CAPÍTULO IV

EDUCACIÓN STEM/STEAM COMO PRETEXTO PARA LA INNOVACIÓN EN COMUNIDADES DE APRENDIZAJE ¿Cómo puede promoverse una cultura de innovación en una comunidad de aprendizaje?

Lina Marcela Gómez Quintero

Ingeniera Mecánica. Magíster en Ciencias Naturales y Matemática. Docente y Consultora STEAM. Coordinadora STEM Colegio Colombo Hebreo, Bogotá D.C. Correo electrónico: marcelagg1987@gmail.com, stem@cch.edu.co. ORCID <http://orcid.org/0000-0002-2586-2614>.

Resumen

El propósito de esta investigación es presentar los puntos considerados relevantes para el reconocimiento de la Educación STEM/STEAM como una alternativa significativa en la conformación de comunidades de aprendizaje fundamentadas en la innovación de carácter local con impacto global. Posteriormente, se definió el concepto de Cultura STEAM, sobre el cual se delinearon los aspectos de interés a la hora de caracterizar una comunidad de aprendizaje que se busque intervenir, estableciendo estrategias de trabajo para evaluar validez de constructo. Desde esta perspectiva, se diseñó una hoja de ruta para la estructuración de rutinas de revisión y mejoramiento de hábitos y actividades en pro de la formación de los miembros de la comunidad de aprendizaje, hacia los perfiles que la misma requiere para su desarrollo, con el fin de orientar las iniciativas de transformación curricular hacia estos perfiles objetivo, desde la caracterización de la comunidad a través de la definición de sus principios. Este trabajo fue concebido bajo la premisa; Competencias globales desde estrategias locales, esto es, la creencia en que las condiciones de la comunidad que se busca intervenir son las que determinan en gran medida las características de los procesos de enseñanza y aprendizaje, desde los cuales se construyen y desarrollan las competencias necesarias para satisfacer, incluso superar, las exigencias de ésta y futuras sociedades.

Palabras clave: alineación de principios, comunidad de aprendizaje, educación STEM/STEAM, innovación educativa.

STEM / STEAM EDUCATION AS A PRETEXT FOR INNOVATION IN LEARNING COMMUNITIES

Abstract

The purpose of this research is to present relevant for the acknowledgement of STEM/STEAM Education as a significant alternative to the conformation of learning

communities founded on local innovation with global impact, were presented. Next, the concept of STEAM Culture was defined to shape issues of interest for the characterization of a learning community regarded for intervention, and to establish work strategies which allow evaluating construct validity. From this perspective, a navigation chart was designed to structure routines for the revision and improvement of training habits and activities to settle actor profiles needed in community development; this navigation chart leads to the guidance of curricular transformation initiatives to achieve these profiles, from community characterization by means of the definition of its principles. This work has been conceived from the statement Global competencies from local strategies, which means, the belief on the conditions of the regarded learning community to intervene, as the great influencers on the characteristics of teaching and learning processes which support the construction and development of those competencies needed to fulfill, even overcome, the demands of this society and upcoming.

Key words: educational innovation, learning community, principles alignment, STEM/STEAM Education.

Introducción

La comunidad internacional ha reconocido la necesidad de un ecosistema sostenible, en el que tanto esta generación como las siguientes cuenten con los medios necesarios para desarrollarse y perdurar, todo en pro de los Objetivos de Desarrollo Sostenible – ODS – que contiene, entre otros, una educación de calidad como base para la erradicación de la pobreza y la garantía de un porvenir digno (Organización de las Naciones Unidas – ONU, 2015). Si bien puede definirse una educación de calidad como aquella en la que los actuales y futuros ciudadanos del mundo dan cuenta de las Habilidades para el Siglo XXI, la ruta para lograr tal objetivo no es única, sino que se ve notablemente afectada por las características demográficas, sociales, económicas y culturales de cada comunidad de aprendizaje, puesto que éstas arrojan contextos diversos para la manifestación de la competencia de cada estudiante o aprendiz (Tobón, 2005).

El propósito de esta investigación consiste en presentar los puntos considerados relevantes para el reconocimiento de la Educación STEM/STEAM como una alternativa significativa en la conformación de comunidades de aprendizaje fundamentadas en la innovación de carácter local con impacto global. Por lo tanto, este documento muestra el proceso de construcción del concepto de Cultura STEAM (acrónimo en inglés para Ciencias, Tecnología, Ingeniería, Artes y Matemática) como paso previo a la implementación del enfoque STEM/STEAM para la innovación al interior de una comunidad de aprendizaje determinada, al abrir la puerta para la caracterización de la comunidad y sus necesidades, favoreciendo la orientación de los planes, programas y proyectos educativos hacia la resolución de problemas y satisfacción de necesidades comunitarias con miras a su desarrollo sostenible. En primer lugar, se explica la importancia del contexto como elemento diferenciador para el diseño curricular y la elección de los enfoques, métodos y metodologías que harán parte del proceso educativo de la comunidad. Posteriormente, se presenta el enfoque STEM/STEAM desde su objetivo, sus perspectivas y características, para dar paso a las definiciones de Cultura STEAM y Mentalidad Enfocada en el

Aprendizaje, que permiten establecer una hoja de ruta para la caracterización inicial de cada comunidad de aprendizaje en función de sus principios directores y en pro del plan educativo que permitirá el logro de los objetivos considerados prioritarios.

Marco conceptual

Contexto y necesidades en una sociedad global formada por comunidades locales

La sociedad ha experimentado grandes cambios, gracias a las nuevas percepciones del individuo y su papel en la sociedad, a los avances científicos y tecnológicos. El desarrollo de esta era, sobre las comunicaciones remotas y con la información como divisa para la creación de vínculos y proyectos, ha afectado la estructura de las distintas organizaciones adscritas a una comunidad, incluyendo las de carácter educativo [...] la organización educativa se renueva, pasando de ser una pirámide con un docente único a la cabeza de un grupo de alumnos, a una red del tamaño del planeta con nodos interconectados, en donde la información se mueve y se transforma [...] Cada miembro de este grupo contribuye al enriquecimiento de la información que fluye, haciéndola más precisa y/o aplicada. Desde esta perspectiva, cada uno de los participantes de este proceso formativo/creativo, está siendo a su vez discente y docente, pues recibe y analiza el contenido enriquecido que otros le ofrecen, y a la vez aporta su discurso a la creación conceptual de los otros; esto hace que los ambientes virtuales de aprendizaje tengan tantos docentes como miembros del grupo haya. (Samudio-Hernández, Castro-Betancur, Gómez-Quintero y Osorio-Escobar, 2017).

La cita anterior refiere un panorama somero de la evolución que está teniendo el proceso educativo a partir de la apertura del marco de referencia que cada individuo tiene para enfocar su aprendizaje. El marco que delimita actualmente nuestra sociedad es el mundo. Gran parte de los individuos cuenta con la posibilidad de acceder a volúmenes impresionantes de información en fracciones de segundo gracias a Internet y todas aquellas bases de datos y medios de comunicación que se nutren de ella, así como de entablar contacto directamente con personas en cualquier parte del globo, para recibir de primera mano mucha más información. Adicionalmente, a través de las diversas plataformas, servicios, artefactos que han sido diseñados bajo esta dinámica de altísima velocidad, cada persona se convierte en un generador de información como nunca (de manera consciente o inconsciente), llevándose al lugar de transformador de su experiencia de vida. Un panorama como éste, obliga a la redefinición de los roles asignados a sus individuos y a las condiciones de su ambiente; entre éstos, los que están ligados a la labor educativa, exigen un cambio sin lugar a duda. La transformación es una necesidad.

Colombia, no es ajena a esta empresa: su intención de hacer parte de la dinámica mundial se declaró desde la firma del primer Tratado de Libre Comercio en 1969, al hacerse parte de la Comunidad Andina, y se ha ratificado desde 1994 con la participación en acuerdos como el de la Comunidad del Caribe (CARICOM, 1994), el de la Asociación Europea de Libre Comercio (EFTA, 2008), el Acuerdo con la Unión Europea (2012) y el del Mercado Común del Sur (MERCOSUR, 2017). Las fluctuantes dinámicas que se han observado a lo largo de estos años, de acuerdo con Lampis y Kiku (2012), se han debido al conflicto entre las proyecciones globales y las necesidades locales (como se deja en claro

al revisar el crecimiento económico sin atender primero las brechas regionales) lo cual desdibuja el trabajo realizado en aras de un desarrollo sostenible y sostenido, sincronizado con la globalidad.

En aras de promover esa coherencia, en el Plan de Desarrollo 2010-2014 “*Prosperidad para todos*”, se ha establecido como prioridad la dupla *crecimiento sostenible y competitividad*, y ha decretado que la innovación como uno de sus pilares:

“La innovación constituye el mecanismo óptimo para garantizar la competitividad de un país en el largo plazo y asegurar que el crecimiento económico sea sostenible. En un mundo altamente globalizado, la búsqueda permanente de alternativas para producir más y mejor con menos recursos es un factor crítico que impulsa el crecimiento económico de los países y permite transformaciones económicas de largo alcance”. (p. 50).

Actualmente, la apuesta va por la misma vía, o por lo menos eso enuncia el Plan de Desarrollo Nacional 2018-2022, “*Pacto por Colombia, pacto por la equidad*”, que asegura estar construido a partir de estrategias transversales que comprenden, entre otras, el *Pacto por la Ciencia, la Tecnología y la Innovación, un sistema para construir el conocimiento de la Colombia del futuro*, el cual se materializa en la Ley 1951 de 2019. A su vez, se pretende dar forma a una cultura basada en el conocimiento, que permita interactuar en paridad con otras comunidades en toda la extensión del globo, como se entrevé en sus objetivos específicos:

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

2. Fortalecer la institucionalidad en Ciencia, Tecnología e Innovación y competitividad, otorgando al nuevo Ministerio el liderazgo que conlleve a la óptima articulación de las organizaciones públicas y privadas regionales e internacionales, que permitan el desarrollo de una sociedad del conocimiento [...]

3. Articular y optimizar las instancias de liderazgo, coordinación y ejecución del Gobierno nacional y la participación de los diferentes actores de la política de Ciencia, Tecnología e Innovación.

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

5. Orientar el fomento de actividades científicas, tecnológicas y de innovación hacia el mejoramiento de la competitividad [...]” (p. 2).

Estos objetivos en particular destacan la necesidad de crear una cultura soportada en el conocimiento, así como el reconocimiento y empoderamiento de las entidades e instituciones que influyen de forma notable en este propósito. De este modo, el sistema educativo recibe un protagonismo que ha perdido a lo largo de los años, dada su condición de organismo formador y capacitador de las futuras generaciones, en pro del desarrollo nacional.

Desde hace más de una década, el sistema educativo colombiano se ha fundamentado en la formación por competencias, de acuerdo con el modelo de Educación de Calidad establecido por el Ministerio de Educación Nacional (MEN). La definición de competencia que rige estos lineamientos, aunque no está explícitamente declarada, se percibe mediante la presentación del contexto de aula esperado, como sigue (MEN, 2006):

...el consenso alrededor de la necesidad de fijar metas de calidad y saber si se están alcanzando es cada vez mayor, en la medida en que se reconoce que los resultados esperados no se limitan exclusivamente al rendimiento académico. Estas metas se fijan en función de una situación deseada expresada en términos de lo que se espera que los estudiantes logren como resultado de su paso por la escuela; su avance se evalúa con el fin de saber si se están alcanzando, y en la tarea de alcanzarlas se comprometen los recursos, el liderazgo y el saber de los docentes y de las instituciones educativas en un esfuerzo intencional de mejoramiento continuo. (p. 9).

En otras palabras, aseguran que la formación del estudiante va más allá del rendimiento académico, y que suscribe escenarios diversos *a posteriori*, es decir, ambientes y situaciones por fuera del aula regular en donde se valida el proceso de aprendizaje. Esto vislumbra una respuesta a la definición de competencia que cita Tobón (2005), en donde se evidencian los criterios de la enseñanza para la comprensión, presentados también por Perkins (1993).

Enseñanza basada en la competencia

Las competencias son una “actuación idónea que emerge en una tarea concreta, en un contexto con sentido, donde hay un conocimiento asimilado con propiedad y el cual actúa para ser aplicado en una situación determinada, de manera suficientemente flexible como para proporcionar soluciones variadas y pertinentes” (Bogoya, 2000, p. 11, citado por Tobón, 2005).

Esta definición es consistente con lo propuesto por Richards y Rodgers (2002), según quienes el enfoque de enseñanza basado en la competencia se diferencia de los otros en que se centra en el resultado final del proceso, más que en la entrada de éste; esto, en lugar de referirse al demérito de la construcción de conocimiento inherente a la creación del producto final, significa que en el proceso de aprendizaje se puede emplear todo saber disponible para la resolución de las cuestiones propuestas, puesto que el foco estará puesto en la ejecución de las estrategias para el cumplimiento de un reto comprensivo, respondiendo a la definición de desempeño flexible como evidencia de logro de los objetivos de aprendizaje propuestos. En el marco de un desempeño flexible, se refieren aspectos indiscutibles de mentalidad y ejecución (Perkins, 1993), en donde se ofrecen situaciones no rutinarias para su solución, que el estudiante debe representar, modelar, interpretar, planear y resolver, a partir de la necesidad planteada desde el inicio. Esta serie de tareas, a *grosso modo*, hacen parte de las etapas de pensamiento de diseño, herramienta de gran relevancia en procesos de innovación.

¿Cómo puede promoverse una cultura de innovación en una comunidad de aprendizaje?

Antes que nada, es importante enunciar qué es la innovación en el contexto educativo, para poder evidenciar su relevancia. Según la Red de Escuelas de Europa (European Schoolnet, 2017), existen muchas definiciones para este término que pueden emplearse en el marco de una transformación educativa, acogiéndose a la propuesta por Rogers (2003, citado por European Schoolnet, 2017):

... una idea, práctica u objeto que es percibido como nuevo por un individuo u otra unidad de adopción... [y] Poco importa [...] si la idea es o no “objetivamente” nueva en términos del lapso de tiempo transcurrido desde su primer uso o descubrimiento.¹

Esta definición cuenta con dos aspectos a resaltar: en primera instancia, el hecho de que la innovación es cuestión de percepción, tanto individual como comunitaria, respecto de un objeto, idea o práctica; así las cosas, la innovación depende de la forma en que objetos, escenarios y circunstancias son percibidos, y embebida en esta premisa, está el reconocimiento de que la mentalidad del observador implicará el reconocimiento de la capacidad de innovar a través de lo observado. Segundo, y en el mismo orden de ideas, la definición resalta la poca importancia de la novedad objetiva de aquello que es concebido como innovador, llevando a un segundo plano la brecha temporal entre su aparición en nuestro ecosistema y el día en que suscitó el interés de su redescubridor, lo cual refuerza la influencia de la mentalidad en la identificación de los aspectos o factores innovadores en un objeto o idea. Modificando las palabras de la cita atribuida a Oliver Platt, “*la innovación está en el ojo del espectador*”.

La Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos, (OCDE) (2016), por su parte, presenta una definición internacional, un poco más general, en donde definen innovación como ‘la implementación de un producto (bien o servicio) o proceso, nuevo o significativamente mejorado, un nuevo método de mercadeo, o un nuevo método organizacional en prácticas de negocios, organización de espacios de trabajo, o relaciones exteriores.’²

Sobre esta definición, se aprecia una perspectiva más global del proceso innovador, en donde los criterios de evaluación son, básicamente, la novedad o la significativa mejora de un producto o proceso. No obstante, guarda relación con la anterior en que el foco se mantiene en procesos, métodos, procedimientos y prácticas. Desde esta perspectiva, se vislumbra que la prioridad a la hora de innovar está en los aspectos que orientan el comportamiento y la relacionada toma de decisiones, los cuales traen consigo hábitos orientados a la construcción de una cultura en permanente mejoramiento. En todo caso, el objetivo de esta innovación es

¹ Fragmento original: ‘... an idea, practice, or object that is perceived as new by an individual or other unit of adoption...[and] It matters little [...] whether or not an idea is “objectively” new as measured by the lapse of time since its first use or discovery.’ (Rogers, 2003, p 12). Traducción de la autora. La palabra “objectively” se reportó como originalmente subrayada.

² Fragmento original: ‘the implementation of a new or significantly improved product (good or service) or process, a new marketing method, or a new organizational method in business practices, workplace organization or external relations.’ Traducción de la autora.

el mejoramiento en el desempeño académico de los estudiantes (Rikkerink *et al.*, 2015), y más aún, el mejoramiento en el proceso de aprendizaje de los estudiantes para su excelente desempeño en escenarios cotidianos, tanto rutinarios como no rutinarios.

Se han formulado varios modelos de innovación educativa, que apuntan a la resignificación de los roles involucrados en la cotidianidad, entre ellos el de Hirsch (1998) quien propuso un esquema de innovación multiescala, que modela el impacto de la innovación curricular en función de la actividad docente y logística asociada a su trabajo en el aula, teniendo como prioridad la capacidad de aprendizaje de los estudiantes y sus preferencias para tal fin (figura 1).

Figura 1. Proceso de innovación curricular.

Fuente: Hirsch, (1998)³.

Otro modelo de interés es el de Rikkerink *et al.* (2015), también multiescala, el cual se fundamenta en el Marco de Aprendizaje Organizacional (*Organizational Learning Framework*) para incorporar elementos contextuales y prácticas de liderazgo en la implementación de tecnologías digitales con fines educativos, en aras de consolidar un nuevo modelo innovativo. Los resultados obtenidos dieron luces respecto del impacto del liderazgo consciente del contexto, en la construcción colectiva de sentido que acentúa el efecto de los recursos digitales en el proceso de aprendizaje. Si bien se presenta como mucho más simple, se relaciona evidentemente con el modelo de Hirsch en los aspectos contextuales y la formación docente hacia la creación de significado en sus prácticas de enseñanza y aprendizaje (figura 2).

³ Traducción de la autora.

Figura 2. Proceso de innovación curricular.

Fuente: Rikkerink *et al.* (2015)⁴.

Hasta aquí, se ve la perspectiva organizacional. No obstante, tomando la perspectiva del docente en sí mismo, aparece una definición más humana, como la brindada por Martínez (2008):

[...], yo quiero entender la innovación como el deseo y la acción que mueven a un profesor, a una profesora o colectivo de profesores y profesoras, a intentar realizar mejoras en su práctica profesional, con la finalidad de conseguir la mejor y más amplia educación para sus alumnos y alumnas. (p. 2).

Este punto de vista agrega un poderoso componente de transformación: la voluntad docente. Aunque las definiciones anteriores le dieron protagonismo a la actividad del docente dentro del esquema organizacional, Martínez (2008), reivindica la innovación educativa como un asunto de elección, en donde se determina una estrategia de mejora a partir de la única meta principal, una verdadera educación para alumnos y alumnas. En consecuencia, el proceso de innovación puede direccionarse desde el esquema organizacional, pero no puede detonarse sin la identificación de la necesidad y/u oportunidad de mejora por parte del docente como agente facilitador de esta transformación.

Las características y circunstancias de la sociedad contemporánea han promovido el encuentro de necesidades globales a resolver, así como aspectos a lograr y defender,

⁴ Traducción de la autora.

conocidos como Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), los cuales han determinado las pautas para la educación de estas generaciones y las futuras. Dichas pautas se han denominado Habilidades para el Siglo XXI, que pueden enumerarse como sigue:

- Metacognición.
- Pensamiento Crítico.
- Creatividad.
- Colaboración.
- Comunicación.
- Manejo de Información.
- Alfabetización Digital.
- Habilidades Sociales e Interculturales.
- Iniciativa, Autonomía y Responsabilidad Personal.

La coordinación de estas habilidades hace posible y cada vez más fluida la comunicación con pares de cualquier parte del mundo, en aras de la creación de contenidos que construyan conocimiento cada vez más pertinente, y de la solución de necesidades puntuales que puedan ser aprovechadas por varias comunidades; y la afinidad y vinculación a carreras que promuevan el desarrollo científico y tecnológico (Castro y Ayres, 2015), puesto que se conciben como la clave para el desarrollo sostenible de las comunidades. Es notorio el interés en establecer dinámicas de aprendizaje basadas en competencias, atendiendo a las características de la sociedad actual, y por supuesto, a las condiciones culturales bajo las cuales cada individuo y comunidad deba desenvolverse bajo el marco de una situación a resolver, sea pregunta, problema o proyecto (Milani, 2008; Gjorgjeva, 2011; Albu, 2013; Bykova, 2013; Kartashova, 2015; citados por Ge, Ifenthaler & Spector, 2015).

Entre las alternativas educativas que mayor auge han logrado actualmente, se encuentra el enfoque educativo STEM/STEAM. Si bien su origen tiene más de 70 años, ha sido construido de modo trascendente, es decir, a partir de objetivos dinámicos y persiguiendo habilidades para el análisis y construcción de sistemas, de acuerdo con las condiciones y necesidades de su contexto. Ge *et al.* (2015), a continuación enuncian las generalidades y perspectivas de la Educación STEM/STEAM, que permiten establecer apuestas para la conformación de comunidades de aprendizaje con hábitos sostenibles en pro del aprovechamiento y transformación de prácticas significativas hacia la innovación como cultura institucional.

Educación STEM/STEAM y Cultura STEAM: antecedentes y apuestas

El enfoque STEM recibe su nombre del acrónimo en inglés para Ciencias, Tecnología, Ingeniería y Matemáticas (*Science, Technology, Engineering and Mathematics*), y fue concebido inicialmente en la década de los años 60 en los Estados Unidos; el enfoque STEAM, por su parte, agrega a este acrónimo la A para Artes y Humanidades (*Arts and Humanities*), para hacer más visible y explícita la influencia de estas áreas en el

Science | **Technology** | **Engineering** | **Arts** | **Mathematics**

the natural universe, where everything comes from

tools & innovative devices, uses & enhanced abilities

purposeful innovation, creation & analysis

humanities, ethics, ideals & expression

fact organizing base language

EDUCATION ©TMO 2007 • 2014

Fuente: Yakman, (2008).

65

estructura jerárquica para el saber, determinando intensidades horarias superiores para las asignaturas “duras”, y menospreciando el trabajo desde perspectivas artísticas y deportivas.

Existen diversas perspectivas para la estructuración de una Educación STEM/STEAM, entendida ésta como una educación integrada que fomenta el pensamiento complejo y sistémico, las cuales comprenden diferentes niveles de integración de acuerdo con Bybee (2013, citado por Botero, 2018). También, se han presentado modelos para clasificar los niveles de integración disciplinar en la construcción de una concepción STEM/STEAM (Vásquez, Sneider y Corner, 2013; citados por Botero, 2018). Dichas perspectivas y niveles de integración se presentan en la tabla 1.

Tabla 1. Perspectivas de la Educación STEM/STEAM.

Perspectiva	Descripción
Silos y huecos	Dos asignaturas cuentan con un contenido curricular importante, mientras las otras dos cuentan con poco o nada de presencia en el currículo. Generalmente en esta perspectiva, las dos asignaturas con contenido importante son Matemáticas y Ciencias, mientras Tecnología e Ingeniería cuentan con una pobre o nula participación en el currículo.
Asignatura líder	Todas las asignaturas se ven como pares, es decir, se perciben al mismo nivel. Así, una de ellas es tomada como líder que contiene a las demás
Silos	Es la manera más común de encontrar las asignaturas actualmente, separadas curricularmente y con contenido independiente
Interconexión a través de otra asignatura	Una asignatura es empleada como puente para conectar otras dos, de contenido independiente. Por lo general, son Tecnología y/o Ingeniería los puentes entre Matemáticas y Ciencias.
Coordinación	Aparece cuando el equipo docente de las diferentes asignaturas trabaja de manera colaborativa para trabajar en los conceptos y/o habilidades necesarias en el desarrollo de una competencia
Combinación	Los contenidos se enlazan en una asignatura especial que tiene, regularmente, un objetivo enfocado al diseño de un producto ⁵
Superposición	Se aprecia en procesos de investigación que requieren la incorporación de contenidos temáticos
Integración multidisciplinaria o temática	Se aplica cuando se pretende dar al estudiante coherencia curricular, es decir, se desarrollan temas que pueden ser abordados desde diferentes asignaturas
Integración interdisciplinaria	El currículo permite tratar los temas de diferentes asignaturas para que se fusionen, haciendo que ambas asignaturas busquen desarrollar conocimientos y habilidades iguales
Integración completa o transdisciplinaria	Un proyecto que presenta al estudiante un problema de la vida real, y que responde a necesidades reales de la sociedad, permite agregar todas las asignaturas de forma holística

Fuente: Bybee (citado por Botero, 2018); Vásquez, Sneider y Corner, (citados por Botero, 2018).

⁵ En el ejemplo propuesto por Botero Espinosa (2018), un curso STEM es generado a través de la combinación de Ciencias, Matemáticas y Tecnología; Ingeniería entra a participar a partir de los procesos de diseño asociados al producto que se pretende obtener en dicho curso.

Botero (2018), enlista los aspectos que hacen de STEM/STEAM una educación diferente de otras propuestas para la transformación educativa. Si bien emplea el acrónimo STEM, dado que responde a la concepción original para la integración curricular, en donde las Artes y Humanidades están presentes en virtud de esta integración, en este documento se usa STEM/STEAM para incluir ambas concepciones y mostrar los criterios de este trabajo como no excluyentes; también, para emplear el término acuñado por la Organización de los Estados Americanos (OEA, 2017) que pretende conciliar ambas perspectivas:

- Trae problemas globales que el ciudadano debe entender.
- Cambia la percepción de los problemas medioambientales y asociados.
- Reconoce las habilidades para actuar en una sociedad eminentemente tecnológica.
- Incluye la ingeniería en la enseñanza de las ciencias.
- Se enseñan las ciencias y las matemáticas a través del diseño.
- Se da un significado nuevo a la instrucción en las áreas STEM/STEAM.
- Trae el concepto de la integración como un todo.
- Le da sentido a lo que los estudiantes aprenden.
- Los estudiantes se familiarizan con un contenido específico de manera más profunda.
- La instrucción en STEM/STEAM es una prioridad para todos los estudiantes, inclusive, con diferentes formas de aprendizaje.
- La instrucción en STEM/STEAM es importante tanto para estudiantes como para profesores.
- Incluye con la ingeniería el proceso de diseño.
- Trae una cultura de estudiantes que se cuestionan las cosas, que innova, y esto permea a todo el colegio.
- Hace a los estudiantes competentes para las pruebas, de tal manera que es una consecuencia y no una meta a donde queremos llegar.
- Se evalúa al estudiante, no por cuanto sabe, sino por cómo se desempeña.
- La dinámica es ahora centrada en el estudiante.
- Se está preparado para preguntas espontáneas, así como para investigaciones planeadas.
- Se centra en la invención y en la innovación.

En la implementación de cada nueva dinámica educativa, se requiere la determinación de fases que permitan realizar la transición de un esquema a otro (El-Deghaidy, 2017); generalmente, esto se lleva a cabo mediante acciones paliativas, reactivas y de corto plazo, tales como reuniones y capacitaciones cortas, así como la creación de indicadores de gestión cuya esencia es en esencia administrativa. El proceso de entrenamiento y difusión que se requiere para estos fines (el cual abarca tanto labores informativas como revisión del

estado del arte y la técnica de interés) se ve ampliamente relegado ante las exigencias de estos ya descritos indicadores, por lo cual no es posible evidenciar mejoras sustentables en los procesos de enseñanza y aprendizaje, mucho menos en la formación por competencias. Se hace necesario, por ende, un ambiente tal que facilite la evaluación de posibles, nuevas estrategias de trabajo, formación y crecimiento, y esto sólo es posible cuando existen principios, hábitos y rutinas sólidos, ordenados y proactivos, que involucren notablemente a todo miembro de la comunidad.

Es por ello que, la Cultura STEAM, puede definirse como una cultura favorecedora de la innovación científica, artística y tecnológica sostenible, basada en el aprendizaje significativo (Ausubel & Fitzgerald, 2012) y dinámico como prioridad dentro de la concepción del otro como par, a través del pensamiento crítico-flexible, la comunicación y el trabajo colaborativo. Es válido establecer, por tanto, que la Cultura STEAM es una construcción colectiva que integra perspectivas y expectativas, tanto locales (de la comunidad en específico, así como globales) respecto de las competencias para la ciudadanía global, bajo el pretexto del desarrollo de la mentalidad para la ciencia y la tecnología. En este orden de ideas, la consolidación de una cultura afín con los principios STEAM se hace necesaria para la adopción y adaptación exitosa de este enfoque educativo; generalizando, la adopción y adaptación exitosas de cualquier enfoque o modelo educativo a una comunidad específica, demanda un proceso de preparación de hábitos, rutinas y actitudes, que permitan ensamblar los principios del modelo con los de la comunidad de manera armoniosa.

Desde esta perspectiva, se muestra necesario descomponer el proceso de consolidación de una Cultura STEAM en diferentes fases, requiriéndose en cada una de ellas, un algoritmo de interacción constructiva (Millán, 2014), esto es, un proceso retroalimentado y realimentado que parte de la reflexión individual y culmina en la construcción colectiva para la atención a necesidades específicas y la generación de un conocimiento sólido, sostenible y reproducible mediante el ejercicio de competencias.

La figura 4, muestra las fases para la consolidación de una Cultura STEAM. Como se aprecia en el mismo, el modelo propuesto para el desarrollo y afianzamiento de una Cultura STEAM consta de cuatro etapas, cada una de las cuales permite el fortalecimiento de la conciencia de la comunidad de aprendizaje, favoreciendo una comprensión gradual y proactiva de sus características. La implementación de las etapas parte de la particularidad inmediata y los fundamentos básicos comunitarios, los principios que la hacen única respecto de otras comunidades aledañas, y se expande a través de acciones y prácticas que permean el entorno de forma inmediata y en el mediano y largo plazo.

En la comunión de las habilidades y competencias del siglo XXI y posteriores, que se pretende desarrollar en las comunidades educativas, se establecieron los enunciados directores o principios que comprenden una mentalidad basada en el aprendizaje, la cual resume aquellas habilidades, desempeños y actitudes generales que pueden trascender el tiempo, generando experiencias de aprendizaje dinámicas y auténticas. La composición de esta mentalidad se presenta en la figura 5.

Definición de una Cultura STEAM

Figura 4. Fases de consolidación de una Cultura STEAM.

Fuente: elaboración propia (2019).

Mentalidad enfocada en el aprendizaje

Figura 5. Principios para una mentalidad enfocada en el aprendizaje.

Fuente: elaboración propia (2019).

El compendio de estos principios, que comprenden aspectos emocionales, comunicativos, cognitivos, colaborativos y de respeto por las creaciones del otro, ayuda a establecer acciones de implementación y seguimiento cotidiano, que pueden ser evidenciadas y evaluadas de manera constante por cualquier miembro de la comunidad, facilitando así las acciones de mejoramiento y sostenimiento que se consideren pertinentes.

Metodología

Partiendo de la concepción de este proceso como la intervención a un sistema, y asumiendo además que la intervención a la estructura cultural de una comunidad de aprendizaje constituye un caso de innovación social enfocada en la Educación, el diseño metodológico de este trabajo se fundamentó en el proceso propuesto por el Pensamiento de Diseño (*Design Thinking*) formulado desde la escuela de Negocios de Harvard (Brown, 2008; Brown & Wyatt, 2010).

Las etapas metodológicas de este trabajo, de acuerdo con su correspondencia con las etapas del Pensamiento de Diseño, se presentan en la tabla 2.

Tabla 2. Esquema metodológico de acuerdo con las etapas del Pensamiento de Diseño (*Design Thinking*).

Etapa en pensamiento del diseño	Etapa metodológica
Empatizar (Empathize)	Caracterización de la comunidad.
Definir (Define)	Definición del problema. Formulación de hipótesis de trabajo.
Idear (Ideate)	Análisis del entorno (DOFA). Generación de soluciones y prioridades.
Prototipar (Prototype)	Establecimiento de modelos de aprendizaje y rutinas de trabajo.
Evaluar (Test)	Evaluación del impacto en el corto plazo.

Fuente: elaboración propia (2019).

Resultados

Los resultados presentados a continuación responden a una de las comunidades intervenidas a partir del procedimiento anteriormente mencionado. Éstos reúnen principalmente los cambios que se reflejaron en los hábitos de cada comunidad, tanto a través de prácticas regulares como por manifestaciones cualitativas de transformación, incluyendo: entrevistas de auto y coevaluación, seguimiento colaborativo y cooperativo, observación de la toma de decisiones relacionada con retos y problemas para la evaluación, entre otros.

Esta comunidad (tiempo de intervención: 3 años), constituida en una institución educativa de inclusión, identificó su necesidad de mejorar la respuesta académica en las asignaturas relacionadas con las Ciencias Exactas⁶, atendiendo al aprendizaje significativo como elemento indispensable en la práctica educativa. Posterior a la

⁶ Si bien aquí se incluyen Matemáticas, Biología, Física y Química, la observación de la comunidad permitió ver que las dificultades asociadas a trabajo con estas asignaturas estaban íntimamente relacionadas con el trabajo desarrollado en Matemáticas. Por tal motivo, se decidió enfatizar en el trabajo desde dicha asignatura, para luego establecer el impacto de las acciones tomadas en el desarrollo de las experiencias de aprendizaje en las demás asignaturas.

observación de las rutinas y demás acciones educativas cotidianas, se definieron los siguientes planteamientos:

- El estudiante es permanentemente influenciado por dos poderosos referentes: padres (acudientes) y docentes. Su respuesta ante cualquier aspecto del proceso de aprendizaje será, en gran parte, reflejo de las respuestas observadas en estos dos modelos.
- El lenguaje (verbal – no verbal), la comunicación de las expectativas y la atención a los estilos comunicativos, son claves en la formación de una base emocional para el aprendizaje, asegurando un impacto positivo en la actitud ante el nuevo conocimiento.

En primer lugar, se estableció un modelo de doble entrada para estimar la respuesta emocional de un estudiante ante un tema, concepto o procedimiento cualquiera, partiendo de la respuesta emocional de sus referentes adultos (padres/acudientes y docentes), clasificándola en siete categorías: amor loco/fanatismo, enamoramiento, aprecio, indiferencia, aburrimiento, tristeza/temor y enojo. Este modelo se basó en la observación y entrevista a distintos estudiantes y sus familias, a lo largo de varios años y en diferentes comunidades, en contextos académicos, tales como: reuniones de seguimiento, formación a padres, espacios de autoevaluación, entre otros. El modelo se presenta en la figura 6.

		DOCENTES						
FAMILIA								

Figura 6. Modelo de doble entrada emocional para estimación de la respuesta del estudiante ante el conocimiento⁷.

Fuente: elaboración propia (2019).

⁷ En éste, se resaltan las respuestas emocionales deseadas en los estudiantes, a fin de definir las respuestas requeridas en sus referentes adultos.

El modelo presenta una combinación particular de actitudes referentes para fomentar en los estudiantes una respuesta emocional positiva al aprendizaje en general: las emociones positivas de los referentes familiares afectan notablemente la respuesta de los estudiantes, mientras que las respuestas de los docentes se localizan en un espectro más amplio, pero positivo en su mayoría. Adicionalmente, este modelo muestra la indiferencia como respuesta más común, lo cual explica que la mayor parte de los estudiantes no logran los resultados esperados a pesar de las ayudas didácticas y metodológicas que puedan recibir.

Para revisar el estado de los estudiantes de la comunidad en este aspecto, se establecieron actividades de diagnóstico para evaluar de forma preliminar el impacto emocional de términos matemáticos relacionados con operaciones, herramientas y conceptos, en comparación con otros términos de uso cotidiano, tanto dentro como fuera de la escuela. Las respuestas obtenidas fueron clasificadas en tres categorías de respuesta emocional ante cada escenario: respuesta emocional positiva, negativa y sin respuesta. Los resultados se presentan en la figura 7.

Figura 7. Respuesta emocional vinculada a términos asociados a vivencias en el aprendizaje matemático.

Fuente: elaboración propia (2019).

En consonancia con el modelo desarrollado, la mayoría de los estudiantes que desarrollaron la actividad diagnóstica demostraron una respuesta emocional nula ante términos ligados a la vivencia de aprendizaje formal de la Matemática⁸, explicándose de ese modo la dinámica de aprendizaje netamente procedimental y en el corto plazo que fue reportada desde el inicio de la intervención. Las otras dos respuestas, tanto positiva

⁸ En el documento se encontrarán dos términos: Matemáticas y Matemática. Mientras el primero se refiere al nombre recibido generalmente por la asignatura en el plan escolar, la segunda guarda relación con el área del conocimiento.

como negativa, respondieron a estudiantes que presentaron desempeños extremos en la asignatura⁹. Esto dio cabida a un análisis DOFA básico, fundamentado en los criterios de la tabla 3 y con los resultados que se muestran en la figura 8.

Tabla 3. Criterios comunitarios para el análisis DOFA básico.

	Debilidades	Oportunidades	Fortalezas	Amenazas
1	Heterogeneidad académica del grupo	Procesos de búsqueda vocacional	Modelo pedagógico institucional	Antecedentes respuesta emocional desfavorable
2	Alta rotación (ingresos y egresos) de estudiantes	TICs como biblioteca (disponibilidad 24/7)	Pensamiento Sistémico y Aprendizaje Significativo	Edades superiores a los 10 años
3	Hábitos de estudio ineficientes/nulos	Medios promotores de emprendimiento	Tamaño de grupos (15-20 estudiantes)	Uso suplementario de TICs

Fuente: elaboración propia (2019).

		DEBILIDADES			FORTALEZAS			
		D1	D2	D3	F1	F2	F3	
OPORTUNIDADES	O1	XD1O1.1	XD2O1.1	XD3O1.1	XF1O1.1	XF2O1.1	XF3O1.1	Talleres autoconocimiento y proyecto de vida
		XD1O1.2	XD2O1.2	XD3O1.2	XF1O1.2	XF2O1.2	XF3O1.2	Flexibilización y Adecuación de Indicadores
		XD1O1.3	XD2O1.3	XD3O1.3	XF1O1.3	XF2O1.3	XF3O1.3	Problemas basados en el Talento (Multilingüaje)
	O2	XD1O2.1	XD2O2.1	XD3O2.1	XF1O2.1	XF2O2.1	XF3O2.1	Coaching - Mentoring
		XD1O2.2	XD2O2.2		XF1O2.2	XF2O2.2	XF3O2.2	Coffee Learning Meetings
		XD1O2.3	XD2O2.3	XD3O2.2	XF1O2.3	XF2O2.3	XF3O2.3	Virtualización (%)
	O3	XD1O3.1	XD2O3.1	XD3O3.1	XF1O3.1	XF2O3.1	XF3O3.1	El Emprendimiento como Pensamiento
		XD1O3.2	XD2O3.2	XD3O3.2	XF1O3.2	XF2O3.2	XF3O3.2	Mi Talento, Mi Creación
		XD1O3.3	XD2O3.3	XD3O3.3	XF1O3.3	XF2O3.3	XF3O3.3	Semilleros de Investigación/Creación
AMENAZAS	A1	XD1A1.1	XD2A1.1	XD3A1.1	XF1A1.1	XF2A1.1	XF3A1.1	
		XD1A1.2	XD2A1.2	XD3A1.2	XF1A1.2	XF2A1.2	XF3A1.2	
		XD1A1.3	XD2A1.3	XD3A1.3	XF1A1.3	XF2A1.3	XF3A1.3	
	A2	XD1A2.1	XD2A2.1	XD3A2.1	XF1A2.1	XF2A2.1	XF3A2.1	
		XD1A2.2	XD2A2.2		XF1A2.2	XF2A2.2	XF3A2.2	
		XD1A2.3	XD2A2.3	XD3A2.2	XF1A2.3	XF2A2.3	XF3A2.3	
	A3	XD1A3.1	XD2A3.1	XD3A3.1	XF1A3.1	XF2A3.1	XF3A3.1	
		XD1A3.2			XF1A3.2	XF2A3.2	XF3A3.2	
		XD1A3.3	XD2A3.2	XD3A3.2	XF1A3.3	XF2A3.3	XF3A3.3	

Figura 8. Análisis DOFA básico, con selección de actividades recurrentes para la transformación de la cultura institucional ante el aprendizaje.

Fuente: elaboración propia (2019).

⁹ Hubo estudiantes con un alto desempeño académico, que disfrutaban las sesiones de aprendizaje y práctica, y otros que tuvieron desempeños tanto altos como muy bajos, sumados a altos niveles de estrés relacionados con una exigencia desmedida en casa.

Las actividades propuestas a partir del análisis DOFA fueron revisadas en el marco de la dinámica comunitaria, para establecer su periodicidad e intensidad horaria. Con éstas, pudo ratificarse la estructura de clase y elaborar un compendio de instrumentos de evaluación que dieran cuenta de las estrategias de integración académica para la promoción de respuestas emocionales positivas y consecuentes experiencias de aprendizaje más significativas y auténticas. Entre estos instrumentos, aparecieron los proyectos de indagación y creación, en los que se establecieron rutinas de aula y entregables definidos, como se presentan en la tabla 4.

Tabla 4. Rutinas de aula y entregables mínimos trabajados en los proyectos de indagación y creación

Rutinas de aula	Entregables mínimos de proyecto
Momento de Silencio y toma de Asistencia.	Bitácora.
Calentamiento.	Reporte.
Resumen clase anterior.	Presentación.
Pregunta de apertura y trabajo reflexivo.	Artículo (si aplica).
Socialización y retroalimentación.	Nuevas preguntas.
Traducción.	

Fuente: elaboración propia (2019).

Desde este primer frente, se lograron diferencias sustanciales en la percepción de los estudiantes ante las actividades relacionadas con el aprendizaje en clase de Matemáticas, lo cual se demostró a través de una prueba previa y posterior al trabajo desarrollado con la comunidad, a modo de cuestionario, en la cual se indagó por la emoción presente en diferentes situaciones alusivas a la dinámica escolar de aprendizaje matemático. Dicho cuestionario se realizó con una sola pregunta: ¿qué emoción experimentas ante cada situación? Luego, se dieron a conocer 13 escenarios, a saber:

1. Escuchas a alguien decir “¡Vamos a clase de Matemáticas!”.
2. Entrás a clase de Matemáticas.
3. Resuelves un problema numérico.
4. Presentas un examen de Matemáticas.
5. Escuchas a un amigo hacer un chiste matemático.
6. Hablas sobre Matemáticas con tus padres.
7. Hablas sobre Matemáticas con tus amigos.
8. Lees un libro de Matemáticas.
9. Haces una tarea de Matemáticas con un amigo.
10. Haces una tarea de Matemáticas con tus padres.
11. Haces una tarea de Matemáticas por tu cuenta.

12. Te enteras de que habrá un proyecto de Matemáticas.

13. Sales de clase de Matemáticas.

Los resultados previos se presentan en la figura 9, y los resultados posteriores en la figura 10.

Figura 9. Cuestionario ¿qué emoción experimentas ante cada situación? – Resultados previos.

Fuente: elaboración propia (2019).

Se aprecia una mayoría de respuestas emocionales negativas y nulas en este primer acercamiento, lo cual es consistente con lo que se evidenció en el diagnóstico. Las respuestas de indiferencia¹⁰ y aburrimiento ocupan una buena parte de las respuestas en la mayoría de las actividades, mientras que el amor sólo figura en cinco de las trece situaciones formuladas. Por otro lado, las respuestas asociadas a la alegría fueron notorias en la situación 5, seguidas de las situaciones 8, 9 y 13; estas situaciones se caracterizan por la desvinculación del aula de clase (se perciben ajenas a la típica rutina de aula) y su desarrollo como una vivencia

¹⁰ La indagación respecto del porqué a la elección de la respuesta indiferente, tanto antes como después de la intervención, mostró motivaciones notablemente distintas: la respuesta más común con los resultados previos indicó que *no importaba la actividad que se hiciera, porque al fin y al cabo esperarían a que el tiempo pasara para que se acabara rápidamente, aunque no catalogarían su respuesta como aburrimiento*; en cambio, con los resultados posteriores se obtuvo que *no importaba la actividad que se hiciera, sentían que podían afrontarla debidamente y se sentían tranquilos al respecto*.

grupal, ya sea con padres o amigos (se aprecian como escenarios en donde otra persona acompaña y respalda al estudiante, haciendo que enfrentarse a la Matemática sea más llevadero); en la misma línea, el temor cuenta con mayor cantidad de respuestas en las situaciones 4 y 12, en donde se declara la intención evaluativa.

Figura 10. Cuestionario ¿qué emoción experimentas ante cada situación? – Resultados posteriores.

Fuente: elaboración propia (2019).

Es clara la disminución de respuestas asociadas al aburrimiento en la mayor parte de las situaciones, a excepción de la quinta¹¹; una mayor gama emocional apareció en situaciones que anteriormente contaban sólo con unas pocas respuestas, siendo esto atribuible a un mayor criterio para analizar dichas situaciones, y el establecimiento de una mayor conexión emocional con los saberes y personas que hacen parte de esa vivencia. El temor, adicionalmente, mostró una menor presencia en las respuestas emocionales posteriores, lo cual permite sugerir un positivo impacto de la intervención realizada, sobre la relación de los estudiantes con el proceso de aprendizaje matemático.

También, dentro del proceso de evaluación del mismo, se pidió a los estudiantes que manifestaran su autopercepción ante el aprendizaje matemático en el aula de manera

¹¹ En la misma línea, los estudiantes reconocieron que su criterio para comprender un chiste de esta naturaleza había mejorado, por lo cual podían relacionar su respuesta emocional con la calidad del chiste contado por su par, y con las relaciones que podían hacer con el mismo y otros contextos.

comparativa, esto es, valorando las actitudes y aptitudes iniciales y posteriores al proceso de intervención. Se pidió a estos estudiantes que emplearan la estrategia de comunicación (gráfica, escrita impresa, escrita digital, audiovisual) que prefirieran, siempre y cuando la comparación fuera lo suficientemente clara como para declarar el cambio como considerable o poco significativo¹².

Algunas de las valoraciones realizadas por los estudiantes, se compilan en la figura 11.

Figura 11. Evaluación comparativa de la autopercepción de los estudiantes ante el aprendizaje matemático.

Fuente: elaboración propia (2019).

Se encontró que la intervención a la respuesta emocional del estudiante permitió en gran medida identificar los puntos clave de atención para la creación de la rutina de clase. En atención a esta respuesta dentro de la rutina de aula, la comunicación abierta de las expectativas condujo a la creación de un ambiente proactivo, que redundó en la calidad del trabajo realizado por los estudiantes, lo cual a su vez influyó en su autoestima respecto de las clases de Matemáticas y Física. También, el lenguaje positivo como condición para el trabajo en el aula de clase favoreció la comunicación entre pares, permitiendo avanzar significativamente en las tareas desarrolladas colaborativamente.

¹² Esta actividad hizo parte de una serie de estrategias relacionadas con la conciencia del estudiante sobre su proceso de aprendizaje, tanto a nivel cognitivo como emocional, lo cual estuvo siempre soportado por el modelo pedagógico de Formación en Conciencia, bandera de la comunidad educativa.

Por otro lado, y atendiendo al segundo planteamiento, se desarrolló un modelo integrado multietapa para la estructuración del lenguaje matemático, desde una perspectiva lingüística y comunicativa (Gómez Quintero, 2018). Dicho modelo se fundamentó en la concepción de la Matemática como una estructura lingüística¹³ que depende de la lengua materna y se incorpora al aprendizaje de manera similar a una lengua adicional, contando con una serie especial de constructos “gramaticales” de fácil relación con cualquier otra lengua. El modelo planteado permite conectar las etapas de adquisición del código lingüístico matemático con el desarrollo de competencias lingüísticas, teniendo siempre en cuenta su relación e influencia; sobre él se fundamenta el diseño de las estrategias e instrumentos para el aprendizaje de los estudiantes, apelando a su experiencia con el entorno para la construcción de conceptos y el análisis de las variables involucradas en su relación con los objetos de estudio y su potencial variación en el tiempo. El esquema del modelo se aprecia en la figura 12.

Figura 12. Enfoque integrado multietapa para el aprendizaje matemático desde una perspectiva lingüística y comunicativa.

Fuente: elaboración propia (2019).

El modelo generado define cinco etapas, permanentemente retroalimentadas, que comprenden la conformación de un proceso de comunicación matemática sustentado en la consolidación del proceso comunicativo natural, es decir, en el fortalecimiento de las habilidades de recepción y producción de información de maneras oral y escrita. De este modo, las competencias comunicativas matemáticas esperadas guardan estrecha relación

¹³ Se habla de *estructura lingüística* y no de *lengua*, ya que lo que conocemos como *lenguaje matemático* no cumple con todos los criterios para ser catalogado como *lengua*: aunque cuenta con un código para la comunicación, no es el medio de comunicación oficial en un país, ni tiene hablantes nativos.

con las competencias comunicativas naturales, y los criterios de evaluación se ven modelados en función de éstas (Anderson, Krathwohl y Bloom, 2001)¹⁴.

Bajo esta luz, se establecieron estrategias de trabajo en el aula que facilitaran el proceso translingüístico, tanto para la construcción de conceptos y sus relaciones, como para la matematización de situaciones que se espera estudiar: el uso de fichas, bitácoras, mapas mentales, *word clouds*, listas de chequeo, entre otras herramientas e instrumentos de evaluación, ensamblaron una estructura de trabajo enfocada en la atención al proceso de pensamiento y su manifestación en cada uno de los distintos productos (figura 13); en otras palabras, se diseñaron instrumentos para la evaluación del desempeño de los estudiantes de una manera más confiable, atendiendo a los aspectos particulares del proceso y a la autogestión del conocimiento. Uno de éstos es la Lista de Chequeo para la Solución de Problemas (*Problem Solving Checklist*), instrumento basado en el Ciclo para la Solución de Problemas, propuesto por George Polya (1965), cuya finalidad es hacer evidente la representación y consecuente modelación de situaciones problema, en aras de una evaluación e intervención puntuales y confiables sobre el proceso de aprendizaje (figura 14).

Figura 13. Mapa mental realizado por un estudiante, como material de apoyo para la prueba de desempeño, teniendo en cuenta los modelos construidos en el aula.

Fuente: elaboración propia (2019).

¹⁴ Con estudiantes en edad preescolar, la comunicación del proceso de pensamiento es evidenciado mediante preguntas de orientación realizadas por el tutor o docente, de cuyas respuestas se puede guardar un registro audiovisual o escrito realizado por dicho docente para concentrar la atención en la valoración del proceso de razonamiento por encima del dominio de las estrategias comunicativas básicas.

Figura 14. Componentes de la Lista de Chequeo para la Solución de Problemas (Problem Solving Checklist).

Fuente: elaboración propia (2019).

Se hizo evidente en los estudiantes una mayor conciencia respecto a las tareas relacionadas con la solución de problemas, y las estrategias ejecutadas tanto individuales como colaborativamente, siendo estas últimas las más valoradas al momento de evaluar la pertinencia y refinamiento de las estrategias y herramientas empleadas para la modelación de la situación y la solución del problema en cuestión. En términos académicos, el enlace de la Matemática con otros conocimientos, así como con diversos contextos, promovió el uso de múltiples lenguajes en la comunicación del razonamiento matemático. Esto afectó positivamente el nivel de confianza de los estudiantes a la hora de expresar sus líneas de razonamiento para resolver problemas. Además, el uso de Proyectos de Indagación y Creación, con su correspondiente bitácora, permitió hacer un seguimiento de los procesos cognitivos asociados al desarrollo de cada proyecto, apoyando la retroalimentación efectiva.

Conclusiones

Se sugiere que el enfoque STEM/STEAM, más allá de demandar unos recursos y estrategias de aprendizaje rígidos, promueve el uso de metodologías y estrategias

diversas en pro de la construcción de un esquema educativo integral y favorecedor de la innovación por parte de toda comunidad educativa. Es, en sí, un pretexto para el reconocimiento de una comunidad de aprendizaje como ente dinámico y colaborativo, en el que la influencia individual es determinante para su crecimiento. De este modo, el tradicional prejuicio respecto del aprendizaje como objeto inamovible se desintegra para abrir aún más paso a un paradigma educativo basado en la concepción del individuo, del otro y de su entorno como seres y escenarios complejos que funcionan sistémicamente, haciéndose permanentemente evaluables.

Límites, retos y desafíos

La actual inercia educativa, que es función de la inercia cultural, ralentiza los procesos de transformación de una comunidad, especialmente cuando la pauta de cambio se establece repentina y unilateralmente. Se propone entonces que esta estructura de trabajo, en caso de considerarse pertinente para la comunidad académica, sea alineada con el Proyecto Educativo Institucional, para garantizar la alineación entre la filosofía y la práctica comunitaria, entregándose así insumos sólidos a una potencial comunidad de aprendizaje.

Recursos tecnológicos involucrados en las experiencias de aprendizaje

Algunos de los recursos tecnológicos empleados son citados en la tabla 5.

Tabla 5. Algunos recursos tecnológicos digitales empleados por la comunidad.

Búsqueda de información	Práctica y seguimiento	Creación de contenido	Comunicaciones
Motores de búsqueda (Google, Yahoo)			Plataforma institucional
Biblioteca institucional	Vektor App, por	Filmora	Oficina de
Bases de datos (ScienceDirect, Scopus)	Cognition Matters	Educreations	Comunicaciones
Portales específicos para información puntual	Learn Alberta, por Alberta University	Editores de texto	YouTube
		Screencast-o-Matic	Edmodo
			Instagram

Fuente: elaboración propia (2019).

Tabla 6. Enlaces para ampliar la experiencia.

Descripción	Enlace
Blog “Las notas de clase de Marcela Gómez”	https://www.lasnotasdeclasedemarcelagomez.blogspot.com
Artículo “Cultura STEAM y la educación para el siglo XXI”	http://rutamaestra.santillana.com.co/edicion-18/cultura-steam-y-la-educacion-para-el-siglo-xxi/
Tesis de maestría “Competencia comunicativa de la matemática: un enfoque para la modelación de situaciones problema”	https://repository.upb.edu.co/bitstream/handle/20.500.11912/3928/COMPETENCIA%20COMUNICATIVA%20DE%20LA%20MATEM%C3%81TICA%20UN%20ENFOQUE%20PARA%20LA%20MODELACI%C3%93N%20DE%20SITUACIONES%20PROBLEMA.pdf
Presentación “Componente emocional en el aprendizaje de la Matemática y la Física”	https://es.slideshare.net/galatea1987/encuentro-investigacin-escolar-componente-emocional-del-aprendizaje-math-physics
Presentación “STEAMCulture: insights and habits rather than outcomes”	https://drive.google.com/file/d/0B9X_ut9YyVHWSS1nRhPdVcwcXM/view
Presentación taller “Estrategias de evaluación en matemáticas y ciencias: construcción de una bitácora a través de la Problem-Solving Checklist”	https://drive.google.com/file/d/0B9X_ut9YyVHWUi01dGVSNWfJcTQ/view
Artículo “Enfoque STE(A)M en Colombia: inicios, perspectivas y posibilidades”	https://www.slideshare.net/slideshow/embed_code/key/3vmQ0cs7ZzwIkh
Artículo “Entornos maker para el aprendizaje conceptual: construcción de instrumentos musicales y desarrollo del lenguaje matemático”	https://easychair.org/conferences/review_for_paper.cgi?paper=3911514;a=19026692
Artículo “Cultura STEAM y creación de hábitos de trabajo”	https://www.slideshare.net/slideshow/embed_code/key/B2acAZkHkYttfQ
Entrevista “Cultura STEAM e innovación educativa”	https://www.youtube.com/watch?v=Fj5Ta0Mp4-I
Reflexión “STEM Education and Our Learning Process”, por Stefany Jones Beltrán	https://www.linkedin.com/posts/marcelagomezq_reflection-about-stem-education-by-stefany-activity-6511344211131011072-12fu

Fuente: elaboración propia (2019).

Referencias bibliográficas

Anderson, L. W., Krathwohl, D. R. & Bloom, B. S. (2001). *A taxonomy for learning, teaching, and assessing: A revision of Bloom's taxonomy of educational objectives*. Allyn & Bacon.

- Ausubel, D. & Fitzgerald, D. (2001). *Meaningful Learning and Retention: Intrapersonal Cognitive Variables*. Recuperado de: <http://www.jstor.org/stable/pdf/1168901.pdf>.
- Botero, J. (2018). Educación STEM. Introducción a una nueva forma de enseñar y aprender. STEM Education Colombia, Primera Edición; 335 p.
- Brown, D. (2010). *A methodical history of language teaching*. Recuperado de: <https://methodologyshumenextramurals.files.wordpress.com/2013/02/2-a-methodical-history-of-languauge-teaching.pdf>.
- Brown, T. (2008). *Design Thinking*. Recuperado de: http://www.academia.edu/download/59170818/Design_thinking_-_Harvard_business_review20190508-105953-1k4c4b7.pdf, 2008.
- Brown, T. & Wyatt, J. (2010) *Design Thinking for Social Innovation*. Recuperado de: <https://ojs.unbc.ca/index.php/design/article/viewFile/1272/1089>,
- Castro, J., Ayres, P. & PAAS, F. (2015). *The Potential of Embodied Cognition to Improve STEAM Instructional Dynamic Visualization*. En: *Emerging Technologies for STEAM Education – Full STEAM Ahead*. Recuperado de: <http://www.springer.com/la/book/9783319025728>.
- DEPARTAMENTO NACIONAL DE PLANEACIÓN. Plan Nacional de Desarrollo 2010-2014. Recuperado de: <https://www.dnp.gov.co/Plan-Nacional-de-Desarrollo/PND-2010-2014/Paginas/Plan-Nacional-De-2010-2014.aspx>.
- DEPARTAMENTO NACIONAL DE PLANEACIÓN. Plan Nacional de Desarrollo 2018-2022. Recuperado de: <https://colaboracion.dnp.gov.co/CDT/Prensa/Articulado-Plan-Nacional-de-Desarrollo-2018-2022-Pacto-por-Colombia-Pacto-por-la-Equidad.pdf>.
- El-Deghaidy, Heba. (2017). *STEAM Methods: a case from Egypt*. En: *Designing and Teaching the Secondary Science Methods Course. An International Perspective*. Recuperado de: <https://www.springer.com/gp/book/9789463008815>.
- EUROPEAN SCHOOLNET. (2017). *Open Book for Educational Innovation*. Recuperado de: http://www.eun.org/documents/411753/817341/Open_book_of_Innovational_Education.pdf/c1044658-5793-408c-8acb-a041338111ef.
- Ge, X., Ifenthaler, D., Spector, J. (2015). *Emerging Technologies for STEAM Education – Full STEAM Ahead*. Recuperado de: <http://www.springer.com/la/book/9783319025728>.
- Gómez, L. (2017). *Cultura STEAM y la Educación para el Siglo XXI*. Recuperado de: <http://www.santillana.com.co/rutamaestra/edicion-18/cultura-steam-y-la-educacion-para-el-siglo-xxi/>.
- Gómez, L. (2018). *Competencia comunicativa de la matemática: un enfoque para la modelación de situaciones problema*. Recuperado de: <https://repository.upb.edu.co/bitstream/handle/20.500.11912/3928/COMPETENCIA%20COMUNICATIVA%20DE%20LA%20MATEM%C3%81TICA%20UN%20ENFOQUE%20PARA%20LA%20MODELACI%C3%93N%20DE%20SITUACIONES%20PROBLEMA.pdf>.

- Hirsch, G. (1998). *Model of Educational Innovation*. Recuperado de: <https://www.systemdynamics.org/assets/conferences/1998/PROCEED/00055.PDF>.
- Lampis, A. y Kiku, L. (2012). *Colombia, entre lo local y lo global: la inserción de las regiones en la nueva economía global*. Recuperado de: http://poligramas.univalle.edu.co/index.php/sociedad_y_economia/article/view/4027.
- Martínez, J. (2017). *The Search for Method in STEAM Education*. Recuperado de: <http://www.palgrave.com/la/book/9783319558219>
- Martínez B. (2008). *¿Pero qué es la innovación educativa?* Recuperado de: <https://www.uv.es/bonafe/Innovaci%c3%b3nCUADERNOS.pdf>.
- MINISTERIO DE EDUCACIÓN NACIONAL – MEN. Enfoque de Competencias en la Educación: del conocimiento al uso y apropiación. Recuperado de: <https://www.mineducacion.gov.co/cvn/1665/w3-article-275791.html>.
- OECD. *Innovating Education and Educating for Innovation*. Recuperado de: <http://www.oecd.org/education/ceri/GEIS2016-Background-document.pdf>.
- ONU. Objetivos de Desarrollo Sostenible. Recuperado de: <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/objetivos-de-desarrollo-sostenible/>
- Perkins, D. (1993). *Teaching for Understanding*. Recuperado de: http://www.personal.psu.edu/kzc163/blogs/insys527_dsgn_cnstr_lrn_env/2013/02/perkins-1993-teaching-for-understanding.html.
- Polya, G. (1965). *How to solve it?* Recuperado de: https://www.academia.edu/27692629/George_Polya_1965_._C%C3%B3mo_plantear_y_resolver_problemas_t%C3%ADtulo_original_How_To_Solve_It_._M%C3%A9xico_Trillas._215_pp.
- Richards, J. y Rodgers, T. (2002). *Approaches and Methods in Language Teaching*. Recuperado de: https://www.researchgate.net/publication/264205979_Approaches_and_Methods_in_Language_Teaching_2nd_ed.
- Rikkerink, M., Verbeeten, H., Simons, R. & Ritzen, H. (2015). *A new model of educational innovation: Exploring the nexus of organizational learning, distributed leadership, and digital technologies*. Recuperado de: <http://www.nso-cna.nl/wp-content/uploads/2016/08/Rikkerink-Verbeeten-Simons-Journal-of-Educational-Change-2015.pdf>.
- Samudio, I., Castro, D., Gómez, L. y Osorio, J. (2017). *La virtualidad y los cambios de rol en el aprendizaje*. Recuperado de: <https://lasnotasdeclasedemarcelagomez.blogspot.com/2017/01/?m=0>.
- Tobón, S. (2005). *Formación basada en Competencias*. Recuperado de: <https://www.uv.mx/psicologia/files/2015/07/Tobon-S.-Formacion-basada-en-competencias.pdf>.
- Yakman, G. (2008). *STEAM Education: an overview of creating a model of integrative education*. Recuperado de: https://www.researchgate.net/publication/327351326_STEAM_Education_an_overview_of_creating_a_model_of_integrative_education.