentes participantes del taller en Educación STEM impartido por la Fundación Compartir, UniAndes, British Council y la Academia Colombiana de Ciencias.	Mary Simpson	Entrevista
69.	2019	La gran guía de STEM	Boxlight	Documento Guía
70.	2019	Análisis Bibliométrico Educación STEM	Observatorio de Innovación social – Uniminuto	Artículo investigativo

8.2.ANEXO 2. FICHA DE TEMATIZACIÓN

Nº Doc 62	TEMATICA: LAS VOCACIONES STEM COMO OBJETIVOS INDUSTRIALES Y EMPRESARIALES
TITULO: STEM: Oportunidades y retos desde la Enseñanza de las Ciencias	
AUTOR: Jordi Domènech Casal	
País, Editorial, Año: España, 2019	
<i>"Quizás el objetivo STEM de promover vocaciones tenga palancas de actuación más potentes en el propio mundo industrial y empresarial del que emerge (como becas en estudios tecnológicos para alumnado en situación socio-económica desfavorecida, normativas pro-equidad de género y derechos laborales en empresas y organismos públicos vinculados con la ciencia y la tecnología, o protocolos de género en la comunicación pública). De hecho, insistir en promover vocaciones desde la escuela sin consolidar unos espacios profesionales dignos puede resultar en último término en una precarización del espacio profesional de la Ciencia y la Tecnología, una situación que ya vive actualmente la investigación básica universitaria en Ciencias." (P.163)</i>	