

STEM para el desarrollo de competencias transversales

STEM for the development of transversal skills

Franklin René Castro-Castellanos¹ , Luz Amparo Rodríguez-Romero¹ 

¹ Instituto San Vicente de Paúl de San Gil, San Gil, Colombia
franklinrene_castro@hotmail.com, amparo2607@yahoo.es

(Recibido: 14 octubre 2022; aceptado: 27 junio 2023; Publicado en Internet: 30 junio 2023)

Resumen. Este proyecto implementa un STEM en sexto grado, simulando el movimiento del corazón, creando un proyecto transversal que integre contenidos, y de uso en Biología al artefacto hecho en Tecnología e Informática. Esta propuesta radica en la necesidad de evidenciar un aprendizaje permanente en el tiempo, no memorístico y más relacionado a la experiencia, el cual pueda ser medible. Con efectos en biología y tecnología, e impacto en el desarrollo de competencias del siglo XXI. Para lo cual se analiza el trabajo entre asignaturas, como proyectos separados que se complementan para lograr una maqueta que satisfaga las necesidades. Aplicando conocimientos en Arduino, leds y servos para crear un simulador, que es explicado y ajustado desde la asignatura de biología. Se identifica que el 80% de la población termina la maqueta producto STEM, entiende su funcionamiento, la programación y aplica recursos TIC; aunque es necesario realizar ajustes metodológicos, que minimicen problemas, mejorando los productos y evidencias.

Palabras clave: STEM, Aprendizaje significativo, TIC, Biología, Educación básica.

Abstract. This project implements a STEM in sixth grade, simulating the movement of the heart, creating a transversal project that integrates content, and use in Biology to the artifact made in Technology and Computer Science. This proposal is rooted in the need to demonstrate permanent learning over time, not rote and more related to experience, which can be measurable. With effects on biology and technology, and impact on the development of 21st century skills. For which the work between subjects is analyzed, as separate projects that complement each other to achieve a model that meets the needs. Applying knowledge in Arduino, leds and servos to create a simulator, which is explained and adjusted from biology. It is identified that 80% of the population finishes the model; understands its operation, programming and applies ICT resources; it is necessary to make methodological adjustments that minimize problems, improving products and evidence.

Keywords: STEM, Significant learning, ICT, Biology, Basic education.

Tipo de artículo: Artículo de investigación.

1 Introducción

La educación del nuevo siglo promueve el desarrollo de competencias, transformando el paradigma del aprendizaje memorístico repetitivo, enfocándose más en habilidades del nuevo siglo que impacten en los proyectos de vida, permitiendo la promoción de profesionales en áreas de interés para el desarrollo del país. En otras palabras, formar personas con proyecciones profesionales en áreas de ciencia y tecnología, y menos en mano de obra de nivel operativo. Profesionales que conecten con diversas áreas del conocimiento y permitan cubrir necesidades crecientes en innovación y desarrollo.

Este proyecto busca implementar el modelo STEM en un colegio público, logrando el funcionamiento de maquetas o prototipos tecnológicos, que inician en sexto grado, donde se permite la transversalidad entre áreas. Además, el proyecto busca activar los laboratorios de innovación educativa, recursos que fueron entregados al colegio; donde se incluyen tarjetas Arduino, junto a sensores y actuadores, aprovechando el conocimiento acumulado en el colegio de los últimos tres años y en especial de los dos primeros periodos de 2022, donde se realiza un ejercicio práctico; que permita unir áreas en un objetivo común, dando inicio al trabajo bajo el modelo STEM. El propósito inicial es mejorar el aprendizaje dentro una temática del tercer al cuarto periodo, al desarrollar un proyecto de aula que integre dicho contenido entre las asignaturas, dando uso al producto hecho en Tecnología e Informática.

Por otra parte, ciertas temáticas pueden ser muy pesadas o tediosas para los estudiantes en bachillerato, con mínima motivación en el desarrollo de dichas actividades académicas, siendo temas que duran semanas de trabajo, para solo ser memorizados a corto plazo y no tienen un efecto dentro de los procesos de aprendizaje. Además, el desarrollo de proyectos en el área de tecnología pierde valor, cuando no conectan con otros aprendizajes mediante la transversalidad de las áreas, donde se limita solamente un trabajo de clase y no la solución de un problema mayor. Sobre todo, porque el reto en tecnología es resolver un problema o un tema en otra asignatura; es de reiterar que no se está viendo un tema de forma aislada, y ese componente es importante al aplicar el conocimiento tecnológico dentro de un problema de ciencias para su solución, dando sentido a lo aprendido (de Graaff & Kolmos, 2017).

La propuesta introduce actividades relacionadas al pensamiento computacional para dar solución a un problema en el área de biología, donde se cambia la orientación en tecnología con temas relacionados a programación y ofimática, por un trabajo enfocado en la solución de un problema en la otra área; que requiere el aprendizaje y las competencias en tecnología para desarrollar el proyecto que resuelva el problema en el área de biología. El desarrollo del proyecto es hecho por partes, durante varios periodos, hasta entregar un producto final que cumple criterios de Tecnología y que al final mide qué competencias se desarrollaron en el proceso. Entonces se puede decir que la maqueta es la excusa para ver ciertos temas del área de biología que son considerados pesados, monótonos, técnicos o muy difíciles de entender.

Se trabaja con Arduino en una versión de lenguaje C, se usa la plataforma Tinkercad para realizar los esquemas de conexiones y realizar pruebas del código. Incluyendo recursos de Drive para presentar las evidencias sobre avances, generando simulaciones en Scratch; obteniendo avances en dos frentes (Informática y Tecnología), aunque se está aprendiendo es el funcionamiento del corazón y sus partes; que a vista de todos es el objetivo principal y evidente, lo que al final justifica y motiva el aprendizaje de la programación, o entender el manejo de la tarjeta Arduino para hacer que el corazón funcione y demuestra lo que se explicó en biología configurando un STEM en el proceso, además la maqueta del corazón requiere los conocimientos de biología para entender cómo funciona este órgano, y usa los conocimientos de tecnología para hacer viable una simulación física y digital del mismo, con estudiantes de bachillerato, en sexto grado de un colegio público de provincia, ubicado en San Gil, Santander.

2 Contexto

2.1 El reto de enseñar hoy

En el proceso educativo a nivel básico o medio, el aprendizaje en las aulas es normalmente pasajero, sin llegar a ser un conocimiento a largo plazo de mayor impacto en los jóvenes, que aporte a su proyecto de vida y que siembre oportunidades profesionales dentro de cualquier área del conocimiento; es decir, hoy es normal que al finalizar el bachillerato el estudiante no aspire a seguir formándose, que las pruebas de estado no sean una prioridad, y que los resultados finales a nivel institucional en algunos colegios públicos de ciudades no capitales, no sean los mejores.

De igual manera el aprendizaje de ciertos temas, puede ser muy pesado o tedioso para los estudiantes en bachillerato, sin encontrar mayor motivación en el desarrollo de dichas actividades, siendo temas que duran semanas de trabajo, para solo ser memorizados para el momento y no tienen un efecto dentro de los procesos de aprendizaje finales; lo que se evidencia al ser temas tratados dentro de las pruebas generales que realizan las secretarías o temas de cultura general y los mismos no hacen parte del conocimiento global en la población educativa. Lo que sustenta que los procesos de aprendizaje no son significativos, quedando limitados en espacio, tiempo o momento de clase.

Adicionalmente el desarrollo de proyectos dentro del área de tecnología pierde valor, cuando no se conectan con otros aprendizajes, siendo solamente un trabajo de clase y no la solución de un problema mayor, cuando no se da uso a lo aprendido para solucionar un problema. Por ejemplo, qué sentido tiene ver un editor de texto, una hoja de cálculo o cómo hacer una presentación, si no le veo un uso real o práctico; lo mismo sucede si se incluyen temas de programación o electrónica básica, siendo solo temas fáciles o difíciles dentro de un contenido que existe para ocupar el tiempo del estudiante, pero no para formarlos para el futuro; donde el estudiante aplique sus conocimientos, encuentre soluciones o lleve a la práctica el conocimiento adquirido en otras áreas y en todo su proceso formativo. Quedando limitadas las instituciones a graduar, pero no necesariamente a formar, sin generar aportes evidentes dentro del proyecto de vida del

estudiante. No cumpliendo el papel transformador que tiene la escuela, para mitigar la pobreza, reducir brechas, aportar al desarrollo de la región o el país; siendo estos objetivos del STEM, al integrar contenidos y sobre todo aquellos relacionados con la ciencia y la tecnología.

2.2 Resultados actuales

Para ilustrar el problema se presenta el histórico en Pruebas Saber de la institución donde se realiza la propuesta (ver Figura 1), el cual evidencia que en los últimos 4 años se está presentando un retroceso en el promedio en comparación con otros entes. Aunque es claro que existe una pandemia y que los resultados pueden estar afectados, el fenómeno se evidencia ya entre 2017 y 2019, teniendo una tendencia a la baja. Se entiende que ese fenómeno no es exclusivo de la institución donde se realiza el proyecto, y termina siendo un comportamiento en indicadores a nivel general.

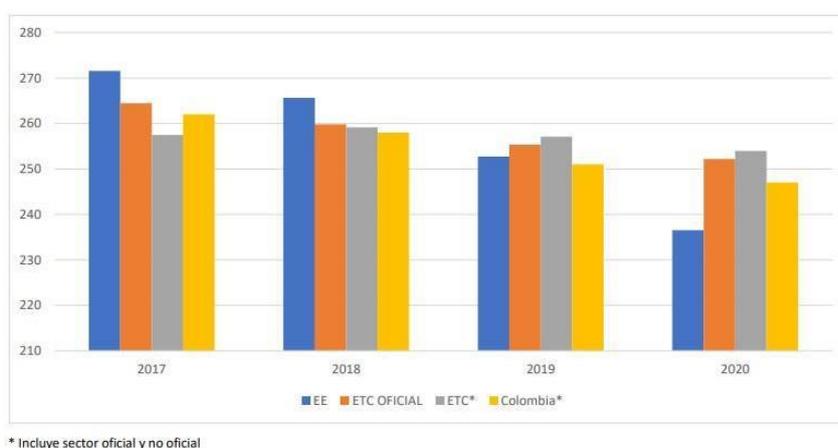


Figura 1. Histórico Pruebas Saber 11 promedio total 2017-2020 de institución donde es ejecutado el proyecto. Fuente: Ministerio de Educación 2022.

La Figura 1, también evidencia que el problema no está centrado en el sector público, y que al ver el Ente Territorial público y privado el comportamiento es similar; donde un grupo significativo de estudiantes no logra cubrir el valor medio de la prueba, estando muy cerca de los 250 puntos. Esto afecta las posibilidades de educación superior pública de los estudiantes, los cuales requieren una cualificación adecuada para aspirar ingresar a la universidad o tener una beca, un crédito o facilidades para continuar su formación.

Ahora si se revisa dentro de las asignaturas (ver Figura 2) el fenómeno de desconexión entre lo visto en clase y lo que se aprende puede ser más evidente; aunque los temas se desarrollan en el aula, al realizar las mediciones el salto es más notorio entre los años en algunas áreas, existe una tendencia y afecta a todos los entes, siendo las ciencias y matemáticas las dos más afectadas.

Por otra parte, en Tecnología e Informática el panorama no es muy diferente, la diferencia es que no existen mediciones oficiales dentro de las Pruebas Saber 11; pero es claro que por ejemplo en el grado once el estudiante llega sin ninguna motivación al aula, sin deseo de realizar trabajos, o de presentar actividades con un nivel adecuado. Donde se hace más difícil trabajar con último grado que con el grado sexto. Y al hacer mediciones de competencias tecnológicas se encuentran los siguientes resultados dentro de la institución (ver Figura 3). Y que simplemente se evidencia que ciertos procesos formativos no cumplen su finalidad.

La Figura 3, muestra el resultado de la prueba sobre conexiones con Arduino, y del manejo de un led, motor dc, motor de torque, servomotor, buzzer, sensor de proximidad y un bluetooth, hasta un total de 7 elementos vistos entre 2020 y 2022, en los dos primeros años el tema fue netamente teórico, con guías de preguntas y respuestas con algunos ejercicios de papel. Terminando en 2022 con un proyecto en el grado once en la construcción una casa domótica por equipos y se usan dichos elementos; la propuesta propone al final el uso del ingenio para resolver el reto aplicando los conocimientos acumulados, ejercicio base de un STEM y su componente de ingeniería.

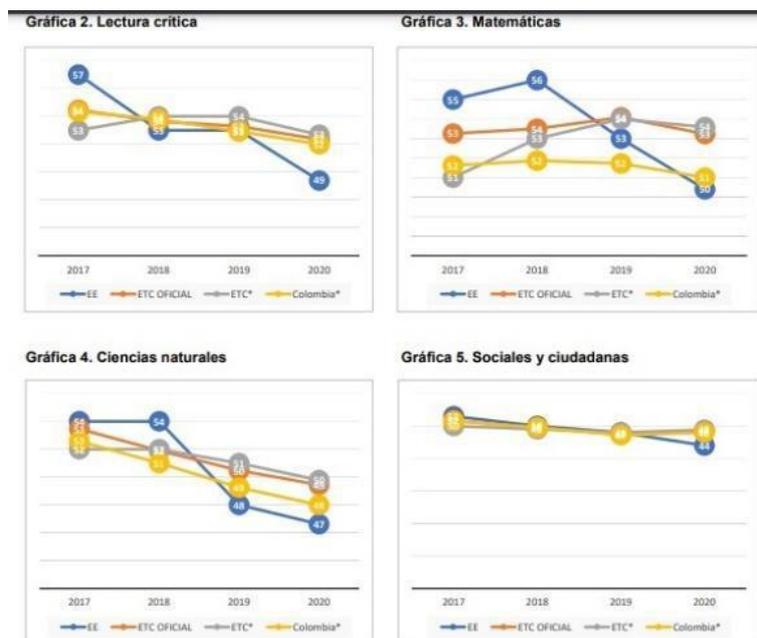


Figura 2. Promedio por áreas 2017-2020 Pruebas Saber. Fuente: Ministerio de Educación 2022.

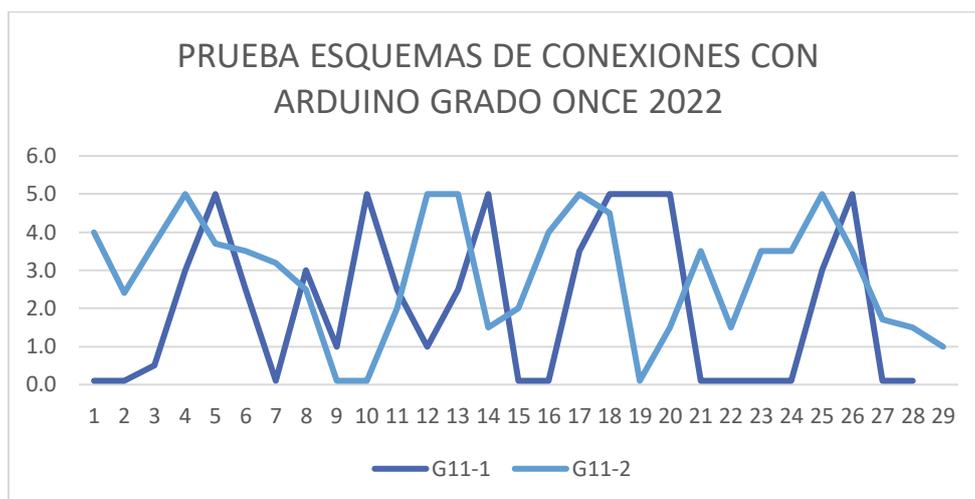


Figura 3. Prueba conocimientos sobre conexiones con Arduino grado once 2022. Fuente: Sistema syscolegios (2022).

Es evidente que los colegios no forman profesionales en ingeniería, pero el proceso formativo debería indicar algún conocimiento básico sobre el tema, y al revisar la figura 3 vemos que 34 estudiantes de 57 no cumplen con la competencia tecnológica en el grado once; lo que equivale al 59% de la población con una nota inferior a 3.5; para un conocimiento acumulado en casi 3 años. Donde no es notorio el avance en el aprendizaje dentro de la población en relación con el trabajo realizado y acumulado. Además, es claro que los dos años de pandemia pueden estar afectando el proceso realizado y debemos esperar los resultados a 2023 para tener una medición más real.

2.3 Los planes de aula y los egresados, los mayores retos

Con respecto al plan de aula para tecnología en 2018, el mismo no estaba actualizado, estando muy enfocado a la ofimática especialmente al paquete Office, y los cambios se empezaron a realizar en 2019, teniendo los primeros ajustes en 2020, lo que implicó justificar el trabajo de los dos componentes que son tecnología y la otra informática. No está siempre claro en la comunidad educativa el motivo del cambio o

la actualización del contenido, generando algún tipo de rechazo a los cambios, lo que causó quejas, cuestionamientos o críticas a los temas tratados con los ajustes. Esto es importante de tratar porque el STEM habla de ciencias muy específicas en su propia definición, pero la misma olvida factores sociales o culturales que pueden afectar su implementación; pues fácilmente puede surgir el interrogante, ¿Para qué ver un tema STEM si no voy a ser ingeniero, ni matemático, ni científico o solo aquí en este colegio lo ven? Lo anterior condiciona la forma en que esta propuesta se incorpora en la institución y sus etapas previas.

Ahora cuando se analiza los indicadores de egresados (ver Figura 4), se puede ver que en 6 años con la muestra tomada; menos de 34 estudiantes continúan con procesos de educación superior, para un promedio de 50 estudiantes egresados por año, lo que equivale a 300 estudiantes; lo que corresponde al 11,3% de los egresados, un porcentaje bajo, si se parte del hecho que la educación tiene un papel transformador, donde el 88,6% de la población educativa egresada en 6 años, no tiene planes inmediatos en hacer desarrollo profesional; o si los tienen, faltan profesiones muy específicas para hablar de innovación y desarrollo en la región de influencia del colegio; dónde programas de alto impacto tienen menor peso, como las ingenierías, la salud o ciencias del agro, y adquiere una mayor matrícula las áreas de administración o comercial donde mayor participación existe, pero es de anotar que el desarrollo y la innovación es promovida por áreas donde se tiene poca participación y esto a futuro tiene efectos en el avance de la región. Sin desarrollo no existe empresa, sin empresa no existe empleo, sin empleo no es viable un contexto social adecuado para el desarrollo integral de una comunidad. Siendo las áreas que promueve el STEM, las que espera este proyecto cultivar en la población educativa y ver sus resultados al final del proceso formativo en el bachillerato.

10. ¿En cuál área de conocimiento se ubica la formación que cursa o cursó? (Puede marcar más de una opción)

34 respuestas

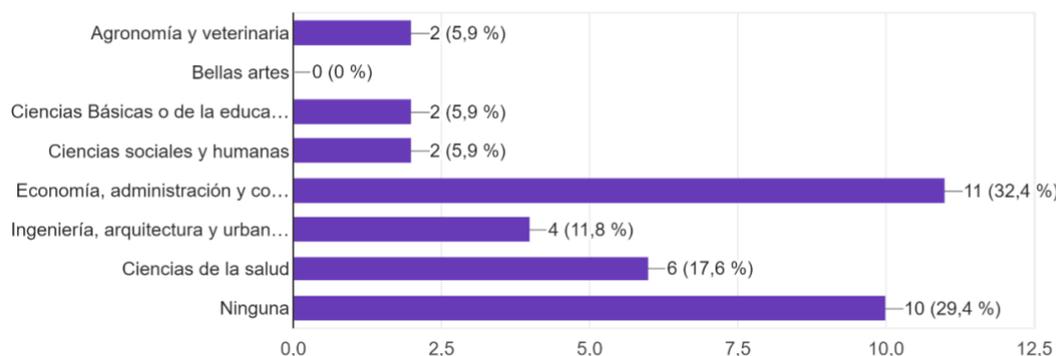


Figura 4. Pregunta 10 cuestionario de egresados, sobre área de formación cursada o en curso. Fuente: Cuestionario institucional egresados (2022).

Ahora se entiende que existen problemas entre lo que se imparte en clase y lo que el estudiante realmente aprende o logra interiorizar dentro de su proceso formativo; se puede decir que actualmente no se genera un impacto relevante en su proyecto de vida posterior al bachillerato, como para continuar su desarrollo personal a través de la educación, y que los resultados de once no evidencian el desarrollo de competencias tecnológicas o para el siglo XXI. Y que todo lo anterior es resultado de un proceso que surge en el tiempo, y que el mismo no se realiza en los últimos años, y debe ser generado desde sus inicios formativos, por tal razón se propone hacer cambios en las dinámicas de trabajo. Empezando en el grado sexto, uniendo ciencias naturales y tecnología e informática en objetivos comunes en relación con los procesos de aprendizaje en alguna temática. Se espera tener efectos a largo plazo tanto en el conocimiento dentro de las asignaturas como en los proyectos de vida de los estudiantes. De esta manera se configuran las bases de un STEM que por ahora solo une dos áreas a largo plazo y con un tema muy específico.

2.4 El STEM como herramienta educativa

En este trabajo se habla de forma muy recurrente de STEM, de competencias o habilidades del siglo XXI, aprendizaje significativo y proyecto de vida. Lo cual hace necesario dejar en este contexto el sentido de estos conceptos en el proyecto, y su relevancia para el ejercicio realizado. Al revisar su definición se puede caer en su no aplicación, en ausencia de elementos que lo conforman o definen, dependiendo del autor que tomemos de referencia. Por eso lo primero en esta sección es definir algunos de esos conceptos y ver cómo se relacionan entre sí con esta experiencia al ver resultados.

Para hablar de STEM se tomará el trabajo de Toma y Retana-Alvarado (2021); en él se hacen una revisión del concepto y lo centra en varias definiciones un poco más profundas de lo que se entiende como STEM, alejándose de la interpretación de las letras (*Science, Technology, Engineering and Mathematics*) y sus posibles versiones (STEM, STEM+, STEAM, STEM+H); y que se aproxima mucho a lo que se hizo o se buscaba en la experiencia que presenta este documento. Los autores definen STEM como.

STEM se presenta (...) (Toma y García-Carmona, 2021): (i) como un acrónimo de origen político que demanda una mayor atención administrativa (en términos de financiación y mejora curricular) hacia las disciplinas que lo componen; (ii) como un eslogan para comercializar un amplio abanico de productos, (...) conferencias educativas, libros, o materiales didácticos; y (iii) (...) un movimiento pedagógico que promueve un plan de estudios integrado o interdisciplinar, lo que se materializa como educación STEM integrada (Johnson et al., 2016; Kelley y Knowles, 2016). La educación STEM también se ha definido de forma imprecisa, con concepciones diversas que varían desde la visión de STEM como una sola materia o disciplina, hasta posturas que conciben STEM como un enfoque completamente transdisciplinar (Bybee, 2013; Ring et al., 2017). (...) una de las definiciones más comunes de la educación STEM integrada es la de un enfoque que “(...) explora la enseñanza y el aprendizaje entre dos o más de las áreas temáticas STEM, y/o entre una materia STEM y una o más materias escolares” (Sanders, 2009, p. 21). (...) implica concebir las disciplinas STEM como una unidad que se ha de enseñar de manera integrada y cohesiva (Breiner et al., 2012; Toma y Greca, 2018).

Ahora este trabajo no pretende hacer una revisión exhaustiva del concepto de STEM; y parte del hecho que el tema es actual e importante en un país en vía de desarrollo, cuyos indicadores internacionales en educación inicial no son los mejores, y que requiere profesionales en ciertas áreas para desarrollarse. Además, lo propuesto en este trabajo va hacia la implementación, sus retos, y sus resultados en un contexto de colegio público provincial, cuyos indicadores y recursos son los de cualquier colegio que no maneja altos estándares, siendo más real a lo que un estudiante en Colombia vive al no estar en una capital. Se analiza lo que expone el trabajo de Toma y Retana-Alvarado (2021), existen elementos que concuerdan con nuestra realidad, primero en Colombia se habla de transversalidad, más que de STEM, pues este concepto no es entendido por todo el contexto educativo. Donde llega a ser un tema que surge de la mejora formativa de los docentes en cursos, especializaciones, maestrías o doctorados, donde tratan temas similares o hacen una introducción al STEM y sus relaciones conceptuales.

Para sustentar la afirmación anterior se puede ver los programas de formación de universidades como la UNAL o la UPB de Colombia donde existen capacitaciones que ya incluyen el término STEM, con certificados de aprobación o asistencia. Por ejemplo, la Universidad Nacional ofrece el curso “Acciones Innovadoras en el aula: Educación STEM para docentes en la 4ta Revolución Industrial”, y va en su segunda corte en 2022, perteneciendo al programa de ingeniería. Otro caso es de la Pontificia que tiene el curso “Estrategias Didácticas de la Educación STEM”, de la escuela de maestros. Ahora estos programas pueden verse muy recientes, pero responden a políticas públicas que ya empiezan a tratar el tema de forma un poco más evidente, y que no es nuevo, ya en algunos estamentos esto se acerca a los 10 años en el sector público.

Existen ejemplos regionales de políticas que hablan de transversalidad o STEM, uno de los más recientes podría ser el CONPES DE POLÍTICA CTI-MINCIENCIAS, que en Colombia el 01 septiembre de 2020 publica el documento titulado “POLÍTICA NACIONAL DE CIENCIA, TECNOLOGÍA E INNOVACIÓN 2021 – 2030”. El cual menciona 10 veces el término STEM, y evidencia la necesidad del país para mejorar en sus matriculados en programas de alto impacto según datos a 2017, y por eso la prioridad de influir esos indicadores desde 2021. Dando soporte a la relevancia del tema en Colombia, y sus efectos en la educación hasta 2030; aunque en países desarrollados el tema puede estar de salida, aquí apenas está empezando a introducirse con fuerza en los colegios, con recursos y programas que apoyen este proceso, siendo un tema de prioridad si se quiere hablar de desarrollo, pues existe un crecimiento en programas de apoyo al proceso industrial (economía, administración, contaduría, ciencias sociales y humanas, entre otros), pero sin industria estos profesionales tendrán pocas posibilidades. La industria requiere de nuevo conocimiento y es una debilidad evidente que la política de MINCIENCIAS expone y trata de ajustar entre 2021 a 2030.

Ahora estas políticas no son nuevas y comulgan con programas de educación superior donde no se habla de transversalidad abiertamente, pero si se usa la tecnología en educación como un medio, y eso implica que el docente mejora su perfil con respecto al uso tecnológico en el aula, y se asocia con aquellos que la manejan para hacer sus actividades o apoyarse, lo cual al final configura algún tipo de transversalidad o STEM. En Santander se puede hablar de la UDES y sus programas de postgrado a nivel de especialización o maestría, algunos incluso fueron lanzados desde 2012, donde docentes públicos de colegios y escuelas ascendían en su escalafón a través de sus estudios.

Estos programas atendían a las normas públicas nacionales relacionadas con el ascenso, como lo son 2277 de 1979, y el 1278 de 2002, en ambos se habla de titulaciones o formación académica; lo que implica que el perfil del profesor mejora, ya sea porque lo requiere para ingresar a trabajar, o para mejorar su condición salarial; siendo la UDES una de las universidades que habla de tecnología, TIC o informática en sus postgrados; donde el docente de diferentes áreas realiza algún tipo de trabajo para implementar elementos tecnológicos en el aula; o el docente debe cubrir ciertos vacíos con respecto al uso del computador e internet para hacer su formación virtual o semipresencial.

Un ejemplo concreto puede ser la experiencia de González Sandoval y Castro Castellanos (2021), donde se desarrolló un producto para dispositivos móviles que busca mejorar la competencia comunicativa escrita. Lo que implicó un proceso de aprendizaje para el desarrollo del producto, el ajuste en el contenido curricular en aula y su implementación para luego medir el impacto en el proceso educativo. Ahora es claro que es un proyecto desarrollado dentro de un programa de postgrado, que eso no garantiza que se siga implementando en el aula, o que se ajusten los contenidos curriculares de forma permanente en el colegio, y que esto no nos lleva a mejorar indicadores en formación superior o innovación, pero es un gran paso, porque es un docente que no es de tecnología y no tiene un perfil en áreas STEM, y está produciendo componentes tecnológicos para el aula de clase y apoyar su proceso educativo, además es el primer paso para que nuevas metodologías lleguen a los salones y se genere el impacto que el Estado necesita.

Otros casos desde el gobierno, fue lo que ocurre en ciudades, departamentos o entidades públicas en Colombia donde STEM se vuelve una cultura pública. En Bogotá su alcaldesa Claudia López lo declara Territorio STEM en julio de 2021, después sigue el Valle del Cauca en agosto de 2022. Aunque en 2017 ya Medellín se declara Territorio STEM+H agregando una H (Humanidades). Pero todas estas son ciudades capitales quedando los municipios relegados en un segundo plano y sujetos a las propuestas de otras entidades del Estado, las gobernaciones, o algún docente motivado por el cambio.

Un caso de este tipo de trabajos en el desarrollo de las competencias lo tenemos en 2012, cuando en un colegio de Medellín – Colombia, se propone cruzar conocimientos de diferentes áreas para encontrar múltiples soluciones a problemas del contexto del estudiante, y que promuevan la innovación, y así poder investigar de una manera sencilla y divertida. Para promover esa innovación e investigación la alcaldía de Medellín propuso la creación de un programa llamado Aventuras Horizontales, el cual le ofreció a los estudiantes una mejor experiencia para avanzar en su aprendizaje de la robótica, aportando recursos y personal calificado al proyecto en los colegios. En el año 2012 el instituto Técnico Industrial Pascual Bravo de Medellín se vinculó con 5 proyectos que se enfocaron principalmente en la parte ambiental, en reconstruir la historia de la institución y también a un proyecto para el reconocimiento del software libre educativo (García et al., 2016, p. 5).

Es de aclarar que el problema está enfocado en el desarrollo de las competencias y menos en el aprendizaje de la robótica o la programación como tal, siendo estas competencias el factor de calidad. Aunque la alcaldía de Medellín usó el término horizontales, su configuración es de un STEM con componentes de robótica.

El STEM fue tratado por Bybee (2010) al hablar de trabajo interdisciplinar en educación inicial o media, incluyendo diversas versiones que incluyen la A para artes, o la H para humanidades, entre otras. Por eso es válido decir STEAM+H, para explicar la cobertura, pero el concepto general es STEM; se deben evitar temas cosméticos en las siglas que la integran, pues todas las materias son importantes, por eso existen dentro de los contenidos curriculares de una institución educativa; aunque en este primer proceso, solo hemos conectado con una sola materia en este proyecto.

Al revisar el Estado Colombiano, habla de contenido transversales con otras áreas, lo que concuerda con el trabajo en varios colegios en Colombia, donde el tema existe desde 2014 o incluso antes, también explica por qué en Medellín se declaran a los colegios públicos como STEM desde 2017; Santander no ha dado ese paso, pero sí está trabajando en temas de TIC o robótica, para colegios públicos y este proyecto se alinea al mismo propósito tanto como STEM, como en el desarrollo de trabajos con TIC que se relacionaba más con la calidad en educación.

Otros elementos que se asocian con la calidad en educación, es el poco ingreso a la educación superior, es decir si el estudiante aprueba, pero no avanza en su proceso formativo, sus posibilidades se reducen, existiendo una relación entre su origen social y su ingreso a la educación superior, lo que configura un panorama de desigualdad, lo cual afecta las posibilidades o logros educativos y ocupacionales, identificándose que el modelo educativo en Colombia no ayuda a reducir las desigualdades (Cuenca, 2016), por tal razón toma relevancia el fomentar en los jóvenes ese avance desde el bachillerato; y en San Gil, Santander se propone iniciar desde sexto grado un STEM, cruzando con ciencias naturales, esperando un impacto a largo plazo.

Entre las entidades podemos mencionar Colombiaaprende del Ministerio de Educación, que empieza hablando del “Enfoque educativo STEM+ para Colombia”, incluyendo temas o términos como, redes docentes, proyecto de vida o competencias y no se limita a ciertas áreas, habla de integrar sin colocar condiciones de dicha conexión. Aunque siendo fiel a algunos de los conceptos base del STEM, se generan programas como “Territorios STEM+, NOVACAMP, Laboratorio STEM, Ruta STEM, STEM + Género”. Y que apoyados por Computadores para Educar promueven los “Laboratorios de Innovación Educativa”. Donde aparecen elementos como Microbits, Arduinos, Key Studio, Impresión 3D entre otros. Muy alineados con fomentar áreas profesionales sobre desarrollo tecnológico e innovación, con productos concretos.

Es importante aclarar que todo este tema sobre STEM, tiene un lineamiento de recomendación, no es obligatorio, no tiene una condición dentro de los Estándares Curriculares del país. Es decir, el derecho a la libertad en su ejercicio docente prima sobre estas políticas, el docente puede continuar su trabajo de forma tradicional, sin hablar de transversalidad. Entonces el proceso debe tener alguna ventaja para su ejercicio de enseñanza, de lo contrario será muy difícil hacerlo una realidad. Es cierto que el STEM podría ayudar a cumplir los estándares curriculares, pero es una de las formas, no es la única, y no es una condición para lograr este objetivo; al menos en Colombia existe un prerrequisito que es el interés del docente, que quiere aprender, aprovechar su tiempo libre, conseguir recursos para el colegio y aplicar nuevos métodos en el aula, con el único beneficio de mejorar en su proceso de enseñanza y ampliar las posibilidades a futuro de sus estudiantes, si el docente lo ve de esa manera.

Lo anterior es importante porque cuando se mira el “Plan Nacional Decenal de Educación 2016-2026”, como política pública que marca el norte de la educación de Colombia durante 10 años, que aparece publicado en la página web del Ministerio de Educación, actualizado al 15 de mayo de 2020; vemos que en el PNDE no aparece el término STEM en ninguna de sus 84 páginas, y la transversalidad está relacionada con el uso de tecnologías por calidad, al trabajo de temas transversales, sobre todo en competencias ciudadanas, habilidades socioemocionales, convivencia pacífica y cultura de paz. Con un enfoque diferenciado, más relacionados a la forma en que una persona aprende. Lo que solo sustenta lo ya dicho, el tema STEM está ingresando al modelo educativo en Colombia, pero como una opción y no como un lineamiento, al menos hasta 2026 que termina el actual plan.

Diferente a lo expuesto en el E2030 de la UNESCO, que desde su título ya incluye el término habilidades, en relación directa al desarrollo de competencias, aunque tampoco habla de STEM o de transversalidad, pero sí habla de herramientas del siglo XXI al alcance de los estudiantes., una reforma a la educación en secundaria y un currículo flexible, que concuerda con los que aquí se hace de dar una opción al docente con el STEM y de ofertar los laboratorios a los colegios, generando cambios significativos en secundaria principalmente, incluyendo temas que hablan de pertinencia, relevancia y formas innovadoras de educar, que en nuestro contexto es llamado aprendizaje significativo.

Ese aprendizaje implica dejar huella, influir en el estudiante, desarrollar en el proceso competencias para la vida, para el nuevo siglo, en el cual se va a desenvolver como ciudadano. El aprendizaje significativo implica tomar un conocimiento previo, mezclarlo con uno nuevo y generar otro conocimiento que sea permanente, al tener sentido o significado para el estudiante en su vida. Una definición de este tipo de aprendizaje nos dice que “el factor aislado más importante que influye en el aprendizaje es aquello que el aprendiz ya sabe. Averigüese esto y enséñese de acuerdo con ello” (Moreira, 2019, p. 9). Que es una cita muy usada por Ausubel (2012), para introducir en esta forma de aprendizaje y empezar a definirlo, explicando que existen diversos tipos de aprendizaje significativo. El concepto, proposicional, representacional, o una combinación de estos cuando el estudiante da significado a ese aprendizaje (Ordóñez Olmedo & Mohedano Sánchez, 2019), influyendo en la forma en que ve su proceso educativo.

Influir en el estudiante implica que, lo que se aprende es interiorizado, y darle significado es entender lo que se aprendió y dar un sentido o uso en la vida. Es pasar de aprender un tema porque está en el contenido del curso, a entender porque lo que debe saber y para qué puede servir, dando un propósito al mismo dentro de la vida personal o profesional. Al entrar en ese campo hablamos de competencias o habilidades, y estas

se dividen en competencias ciudadanas, competencias sociales, competencias para el trabajo, competencias para el desarrollo profesional o competencias para el Siglo XXI.

Pero sin importar cual competencia se revise porque el nombre y su grupo depende del autor que se tome como referencia; y este trabajo incluye unas muy específicas más adelante, lo cierto es que esas competencias incluyen por defecto valores. Es decir, el aprendizaje significativo ayuda al desarrollo de competencias, estas usan valores para aplicar dichas competencias en un contexto real, el STEM habla de un enfoque y de unas competencias para el desarrollo de este en el aula de clase, dando un sentido a lo que se aprende, siendo un aprendizaje significativo.

Para ilustrar de mejor manera lo expuesto, se puede suponer que un estudiante de bachillerato debe desarrollar un proyecto STEM que cubre conocimiento de una o más asignaturas, para atender un problema local en la comunidad o de otra materia; que se supone por lineamiento debería ser en grupo. Dentro del equipo cada estudiante debe desarrollar un rol o papel, lo que implica que tiene deberes y derechos en el proyecto.

Esos deberes lo invitan a participar, a cumplir, a respetar y a trabajar con el grupo, se supone que sus compañeros aceptaron trabajar con él y le respetan sus derechos; para opinar, expresarse, criticar, reflexionar y debatir sobre la actividad que desarrolla; y que en ningún de los casos se violan normas, deberes o derechos de nadie dentro o fuera del grupo, lo que requiere que se apliquen elementos ciudadanos de la sociedad y del entorno educativo, en ese proceso cada miembro aporta desde su conocimiento previo y habilidades desarrolladas para alcanzar la meta, permitiendo a los demás estudiantes aprender y además desarrollar habilidades poco fortalecidas, dando la solución del proyecto un significado al aprendizaje, y sobre todo a la actividad que se hizo, que tendrá efectos a largo plazo y puede influir en el proyecto de vida del estudiante, que ahora ve en lo que aprende el sentido práctico de ese conocimiento que ha estado acumulando.

Esta experiencia desarrollada, intenta comprobar si la teoría aquí expuesta concuerda con la realidad, pues la literatura exalta y defiende al STEM, al aprendizaje significativo, al desarrollo de competencias y valores; pero es muy general, pues olvida el contexto, que influye en cualquier proceso educativo; aquí entra el Estado, la política, el centro educativo, las directivas, los profesores, los acudientes, el entorno social donde están los niños en casa y los estudiantes que se forman. Si el STEM fuera la solución a los procesos educativos en los países no desarrollados, ¿por qué algo que surge en los años 90, o incluso desde la carrera espacial, no ha tenido aún los resultados esperados en dichas poblaciones?

Lo que nos lleva a la siguiente pregunta: ¿El desarrollo de un STEM entre la asignatura de Ciencias Naturales con Tecnología e Informática, que efectos tendría en la apropiación de conocimientos, el desarrollo de competencias y en los intereses para el proyecto de vida en estudiantes de sexto grado?

3 Metodología

A continuación, se explica el proceso realizado, para el desarrollo del proyecto de implementación de un STEM en sexto grado, sus etapas previas y su conexión con las Ciencias Naturales. Su primera ejecución se realizó en el 2022, después de casi 3 años de ajustes a los procesos formativos realizados, especialmente en Tecnología e informática. En resumen, se justificó la actualización de la asignatura en tecnología e informática, se identifica una temática para el componente de tecnología dentro de la realidad y contexto de la institución, finalmente se realiza la conexión con las ciencias naturales y procede a revisar los avances.

3.1 La asignatura de tecnología e informática y sus contenidos

El docente dentro de sus libertades puede modificar su asignatura, apoyándose en otros conceptos que enriquezcan el contenido que se ve en el aula y permita avanzar en los objetivos propuestos en el año escolar o en el proceso formativo dentro del bachillerato; una de esas opciones es el pensamiento computacional. El pensamiento computacional se presenta como una alternativa para pasar de enseñar contenidos a desarrollar competencias necesarias para la vida adulta en un mundo tecnológico. Lo que permite decir que se establece una relación entre el pensamiento complejo y el pensamiento computacional, para mejorar la calidad de la educación (Balladares Burgos et al., 2016). Esto es relevante porque el plan de aula de la asignatura de Tecnología e Informática no puede quedar cerrado a solo aprender el uso de recursos específicos sin ningún otro propósito, y debería permitir ser la base para proyectos transversales que

relacionan todas las áreas, o en otras palabras empezar a construir un STEM usando como base esta asignatura.

Lo primero al hablar de un proyecto tecnológico implementado en un centro educativo en niveles de bachillerato y soñando un poco en las metas, ya sea para construir invernaderos, robots, carros autónomos, drones o cualquier artefacto que cumplan ciertas condiciones, es reiterar que la materia se llama Tecnología e Informática, y tiene dos componentes; la tecnología que se enfoca en el uso de instrumentos (relación utilitaria), al saber usar esos instrumentos (relación operativa), apropiación y generación de saberes en diferentes áreas de las ciencias interdisciplinarias (relación de conocimiento); y la informática que se define como una “disciplina que comprende el estudio de procesos algorítmicos que describen y transforman a la información”. Además de aclarar que fue establecida como obligatoria en 1994 en Colombia. Teniendo como propósito según Romero y Ortiz en el año 2000.

establecer acciones puntuales en la básica primaria, básica secundaria y la media, para desarrollar habilidades y capacidades relevantes en el paso de lo abstracto a lo concreto como proceso característico de la tecnología. Lo anterior se plantea como una forma de centrar el trabajo institucional, con el propósito de avanzar hacia los énfasis constituidos en la meta del proceso de aprendizaje.

Lo anterior implica un cambio de orden institucional para garantizar que los dos conceptos base se desarrollarán, para lograr ver esa relación con las demás áreas del conocimiento, pasando de un área aislada a una convergente, donde los trabajos cubren diferentes conocimientos, donde el pensamiento computacional es una pieza clave dentro del proceso y que es respaldada por las tendencias internacionales a incluirla dentro de los contenidos obligatorios de la asignatura, lo cual puede traer otros problemas o retos de orden político y económico (Adell Segura et al., 2019). Estos cambios implican en esencia que la asignatura se comunica o trabaja con más áreas, que los docentes entienden ese papel y apoyan con actividades que permiten la conexión, sin ese proceso resuelto hablar de implementar un STEM es muy difícil.

Un buen ejemplo puede ser lo que ha pasado en Colombia, ante la limitante de capacitación y personal calificado, el tema se quedó en ofimática, o solo en enseñar algo específico que no es realmente necesario, o que no es comprendido por todos los estudiantes, no logrando su propósito al no integrarse con otras áreas como lo propone el STEM, donde se supone que se usa la tecnología para enseñar y no en enseñar una tecnología (Chaves & Palacios, 2015). Generando un pequeño cambio muchos años después, con el ingreso al sector académico de nuevos profesionales que intentan lograr su cometido base, o de programas que promuevan el desarrollo de competencias en el bachillerato con el uso de tecnología, como lo son los concursos de robótica que permiten al estudiante en bachillerato abrir un espacio a la investigación formativa y al profundizar en áreas de ingeniería (González, 2018). Lo cual no siempre es promovido a nivel general en instituciones públicas, o dentro de la asignatura. Evidenciando el atraso general de la temática a nivel país, con relación a la desactualización del contenido de la asignatura y de modelos tradicionales de aula que no concuerdan con las exigencias formativas del momento, basados más en contenidos que en el desarrollo de competencias.

3.2 La asignatura de tecnología e informática y sus contenidos

A medida que el contenido en tecnología se va actualizando, se crea un grupo de apoyo con estudiantes de diferentes grados para realizar pruebas iniciales de las propuestas de trabajo. El proyecto pretende desarrollar dentro de la asignatura de tecnología e informática, un contenido relacionado con el Pensamiento Computacional (PC) usando elemento de la robótica, el cual es revisado de forma previa dentro del grupo de estudio llamado la Liga Académica, los cuales son los primeros en hacer actividades, que luego pasan a las aulas de clase a través de las guías a resolver en cada periodo académico. El grupo encuentra formas económicas, sencillas y prácticas para incorporar dichas temáticas dentro de los contenidos de la asignatura respectiva, esperando relacionar los temas tratados con los contenidos de diferentes áreas que se ven en el colegio en un modelo STEM, usando diversas plataformas como Arduino, Lego y Microbit, como recursos tecnológicos básicos para el desarrollo de prototipos de robot, los cuales incorporan elementos de programación muy simples. Generando estructuras robóticas propias, que luego pasan al aula de clase, siendo desarrollados de forma íntegra dentro de la Liga inicialmente. Es de aclarar que las Microbit son aportadas dentro del programa British Council (2020), que fue promovido por el Ministerio de las TIC en Colombia.

Todo esto con el propósito de hacer viable la implementación de un contenido en robótica básica, que incluye las pruebas de robots, y la posibilidad de construir nuevos proyectos; lo cual ya había sido planteado

en el trabajo de Cabrera Delgado (2015), no siendo un tema para grados superiores, o solo para el nivel universitario; y que concuerda con lo que proponen los Ministerios de las TIC y de Educación. Al promover la participación en eventos relacionados, donde se vinculan docentes de diferentes asignaturas usando los productos desarrollados, o proponiendo proyectos para sus aulas que se trabajan desde Tecnología e Informática. Evidenciando el desarrollo de competencias transversales, competencias para el siglo XXI o Infocomunicacionales a través de las TIC, donde la programación, la lógica y el pensamiento computacional juegan un papel importante, junto a elementos de la ofimática.

3.3 Competencias y enfoques tratados

El punto de partida es la propuesta del Ministerio de las TIC entre otros, para fomentar competencias del siglo XXI, que fueron definidas dentro de proyectos propios y son propuestas para el trabajo en los centros educativos a nivel nacional y que se promueven en capacitaciones o eventos financiados entre diferentes ministerios en Colombia, razón por la cual el proyecto se alinea con estos parámetros, y condiciona las opciones de trabajo con el enfoque y las competencias las siguientes.

Contenidos del enfoque STEM aplicados: Trabajo sobre proyectos, Pensamiento Computacional (PC), Pensamiento crítico e investigación; enmarcados dentro de temáticas relacionadas con la programación y el uso de plataforma de robótica o prototipado como Arduino, Lego o Microbit como herramientas de aprendizaje.

Competencias del Siglo XXI aplicadas: Pensamiento crítico, pensamiento computacional, pensamiento lógico, pensamiento tecnológico, trabajo en equipo, resolución de problemas, comunicación, creatividad, resolución de problemas, colaboración. Además del uso de competencias Infocomunicacionales para Internet.

Lo único diferente en este caso es la incorporación de competencias Infocomunicacionales, las cuales se definen como.

Las Competencias Infocomunicacionales para Internet (CII) hacen referencia a las habilidades, conocimientos, destrezas y actitudes que una persona tiene o desarrolla, al usar diversos recursos tecnológico con acceso a Internet, para consultar o investigar información, con el objetivo de resolver una situación de su diario vivir de carácter personal o profesional, dentro de un contexto específico, pudiendo localizar, acceder, procesar, valorar, validar y depurar entre todas las informaciones, cuales atienden o resuelven su necesidad de mejor manera, sin incurrir en faltas éticas y/o legales. Generando consecuentemente un aprendizaje con el cual podría producir nuevo conocimiento e innovar, resultado de su análisis o de la interacción con otras personas, donde puede presentar, preguntar, expresar, criticar o ser cuestionado de lo que expone, dentro de un ambiente social físico o en línea, sin ver afectada su identidad personal y cultural o la de otras personas, estando en iguales de condiciones y derechos que sus semejantes (Castro Castellanos & Borges de Lima, 2020).

Las competencias infocomunicacionales son consideradas partiendo de la limitante de tiempo y recursos con los que normalmente cuenta un colegio público en Colombia, y la necesidad que dicho conocimiento se conectará con otras áreas, para avanzar en la implementación de un STEM, para este caso el colegio solo maneja 2 horas a la semana de sexto al grado decimo, 18 horas por periodo propuestas, siendo ejecutadas de 12 a 16 realmente. Y en el grado once no superando las 8 horas de clase por periodo, con un total de 4 periodos.

3.4 Plataforma para robótica educativa seleccionada

Partiendo que existen lineamientos para el enfoque de trabajo y las competencias a desarrollar, junto a las limitantes de horas de trabajo real con los estudiantes, se inicia un proceso de revisión de las plataformas que el mercado ofrece a los centros educativos. Lo primero que se identifica es que los ministerios promueven de 3 a 4 plataformas para los centros educativos, entre las plataformas que puedan existir en el mercado, el Estado Colombiano apoya con recursos para hacer proyecto con Arduino, Microbit, ESP32 y Key Studio.

El problema surge con la cantidad de recursos asignados por colegio, y las condiciones para adquirirlos, en primer lugar, son concursos anuales, existe una relación entre docentes, estudiantes y recursos, y está sujeto a que los docentes o estudiantes terminen o se certifiquen en el uso de dichas tecnologías. Lo que en tres años (2020 a 2022) nos deja un total de 3 Arduinos, 1 kit Key Studio y 12 tarjetas Microbits, además de un set de piezas (actuadores y sensores) para utilizar con las tarjetas. Un grupo de kit de Chicas STEM

en manos de varias estudiantes. Estas plataformas se alinean al concepto STEM y al hecho de ofertar o incluir dentro del contexto elementos que permitan hacer viable un proyecto entre áreas con componentes tecnológicos específicos.

Lo anterior es un reto porque son 12 grupos, para un total de casi 500 estudiantes de sexto a once, que requiere se haga una propuesta en clase, que permita el uso de dichos recursos y además se desarrollen actividades con Ciencias Naturales, al menos en el grado sexto, que permita una dinámica donde el estudiante use los conocimientos en tecnología para resolver el reto en ciencias naturales, con las limitaciones de tarjetas existentes y minimizando los recursos necesarios que debe conseguir el estudiante.

Al revisar las restricciones del mercado, el material de consulta y los costos de implementación de proyectos se toma como opción Arduino, siendo esta la plataforma que al final se implementa, después de las repetidas prácticas hechas con la Liga, y que demuestran que era posible no solo construir artefactos, sino desarrollar actividades a nivel de aula, con el desarrollo de guías teóricas y luego prácticas, facilitando a los estudiantes adquirir los recursos que ellos requieran adicional o usar por su cuenta, como por ejemplo la misma tarjeta Arduino. Es claro que el Estado aporta elementos, pero si nos limitamos solo a ellos, el proceso en aula sería más complejo, y los tiempos serían más extensos, entonces se propone que para los proyectos STEM una parte la da el colegio durante la clase, y la otra los estudiantes, con opción de ampliar o reducir lo que adquieren según sus presupuestos.

3.5 Conectando con Ciencias Naturales

La conexión pasa por una etapa de entendimiento entre los docentes de ciencias y tecnología, además de estar condicionada a los recursos y tiempo de trabajo y al final busca que ciencias proponga un desarrollo a tecnología, es decir, construir un artefacto o maqueta usando elementos de Arduino para ver un tema de sexto grado en Ciencias Naturales; lo que implica seleccionar algunos temas de interés, pedir aprobación a la rectoría, descartar temáticas, construir la maqueta por etapas entre 2 y 3 periodo, partiendo de los conocimientos vistos en sexto grado en tecnología, ajustando el artefacto en su funcionamiento a las condiciones de ciencias. Esa conexión es el primer paso para pasar de una asignatura aislada a una transversal tal y como lo propone STEM, al hablar de ciencias en la asignatura de tecnología, pero es un solo un paso, pues los otros elementos aún no son tan evidentes.

Al final se propone la construcción de un simulador de un corazón para hablar del sistema circulatorio y del movimiento del corazón, usando para su fabricación, 8 leds, un servomotor, y la tarjeta Arduino Uno; para demostrar cómo ingresa o sale la sangre en el corazón y cómo se mueven las cavidades del mismo, lo que implica además de construir la maqueta, un esquema de conexiones, una programación en C++, una simulación en Scratch, un documento de texto que resume todo el proceso, una presentación, una hoja de cálculo para costos y esfuerzos del proyecto, donde se integre los dos componentes de tecnología e informática, y haciendo transversal la temática para configurar un STEM con Ciencias Naturales a nivel básico.

4 Análisis de resultados

El análisis se divide en las evidencias existentes y se relacionan con los objetivos específicos en la implementación, busca responder a la pregunta principal de este proyecto, lo que da una visión general de lo ocurrido en el proceso desde diferentes puntos de vista, es necesario ver los resultados de diversas maneras y desde diferentes áreas, pues lo que para algunos es un resultado, para otros puede no serlo o no tiene el suficiente peso para sustentarlo.

4.1 Maquetas terminadas o productos STEM

Para ver lo que ocurre con las maquetas del corazón, se puede decir que se terminaron 10 a 12 maquetas entre dos grupos de 30 y 31 estudiantes para un total de 61 alumnos de sexto grado; las condiciones de construcción limitaban a 5 miembros por equipo máximo, con un máximo de 12 maquetas para entregar, pero en la realidad varios estudiantes se separan, trabajan solos en los proyectos, o hacen grupos más pequeños, lo que causa que el número de entregables aumente y cambie, pues al separarse un grupo, se

debe construir de nuevo mínimo otra maqueta. En relación con el STEM, esto empieza a indicar debilidades en competencias sociales, como por ejemplo el trabajo en equipo, el compromiso o la tolerancia.

Por otra parte, entregar evidencias de su construcción, no soporta que la misma funcione cumpliendo las condiciones de ciencias, lo que afecta el criterio de entrega, hay una gran diferencia en que entregue y en que funcione, y otra que se comporte bajo las condiciones establecidas; pues dependiendo de esos criterios, el número de entregas aceptadas varía significativamente, además, que algunas de ellas son terminadas después del tercer periodo, cuando la propuesta original tenía condiciones de tiempo, que todos los equipos no cumplen, evidenciando de nuevo fallas en temas de compromiso, liderazgo y solución de problemas, que son elementos dentro del STEM para cumplir con la solución o reto propuesto.

En total 4 maquetas fueron entregadas por fuera de tiempo, en equipos individuales, siendo 8 las que estuvieron dentro de las condiciones de entrega iniciales. Sobre las entregas, solo 1 maqueta no funcionó en relación con los leds pues no encendieron y en ella se evidencia que el estudiante tuvo algún tipo de apoyo que no atendió las observaciones del proyecto, estando soldados los leds a los cables, que claramente no es el trabajo de un grupo de estudiantes en sexto grado, y que al momento de ajustar o terminar el montaje en el salón genera problemas, pues el estudiante carece del conocimiento sobre su construcción, que es esencial para concluir con el ejercicio. Y al menos 2 maquetas fueron apoyadas por estudiantes que no pertenecen al grupo, lo que afecta el resultado final, con respecto al trabajo propuesto. En resumen, tenemos 12 productos finales, y de ellos solo el 66% cumple con los plazos, pero solo el 41% tiene evidencias no cuestionables de su desarrollo, cumpliendo todos los criterios de su trabajo autónomo en el proyecto. Es decir que el 66% tiene un producto que puede no estar cumpliendo con las expectativas de aprendizaje significativo del STEM, quedando relegado a una entrega más, no cumpliendo con el propósito interno de la propuesta.

Aquí surge un elemento no contemplado inicialmente, los proyectos son difíciles de copiar a última hora; el estudiante tiene de un contexto donde en casa alguien le resuelva sus deberes; entonces en vez de trabajar como equipo y encontrar una solución, basado en lo aprendido en clase, en sus apuntes o en el material de apoyo, buscan la vía más rápida, apoyados por sus acudientes, que aportan económicamente para “mandar hacer el trabajo”, y así cumplir con la entrega, pero no con el ejercicio.

Las maquetas tienen relevancia en este trabajo porque son el puente de conexión entre las asignaturas, pues las mismas incluyen otros productos y en cada uno se requiere una competencia y se cumple algún elemento del STEM. Cada entrega es una evidencia del avance en el proyecto, y del cumplimiento de condiciones para saber cómo se desarrolla el STEM y las Competencias Infocomunicacionales. Este grupo de productos son un traspie de quien paga para que le hagan el trabajo, pues muchas evidencias son muy personales del equipo, y si usted no participa o no hace el esfuerzo, la generación de esta evidencia es todo un reto. E inmediatamente surgen choques, peleas, separaciones, que en muchos casos terminan en coordinación, rectoría o con los directores de grupo. Siendo un tema que debe ser tratado con cierta sutileza, pues la solución más simple puede ser, la de no seguir desarrollando este tipo de proyectos que generan muchos problemas, dependiendo de cómo se vea el proceso, buscando lo más simple, que es no hacer el trabajo.

4.2 Estudiantes que lograron participar en el desarrollo del proyecto STEM

Desde este indicador, se observa que 16 de 61 estudiantes no lograron terminar la maqueta dentro de las condiciones establecidas de forma previa. Esto equivale al 26,2% de la población de trabajo, que luego en actividades de nivelación se reduce a 12 estudiantes, ajustando el porcentaje al 19,6% de la población que no logra el objetivo. En total después de nivelaciones se puede decir que el 80,3% de los estudiantes terminan con éxito la maqueta o producto STEM, en grupo o de forma individual. Ahora el proyecto no era solo hacer el prototipo del corazón construido con leds y un servomotor. Implica la elaboración de un documento de texto, una presentación, una hoja de cálculo, una simulación en Scratch, un esquema en Tinkercad, y su respectivo funcionamiento con el código en C++, finalizando con un vocabulario de español a inglés de los términos usados tanto en la maqueta como en la programación. Como se aprecia el producto final agrupa diversos subproyectos para atender las condiciones del STEM, en cada subproducto participa otra materia, aunque es claro que faltan otros elementos que se deben incluir en trabajos futuros. Pero la ausencia de uno o de otro producto, lo que indica es que el trabajo fue repartido y el responsable no cumple con su parte en el desarrollo.

Entonces al revisar el resultado no solo desde la maqueta, se puede ver que los valores pueden variar, y esto se debe a que en el proceso surgen competencias entre los estudiantes, o habilidades para desarrollar

ciertas actividades, siendo el complemento dentro de los equipos para hacer una u otra parte del entregable final, que no era solo la maqueta, también hay falencias en algunas competencias o valores que hacen más difícil avanzar en el objetivo, al final puede indicar que el desarrollo de competencias o valores, son el resultado de un proceso, y el cual no se puede limitar al año escolar siendo necesario ver los resultados con más detalle a futuro.

4.3 Entregables terminados en el desarrollo del proyecto STEM

En total eran 8 entregables iniciales dentro del proyecto para el grado sexto, donde se incluye la maqueta, esto se hace por etapas, entre el 3 periodo, siendo extendido por los tiempos del cronograma institucional hasta el 4 periodo. A continuación, se presentan los resultados revisando solo los 7 entregables adicionales a la construcción; se aclara que cada entregable es una evidencia sobre competencias que se promueven en STEM, y por ahora solo se revisa la existencia o no de la evidencia.

Con respecto a la entrega, se habla de evidencia concreta, cuando existe un archivo creado por uno de los participantes del equipo de trabajo que sustenta el cumplimiento de la actividad, pero pueden existir evidencias inconclusas, que son entregas donde no se tiene acceso directo al producto, y solo sabemos que se hizo posiblemente, pero no se puede evaluar totalmente, como es el caso de fotos, o enlaces que no permiten ver el documento en su totalidad, o está a medio terminar.

Para ver las entregas en detalle, se toma como referencia los envíos hechos en *classroom* que es la plataforma usada para evidenciar los avances en el proyecto; y con la cual se soportan los datos presentados en la [Figura 5](#) se detallan los resultados por equipo y por producto, con respecto a la entrega 1 en el cuarto y último periodo (E1-P4).

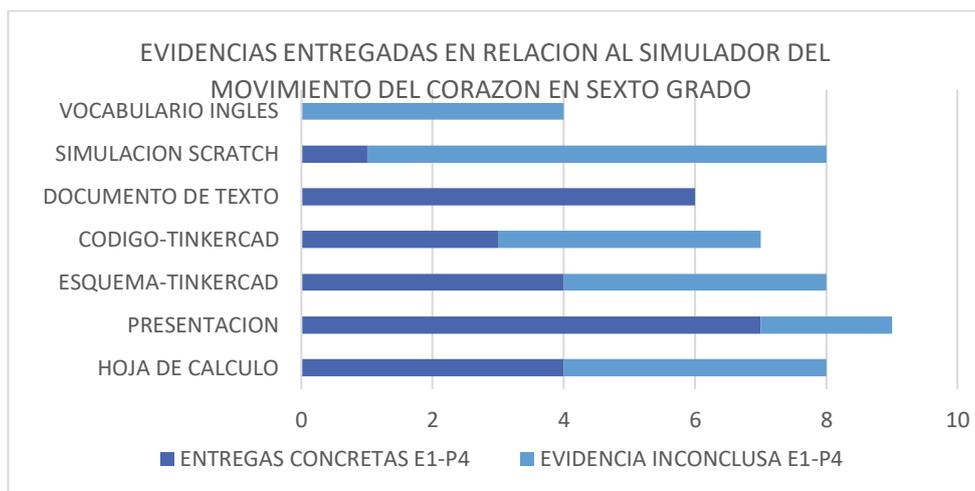


Figura 5. Evidencia entregada en relación con el simulador.

La [Figura 5](#) representa los 7 productos adicionales de 10 equipos, que representa a 27 de 61 estudiantes, lo que corresponde a sólo el 44% de la población total que participó en el ejercicio STEM. Esto refleja que existen problemas de conectividad o disponibilidad de computadores fuera del colegio para avanzar en los trabajos. También que existe un bajo compromiso para realizar entregas, o cumplir con los plazos y condiciones de los trabajos, siendo recurrente que los tiempos se extienden.

Ahora excluyendo los temas de cumplimiento y revisando las entregas de forma concreta, se puede ver que los productos más desarrollados son los documentos de texto y las presentaciones, seguidos de las hojas de cálculo y los esquemas de conexiones, continuando con el código y las simulaciones; siendo el vocabulario en inglés el que menor evidencias tuvo. En este producto se empieza a integrar más áreas, por ejemplo, español e inglés tiene su cuota de participación, primero porque se deben construir textos y segundo porque se debe generar un vocabulario en una segunda lengua.

Al revisar la [Tabla 1](#) de resultados con sus miembros, se puede decir que 4 equipos logran hacer simulaciones, ya sea usando Tinkercad o Scratch, lo que corresponde a 12 estudiantes, lo que representa al 19,6%. Solo 2 equipos entregan 5 de 7 evidencias para un total de 6 estudiantes, representando 9,83%; esas

evidencias que incluyen simulaciones son importantes, pues ayudan a conectar con los resultados en ciencias naturales y el conocimiento del tema que trabajan de forma específica; estos productos son de nivel STEM porque simulan el corazón, pero usan la tecnología para realizar el producto, aplicando los conocimientos de biología.

Tabla 1. Evidencia por tipo de entregable y equipos en el cuarto periodo.

Equipos / Integrantes	Hoja de cálculo	Presentación	Esquema - Tinkercad	Código - Tinkercad	Documento de texto	Simulación Scratch	Vocabulario Inglés
4	1	1	1	1	1	1	0
5	1	1	0	0	0	0	0
2	0	1	1	0	1	0	0
5	0	1	0	0	0	0	0
2	1	1	0	0	1	0	0
4	0	1	1	1	0	0	0
1	0	0	0	0	0	0	0
1	0	0	0	0	1	0	0
2	1	1	1	1	1	0	0
1	0	0	0	0	1	0	0
27	4	7	4	3	6	1	0

Por otra parte, las evidencias en la primera entrega del cuarto periodo de la [Tabla 1](#), demuestran que el estudiante requiere tiempo para producir y eso se comprueba con la simulación en Scratch que es una actividad que surge como entregable en este último periodo. Y que es evidente al revisar entregables desde el tercer periodo. Es de anotar que los entregables son productos acumulables en el ejercicio, es decir no se hacen todos al mismo tiempo, se hacen por etapas y se van agregando y ajustando con el paso del tiempo y entre actividades. El problema surge cuando un miembro se sale y se lleva su producto, dejando al grupo sin el mismo, lo que condiciona que al final del ejercicio no se permita retirar, agregar o sacar miembros de los equipos. Pues los choques eran ya evidentes con estudiantes que no hicieron nada o muy poco en la actividad.

La [Figura 6](#) muestra los resultados en entregables entre actividades y periodos. Lo primero que demuestra es que, aunque el documento no aparece muy evidente en la última entrega, este sí aparece en la entrega previa que hace referencia al 3 periodo, entrega 2 (E2-3P). Lo mismo ocurre con las simulaciones en el código; que, aunque parecen no existir al final, si aparecen en la primera entrega, básicamente lo que ocurre es que el estudiante le falta mejorar en sus entregas, pues, aunque tenga el producto no quiere decir necesariamente que lo envía adjunto dentro de sus actividades, siendo necesario reforzar la forma en que se hacen las entregas para generar las evidencias y no perder entre actividades productos ya hechos, o si la composición del grupo cambia un producto se pierde, pues fue entregado desde otra cuenta.

Un ejemplo de esto se ve con la presentación, que se hace en la primera entrega, pero disminuye poco a poco, aunque la misma ya estaba lista, y era solo hacer los ajustes de lo que se tenía y adjuntarla al paquete en la entrega respectiva, claro si la misma no se perdió al salir el miembro que la hizo.

Lo anterior evidencia que si se desea analizar las asignaturas o competencias que se desarrollan en el proyecto, se debe tener presente el momento en el tiempo, pues los productos relacionados con español no aparecen al final en muchos casos, pero sí fueron desarrollados, además se debe revisar si hacen los ajustes al producto; lo que implica que el estudiante tiene una competencia lectora lo suficientemente desarrollada para leer, y resolver las observaciones, además solucionar los conflictos que surjan durante el desarrollo, es de aclarar que el STEM no habla específicamente de asignaturas relacionadas a leer o escribir, pero las mismas están implícitas en el proceso, relacionándose en forma directa con competencias de lectoescritura y consecuentemente con competencias infocomunicacionales.

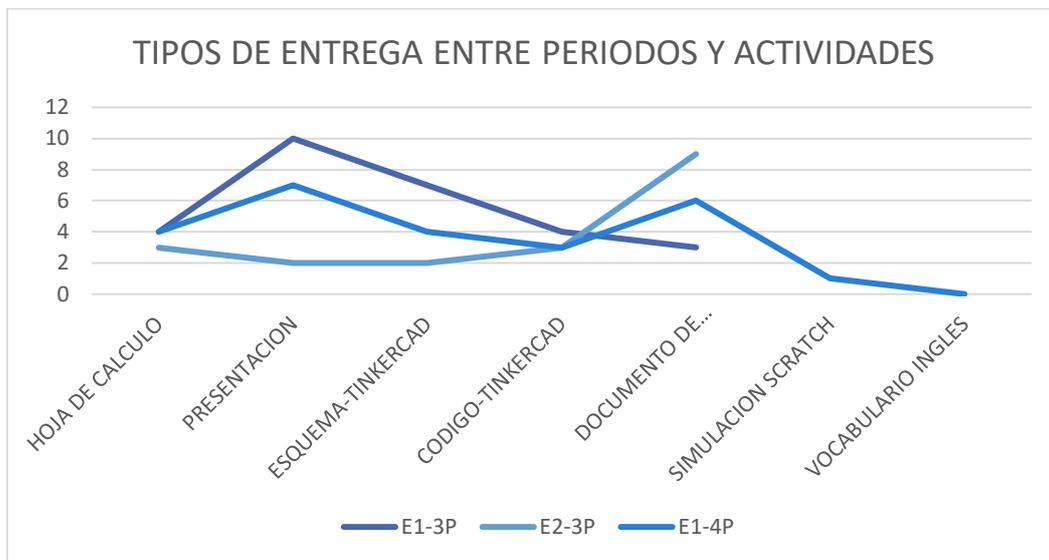


Figura 6. Tipos de entregas por periodos y actividades.

Cuando se analiza cómo se organizan los grupos y el número de estudiantes que realmente participan que se presenta en la Figura 7, se puede apreciar que la propuesta no cubre a los 61 estudiantes del grado sexto, esto se explica porque dichos temas realmente no son prioridad en el sistema educativo colombiano, es cierto que se reconoce su importancia, pero en ciertos niveles de la administración pública; y no son de carácter obligatorio, además un estudiante no puede perder la materia o su año escolar, por no desarrollar ciertas competencias o al menos hasta este momento de finales de 2022 no es aceptable. Incluso esto se sustenta porque se escuchan voces que hablan, que la programación no se debe enseñar, que la robótica no es tema de bachillerato y que las escuelas y colegios están relegados al tema académico de nivel muy básico, sin relación directa con la industria, el desarrollo profesional o la innovación. En otras palabras, el STEM no debería ser implementado al escuchar esas voces; pero si hablamos de desarrollo económico y transformación social, estamos hablando de STEM, sobre todo en un mundo tecnológico como el que hoy vivimos.

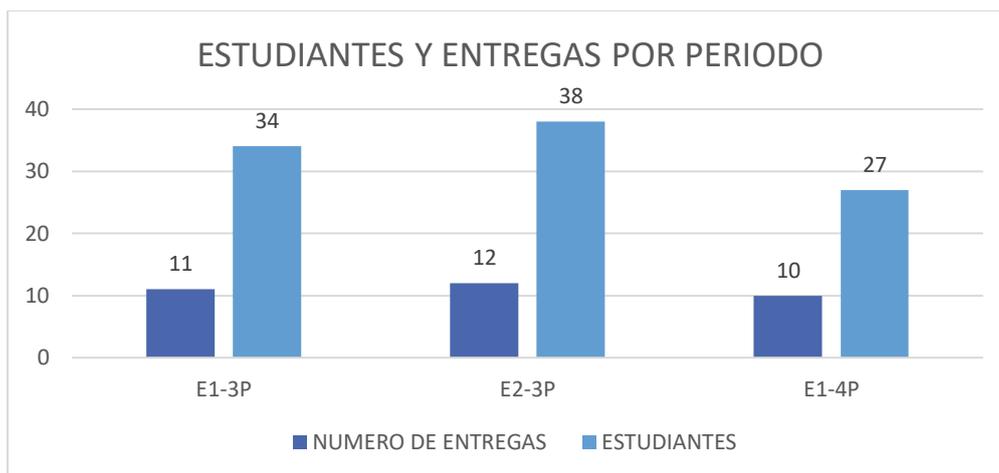


Figura 7. Estudiantes impactados y entregas realizadas.

Esto se evidencia al comparar el PNDE 2016-2026 y el plan MINCIENCIA 2021-2030. El último tiene claro que necesita estudiantes ingresando a programas de formación de alto impacto tecnológico, y ve en el STEM una oportunidad, y esos estudiantes vienen del bachillerato. Pero el PNDE no habla de STEM, y se enfoca en competencias para resolver problemas del contexto de convivencia social, y no del económico o del desarrollo empresarial del país. Incluso los tiempos de sus políticas no concuerdan, pues el plan de

MINCIENCIA ya tiene afectado 6 años (2021 a 2026), ya que el STEM en el PNDE sería una opción y no una meta a nivel general de la educación en Colombia.

Este proyecto se desarrolla con 5 Arduinos, los cuales se rotan entre los grupos en clase para que hagan funcionar las maquetas del corazón; ahora si un estudiante decide no desarrollar la maqueta se deben plantear alternativas para su aprobación, pues el modelo de competencias no está del todo implementado, siendo más relevante temas como la música, la danza o los deportes a nivel general en las instituciones educativas. Esto también explica la baja participación en actividades promovidas por los Ministerios o Secretarías que hablan de temas de tecnología desarrolladas en los colegios, pero con muy pocos recursos o centrados en los centros educativos de las capitales. Pues como ya se dijo es una opción, no un lineamiento del Estado, bajo una política unificada entre Ministerios para alcanzar una meta a nivel país, con impacto en el desarrollo futuro del mismo.

Un ejemplo es el Torneo STEM, que lleva menos del 10% de los proyectos postulados al evento final, cuando la participación del estudiante de bachillerato en el evento de cierre debe tratar de ser maximizada, pues es una puerta para sembrar uno de los propósitos del STEM, fomentar las áreas relacionadas al desarrollo tecnológico y la innovación, que el país necesita para poder seguir creciendo, pero eso es un objetivo de MINCIENCIAS no del MEN. Para explicarlo mejor el centro educativo donde se desarrolla este proyecto, género 17 proyectos STEM integrando áreas, pero al final solo tiene un cupo (dos o tres estudiantes, con un docente relacionado a un solo proyecto) como colegio sin sedes, que no concuerda con el esfuerzo que hace un colegio para llevar estos temas al aula de clase, como se puede apreciar a continuación.

Lo que muestra la [Figura 7](#) es el avance hecho, siendo en sus inicios de cero participaciones en temas de tecnología concreta y de vanguardia, a cubrir al 62,2% (38 estudiantes) de la población, donde en términos pesimistas, se podría pensar que solo un estudiante realmente trabajó en cada equipo en la elaboración de todos los productos; lo que permite afirmar con seguridad que entre 10 a 12 estudiantes (19% aproximadamente) están fortaleciendo competencias transversales tecnológicas; lo que sin duda es un avance, sobre todo porque los estudiantes en etapa temprana niños y niñas de sexto grado que van conectando en temas necesarios para el desarrollo del país y que conectan con los intereses en educación superior, reiterando la importancia de la educación básica o media para la innovación y el desarrollo profesional a futuro.

Cuando un estudiante nunca interactúa con estas tecnologías, sería poco posible que mañana de adulto pueda interesarse en las mismas, o escogerá un programa formativo en esta línea. Cuando se revisan los eventos STEM por ahora solo es visible uno presencial a nivel país y otro nivel departamental, pero más relacionado a la robótica. El resto de eventos no hablan de STEM, aunque pueden tener elementos, como ocurre con el NOVACAMP, los demás pueden tener algunos componentes con alguna restricción como: son privados o se necesitan recursos, sobre todo cuando los estudiantes son de provincia y requieren mínimo, transporte u hospedaje para vincularse al evento, como colegio público; lo que solo demuestra que para un colegio el esfuerzo es muy grande, pues necesita capacitación, recursos tecnológicos, docentes interesados y medios para promover dichas actividades, de forma tal que se mantenga el interés del estudiante y del mismo colegio, lo cual por ahora no es muy evidente, y no cubre a todos los centros educativos del país.

5 Conclusiones

Lo primero y con respecto a los objetivos, es que este tipo de trabajos permiten reforzar los conocimientos de otras áreas, resaltando la importancia de los proyectos STEM, pues para crear las simulaciones o la maqueta se debe tener un conocimiento del área que conecta que en este caso es ciencias naturales. Sobre el proyecto de vida, es aún muy prematuro al menos para el grado sexto; existen pequeñas evidencias con estudiantes de grados superiores interesados en su desarrollo profesional, y aunque muchos de ellos se destacaron en proyecto de este tipo, no existe una evidencia concluyente que nos lleve a soportar que los trabajos transversales, o tomando conocimiento de otras áreas, se influye en los proyectos de vida.

Pero si, existen datos actuales de cuál era la tendencia y se podría medir a futuro lo que ocurre, con certeza se puede concluir que se ha reforzado el tema relacionado al sistema circulatorio, de forma específica el movimiento del corazón; aunque puede ser necesario realizar mediciones a futuro para determinar el nivel de interiorización en el tema de los estudiantes, después de hacer la maqueta, la simulación y la programación respectiva, bajo las condiciones del proyecto.

Lo que más influye son los problemas en competencias sociales, siendo la meta del MEN, relacionadas con el trabajo en equipo, el compromiso, la solución de problemas, es decir la convivencia; también se le debe sumar el modelo de aprobación, que aún tiene varias mejoras, y que es un fenómeno a nivel país, donde existen condiciones que promueven la aprobación con mínimos o incluso menos, de algunos estudiantes, lo que es uno de los mayores retos; no siendo claro que la meta no es graduar, es formar o desarrollar habilidades que le sirvan al estudiante para el futuro en la vida profesional o laboral, siendo necesario ampliar las posibilidades que los centros educativos ofrecen a sus estudiantes.

En otras palabras, el STEM tiene muchas ventajas y parece ser una opción para mejorar el futuro de los estudiantes, pero si el entorno no ayuda, hacer un STEM puede ser muy complejo, porque si un estudiante debe hacer un proyecto de este tipo para aprobar, y otro decide no hacerlo e igual aprueba, el mismo proyecto pierde peso en su impacto y necesidad, el STEM no solo habla de integrar materias o contenidos, también trata el tema de competencias, y entre ellas están las relacionadas al entorno social o la vida; entonces si un estudiante no cumple e igual aprueba estamos haciendo lo contrario, promovemos antivalores.

Las construcciones de proyectos transversales desde tecnología no solo son viables, sino que permiten diluir el contenido que es considerado pesado, como es la programación o el esquema de conexiones de los componentes electrónicos, que son elementos de ingeniería que promueve el STEM. Pero se aborda de otra manera, siendo en esencia un proyecto de ciencias con recursos de tecnología, generando un beneficio para ambas asignaturas; aunque es cierto que algunos estudiantes no lo terminan, eso ya se supone en el proceso con el contexto actual. Existe un porcentaje de la población que en el proceso trabajó la temática casi de forma transparente, es decir, el STEM se cumplió en parte de la población y es un punto de partida para fomentar este tipo de proyectos e ir cambiando la cultura institucional y educativa.

Con respecto a las competencias, si las mismas se agrupan en las infocomunicacionales, se puede decir lo siguiente. Partiendo de las evidencias que surgen en el proceso, las competencias se pueden dividir en informacionales, que son las que uso para resolver una necesidad, siendo la fuente que me permite avanzar, para ellas el 19% que es 12 estudiantes máximo de 61, (siguiendo con el pensamiento al mínimo impacto) usaron sus apuntes de clase, consultaron las fuentes ofrecidas en el curso, o buscaron otras fuentes, que le permitiera terminar sus productos. También se puede hablar de las comunicacionales, que son las que uso para producir, estos productos son los textos, las presentaciones, los esquemas, las simulaciones, todas ellas son productos informacionales, que fueron necesarios para hacer el entregable.

Con respecto a lo anterior se puede ver en la figura 6, que el producto más desarrollado es la presentación seguido del documento de texto. Que son productos básicos utilizados en educación para crear un elemento comunicacional y que las TIC ofrecen diversas ayudas para mejorar su calidad. Todas las entregas tienen uno o los dos productos realizados, y que al menos en 2 entregas (16%), existen productos complementarios, como simulaciones, esquemas entre otros. Ese porcentaje está como producto final, pero en esencia todos debieron hacer una aproximación a este tipo de productos para poder avanzar con el proyecto; esas competencias cruzan directamente con elementos de ingeniería del STEM, pues si no es posible simular que funciona, como hacer funcionar en el mundo real, esa premisa es relevante cuando se revisan proyectos con productos funcionales.

Existen competencias dentro de las infocomunicacionales, que se llaman operativas, aunque para algunos no son tan relevantes, en este nivel formativo son esenciales para trabajar con productos TIC, como las necesarias para hacer el código, que implica el manejo del teclado para hacer todos los símbolos requeridos en programación, para los esquemas, el uso de mouse para trazar líneas que unan los elementos. El entender qué herramienta se requiere para hacer X producto es otras competencias operativas; aunque puede sonar evidente, no siempre es claro, para las poblaciones hoy en día el uso del celular no es sustento para decir que sabe usar el computador, que es con el cual produce ciertos elementos; puede ser que use el celular para producir algunos elementos, pero lo importante no es que manifieste saber, es qué sabe cómo y con que hace cierta tarea.

Ahora existen otras competencias, que fueron mencionadas y que podrían no clasificar dentro de las infocomunicacionales y son más evidentes en el siglo XXI y que están implícitas en el STEM. Entre ellas tenemos “Pensamiento computacional, pensamiento lógico, pensamiento tecnológico, trabajo en equipo, comunicación, creatividad, resolución de problemas, colaboración”. Estas fueron usadas cuando aplicamos el conocimiento en tecnología para resolver el reto en ciencias. Se aplica cuando uso la programación en bloques o en texto, y los esquemas de conexiones, para hacer que la simulación o la maqueta funcionen bajo ciertas condiciones. Hablando del conocimiento computacional, lógico y tecnológico aplicado a otra ciencia, mediante el trabajo en equipo, solucionando los problemas durante su desarrollo, colaborando y aportando de forma creativa a la solución con recursos de mi entorno, en otras palabras, haciendo un STEM.

En el caso del trabajo en equipo, la solución de problemas, y la creatividad se usaron para resolver problemas en la construcción de la maqueta y las simulaciones, además de resolver los problemas internos que el trabajo colaborativo implica; aunque algunos grupos se separan en su mayoría se termina en equipo, además al hacer aportes entre compañeros para avanzar. Aunque es claro que se presentan fallas y problemas, pero para un primer ejercicio el avance puede ser significativo y los productos finales lo sustentan, sobre todo cuando los productos limitan la posibilidad de copia, pueden usarlos como guía, pero se debe producir, y la mayoría de conflictos surgen porque el estudiante no está enseñado a crear productos propios basados en su experiencia y conocimiento; donde existieron problemas con estudiantes o acudientes, había miembros que hablaron de pagar, pedir dinero, mandar hacer, o aportar en especie de alguna manera; y la personalización del producto dificulta su desarrollo por otros que no interactúan con sus compañeros o no trabajaron en el proyecto.

Los avances finales podrían ser pocos, pero si se comparan con los datos previos, el resultado puede ser evidente, y permite sentar las bases de un proyecto en séptimo grado, donde cambiando el producto se repita el ejercicio y se hagan comparaciones entre grados y entre los mismos cursos, para saber si el avance se puede mantener, mejorar o por el contrario se reduce. Ahora trabajar temas TIC o bajo modelos STEM en etapa temprana, y sobre todos temas relacionados al desarrollo o la innovación, podrían hacer que los estudiantes mejoren o ajusten sus proyectos de vida en beneficio de ellos mismos y de la sociedad en un país que requiere cada vez más de innovación y desarrollo y que comulga con las metas de MINCIENCIAS a 2030.

También es importante aclarar que algunos recursos ofimáticos son vistos, porque se cruzan con otras áreas del conocimiento, como podría ser el caso de la hoja de cálculo, que puede ser usado en el análisis de datos con una alta relación con las matemáticas y la estadística; siendo falso pensar que solo es un tema para personas de áreas contables o financieras, pues con este recurso se pueden fomentar competencias científicas, relacionadas con la recolección de datos, su tratamiento, análisis y su debida sustentación, realizando un acercamiento a procesos de investigación (Franco Mariscal, 2015). Sobre todo, porque no solo es hacer los trabajos, se debe demostrar o sustentar, que se entiende el propósito en el uso de los recursos y no solo su manejo. En este proyecto aún se tiene esa falencia o las evidencias no respalda ese control al producto final, y que debe mejorarse la propuesta para la última entrega, junto a las pruebas de conocimientos generales en ambas asignaturas.

Aunque lo cierto es que en las sustentaciones realizadas se puede evidenciar que algún estudiante copia el trabajo, o se integran al mismo por otros factores; para nuestro caso, que el estudiante hace parte del entregable, pero que no aportó a su desarrollo; y de eso no se trata, es de hacer de forma consciente una actividad, y luego demostrar que se tiene un manejo del recurso, y se ha desarrollado algún tipo de conocimiento usable a futuro configurando un aprendizaje significativo. Siendo la sustentación un medio para fomentar el aprendizaje, basado en las experiencias de otros o en las propias.

Aunque el sustentar puede tener resultados positivos, ya que a medida que se avanza en el tema, el estudiante en las sustentaciones entiende o hace lo que no había hecho en un principio, que era revisar el material de apoyo, o desarrollar la actividad, siendo forzado a estudiar o revisar el material. Esto es una forma de generar un espacio para crear oportunidades, para que el estudiante se involucre de forma más directa en su proceso de enseñanza-aprendizaje (Cruz Núñez & Quiñones Urquijo, 2012), siendo responsable de lo que hizo, entregó y ahora debe sustentar individual o grupalmente un trabajo que en lo posible debe ser transversal con otras áreas. La propuesta de sustentación está al final, esta no busca afectar la reprobación, solo ajustar los entregables y llenar los vacíos formativos y las debilidades en las competencias, además la mejora en el desarrollo del entregable; pues lo ideal para continuar dentro del STEM es que sea una actividad entre las dos asignaturas, siendo evaluadas por los dos docentes en simultáneo, con roles diferentes de los participantes durante la sustentación.

Pero si se desea trabajar en proyectos transversales o STEM, el estudiante debe tener una base en análisis de datos, pensamiento computacional, como el que se ve en programación y uso de tecnología. Como ocurre en la robótica entre otros temas; por eso debería ser un proyecto transversal, donde se evoluciona año tras año. Esta es la primera ejecución en sexto grado, con una propuesta ya en séptimo por ahora, pero la idea base es que sea secuencial hasta el grado once, aunque es solo una propuesta y esta es la medición inicial de lo realizado en sexto.

Ahora la introducción de estos temas transversales o STEM puede tener algunos problemas en su implementación, pues pueden ser consideradas inútil o fuera de contexto. Lo concreto es que los contenidos de tecnología se deben cambiar, y que hacen parte de un plan de actualización, el cual se empezó en 2019 y cuyos resultados son los que en 2022 permiten ejecutar este ejercicio con evidencias.

Lo anterior implica producir, no transcribir o copiar, y concuerda con lo que se llama la revisión de la taxonomía de Bloom que, aunque es de 1956, es actualizada posteriormente en el año 2000, pasando a ser llamada la Taxonomía de Bloom para la era digital. La cual establece lineamientos para garantizar el desarrollo de actividades, cuando un estudiante usa tecnología en su proceso; al final se habla de calidad en el producto y no solo del simple proceso de hacer (Masapanta Carrión & Velázquez Iturbide, 2017). Porque cuando un estudiante puede acceder a un recurso tecnológico, no es pedir más trabajos, es pensar en la calidad de la entrega antes que en la cantidad de productos. Por eso la propuesta ejecutada habla de diversos productos que se piden de forma repetitiva, en un proceso acumulativo y de mejora, siendo muy sencilla la última entrega, enfocándose más en la calidad y el ajuste a los productos, que en hacer de nuevo.

Por tal razón en los contenidos de los proyectos de Tecnología se propone incorporar otras temáticas, el motivo es que sea convergente donde se mezclan temas y productos para un mismo proyecto, donde pueden aparecer temas de inglés, de biología o incluso de física, pues la misma no está aislada del mundo, y lo que se concluye es que no es ofimática, programación o robótica educativa, es realmente un STEM (Ciencia (*Science*), Tecnología (*Technology*), Ingeniería (*Engineering*) y Matemáticas (*Math*). Siendo Tecnología e Informática un área interdisciplinar, basada en tecnología para lograr este objetivo, como puente de conexión; donde el ejercicio propuesto con Ciencias Naturales es un primer avance, que no es definitivo, pero es un punto de partida.

Para esto el estudiante presenta un proyecto que aplica al contexto de un problema a resolver, en este caso en ciencia; con escritos a desarrollar sobre dificultades en la fabricación, su aplicabilidad en el colegio o el barrio, etc. Pues no se busca que sepa de robótica, programación y ofimática, se busca que apliquen lo que aprenden y de sentido a su aprendizaje. Perfilándose profesionalmente en un área de interés, aportando al proyecto de vida al terminar el bachillerato, donde la asignatura de tecnología e informática dentro de un STEM puede ser una opción en esa mejora que se busca del proyecto de vida.

Por consiguiente se puede declarar que el área de Tecnología e Informática cumple para un STEM o para promover innovación, requiere estar actualizada en su contenido, requiere un Internet adecuado, mantenimiento para equipos, y presupuesto para fomentar la visibilidad de trabajos, participación en eventos, o adquirir elementos para los proyectos, siendo claro que sin apoyo esto no es viable, pues los presupuestos internos de las instituciones parecen en algunos casos no priorizar en el uso de tecnología e investigación; aunque en Colombia ya existen algunas instituciones dedicadas de forma muy organizada a trabajar en proyectos y presentarse a eventos; aunque no es la regla. Uno de esos ejemplos ya en desarrollo lo encontramos en el colegio Montessori en Medellín (Restrepo, 2015) que es un buen referente de comparación para lo que aquí se hizo.

La asignatura de tecnología e informática, debe ser revisada y actualizada para que cumpla su papel transformador, dentro de un modelo de calidad, que permita al estudiante crecer y desarrollar competencias para su futuro, abrirse a posibilidades en la educación superior, emprender, o escoger un arte, oficio u profesión; es claro que se requiere mejorar al personal docente, dar recursos y promover el desarrollo de proyectos transversales, que permitan la actualización del currículo, enfocado menos en el manejo de contenido y más en el aprendizaje significativo. Lo expuesto es la realidad de un proyecto que intenta hacer transversalidad por medio de un STEM, mezclando temas como la innovación tecnológica, el uso de TIC y el desarrollo de competencias del siglo XXI y competencias infocomunicacionales, desde la educación básica, iniciando en sexto grado.

Al final se puede decir que se concuerda con los autores que ven ventajas en el STEM para procesos educativos iniciales, que las competencias hacen parte esencial del trabajo y estos están acompañados de valores, pero faltan elementos a ser tratados a profundidad, cuando se pasa de la teoría a la práctica; lo primero es no iniciar un proceso STEM sin la aprobación y el apoyo de las directivas. Dejando claro que tipo de proyecto se va a desarrollar, población, sus recursos, plazos, períodos involucrados y productos finales, así como los docentes y materias se van a cruzar; cuidando tener un equilibrio con el SIEE de la institución y con los porcentajes de pérdida, pues se debe presumir que los estudiantes con debilidades evidentes en los procesos formativos podrían verse afectados al perder más materias de las que ya acumulan en cada periodo.

Es fundamental la socialización con la comunidad, tanto con acudientes, como docentes a nivel general, para tener apoyo y minimizar las voces en contra, cuando empiecen a surgir problemas de convivencia. Evitando entrar en siglas o conceptos muy técnicos, que todos pueden no entender, sobre todo porque el STEM tiene implicaciones a largo plazo, y en los proyectos de vida de los estudiantes que podría chocar con las expectativas de sus acudientes o de los mismos estudiantes, además puede ser interpretado como un trabajo adicional para docentes, directivas y estudiantes, lo cual contamina el contexto, generando una barrera inicial que no es adecuada.

La idea es que se trabaje en grupo, pero se debe evitar que ese ejercicio sea una obligación del proyecto, y pasar a una decisión por conveniencia, para reducir costos y aminorar la carga de trabajo, entendiendo los retos que tiene el trabajo en equipo, donde la colaboración y el compromiso juegan un papel principal en un proyecto a largo plazo durante el año, explicando los efectos de comprometerse con un grupo y salir del mismo, cediendo al estudiante la decisión de unirse a un grupo, y el acudiente entendiendo sus implicaciones, para dar espacios de trabajo con algún control de adultos responsables. Se sugiere analizar el número de integrantes de un grupo, sobre todo en relación con los roles que se ven en los distintos proyectos STEM. La experiencia ejecutada habla de 5 miembros, aunque no se tiene todavía un número ideal, que podría ser inferior, aunque se repitan roles. Lo cierto es que los grupos más pequeños tienen mejores resultados.

En lo posible se sugiere desarrollar la mayoría de las actividades en el aula, permitiendo que los grupos trabajen en el colegio, y si fuera necesario extender a más periodos el producto final o sus entregables. Siempre generando beneficios a todos los actores, al estudiante y acudiente para que puedan conseguir los materiales y terminar el trabajo, y al docente que debería tener menos carga al calificar el mismo trabajo con ajustes, y que sirve a varias materias, es decir el estudiante hace un solo trabajo que varios docentes le revisan cada uno con su propia rúbrica.

Los acudientes deben tener claro los costos, elementos, donde adquirirlos y tiempos de trabajo. Así como la libertad de integrar o no un grupo, y con quien trabajar. Para evitar que el estudiante utilice el proyecto para otros propósitos, generando problemas que sobrecargan las actividades. Se sugiere una reunión inicial con acudientes, estudiantes, docentes y directivas antes de empezar con el proyecto.

Como el STEM trabaja competencias y valores, lo ideal es tratar el tema de valores, de forma previa, o en forma paralela con otra materia de apoyo que se estaría vinculando al proyecto como materia STEM+, y además hacer un papel de evaluador de estos valores en el trabajo o productos entregados o en su defecto dejar un apartado dentro del proyecto que reflexiones sobre estos valores.

Con respecto al proyecto de vida, entre los productos existía una presentación de autores, como si el trabajo fuera un libro, y al final del mismo encontramos los escritores con una pequeña reseña de ellos y sus aspiraciones a futuro, este ejercicio da frutos muy interesantes, y puede ayudar a mantener los sueños o aspiraciones de un mejor futuro entre los estudiantes, sobre todo, cuando el proyecto resuelve un problema del contexto o es usado como inspiración para su posible emprendimiento o desarrollo profesional.

Ahora es súper importante entender que realmente se trata de cambiar un paradigma; si un lector de este documento decide implementar un STEM, está hablando de abandonar un concepto existente de materias aisladas, de docentes autónomos que funcionan como islas con un contenido que solo ellos saben si están cumpliendo. Que el producto fácil y rápido de hacer entre las clases, para los estudiantes que no trabajan, estaría desapareciendo, incluso el trabajo que le pido a mi acudiente me ayude a terminar de hacer la noche anterior. Que mucho de lo que se hace en clase, los familiares no lo vieron en los colegios y es totalmente nuevo, casi que de nivel universitario para algunos; y estos no podrán dar el apoyo habitual, que podría implicar hacer el trabajo la noche anterior o el fin de semana. Y esto va a generar en algunos un choque con la temática, escuchando por ejemplo frases que preguntan, “porque construyen un corazón que se mueve en tecnología, si debería ser un computador con sus partes decoradas en cartón”. Como otras, que hablan de futuro, “mi hijo no va a estudiar medicina, que gana haciendo un corazón en una materia donde se debe aprender es Word”, y sobre todo si el estudiante argumenta que no quiere hacer el trabajo, encontrando voces de apoyo en su familia o en la comunidad educativa.

Además, muchas personas no entienden los efectos del STEM y sus ventajas en el contexto de las comunidades. Asocian el STEM a más trabajo, no ven en el mismo una ventaja; entendiendo que si no se implementa, no va pasar nada, y no voy a tener alguna afectación o repercusión como docente y menos cuando el STEM inicia en sexto y se repite año tras año durante el bachillerato. Con cambios muy sutiles en el manejo de competencias y valores, que influyen en el proyecto de vida de los niños, pero que solo se verían a largo plazo.

Sobre todo, porque la mayoría no entiende que, a mayor cantidad de profesionales en áreas de alto impacto, menor pobreza tendremos, mayor desarrollo, mayores oportunidades de trabajo, y entornos sociales menos violentos; al final impacta en las escuelas, haciendo los procesos más fáciles, al no tener elementos externos que los distorsionen. reduciendo el desplazamiento por trabajo o pobreza de ciertas zonas, lo que no afectaría la cobertura para mantener en funcionamiento las escuelas y colegios.

Este trabajo no es una guía única para hablar de implementación STEM en colegios, solo refleja su experiencia como caso de estudio para los interesados, presentando sus resultados y situaciones vividas, aunque es muy prematuro para hablar de influir de forma medible en el proyecto de vida, en el desarrollo de valores y competencias dentro de un aprendizaje significativo que promueva la innovación; como si

fuera un pre y un post, pues un solo año no podría tener ese efecto, pero sí es claro que el STEM, permite en la práctica tratar todos estos temas en un solo ejercicio transversal, que se podría replicar en varios años.

Declaración de conflicto de intereses

Los autores declaran no tener conflicto de intereses con respecto a la investigación, autoría o publicación de este artículo.

Financiación

Los autores no recibieron apoyo financiero para la investigación, autoría y/o publicación de este artículo.

ORCID iD

Franklin René Castro Castellanos  <https://orcid.org/0000-0002-9085-3570>

Luz Amparo Rodríguez Romero  <https://orcid.org/0000-0001-5341-8791>

Referencias

- Adell Segura, J., Llopis Nebot, M. Á., Esteve Mon, F. M., & Valdeolivas Novella, M. G. (2019). El debate sobre el pensamiento computacional en educación. *RIED. Revista Iberoamericana de Educación a Distancia*, 22(1), 171–186.
- Ausubel, D. P. (2012). *The acquisition and retention of knowledge: A cognitive view*. Springer Science & Business Media.
- Balladares Burgos, J. A., Avilés Salvador, M. R., & Pérez Narváez, H. O. (2016). Del pensamiento complejo al pensamiento computacional: retos para la educación contemporánea. *Sophía*, 2(21), 143. <https://doi.org/10.17163/soph.n21.2016.06>
- British Council. (2020). *Programación para niños y niñas*. <https://www.britishcouncil.co/instituciones/colegios/programacion-para-ninos-y-ninas>
- Bybee, R. W. (2010). What Is STEM Education? *Science*, 329(5995), 996–996. <https://doi.org/10.1126/science.1194998>
- Cabrera Delgado, J. M. (2015). *Programación informática y robótica en la enseñanza básica. Avances en supervisión educativa*.
- Castro Castellanos, F. R., & Borges de Lima, J. (2020). Del acceso a la Internet a las competencias infocomunicacionales, un comparativo de resultados estadísticos para el periodo 2015 a 2017 entre Brasil, Colombia y España. *E-Ciencias de La Información*. <https://doi.org/10.15517/eci.v10i1.39884>
- Chaves, D. M., & Palacios, F. R. (2015). Hacia la motivación de los futuros ingenieros mediante el uso adecuado de la tecnología en el aula escolar. *I Encuentro Internacional de Educación En Ingeniería ACOFI 2015*.
- Cruz Núñez, F., & Quiñones Urquijo, A. (2012). Importancia de la evaluación y autoevaluación en el rendimiento académico. *Zona Próxima: Revista Del Instituto de Estudios Superiores En Educación*, 16, 96–104.
- Cuenca, A. (2016). Desigualdad de oportunidades en Colombia: impacto del origen social sobre el desempeño académico y los ingresos de graduados universitarios. *Estudios Pedagógicos (Valdivia)*, 42(2), 69–93.
- de Graaff, E., & Kolmos, A. (2017). Características del aprendizaje basado en problemas. *Ingeniería*, 24.
- Franco Mariscal, A. (2015). Competencias científicas en la enseñanza y el aprendizaje por investigación. Un estudio de caso sobre corrosión de metales en secundaria. *Enseñanza de Las Ciencias: Revista de Investigación y Experiencias Didácticas*, 33(2), 231–252.
- García, M. A., Deco, C., & Collazos, C. A. (2016). Estrategias basadas en robótica para apoyar el pensamiento computacional. *V Workshop de Innovación En Educación En Informática (WIEI)*, 1241–1251.
- González Sandoval, L. J., & Castro Castellanos, F. R. (2021). Fortalecimiento de la competencia comunicativa escrita mediante aplicación móvil. *Entretextos*, 15(28), 72–84.

- Masapanta Carrión, S., & Velázquez Iturbide, J. A. (2017). Primeros pasos para una mejora en el uso de la taxonomía de Bloom en la enseñanza de la informática. *IE Comunicaciones: Revista Iberoamericana de Informática Educativa*, 26, 1–12.
- Moreira, M. A. (2019). Aprendizaje significativo. *Textos de Apoio Ao Professor de Física*, 30(3).
- Ordóñez Olmedo, E., & Mohedano Sánchez, I. (2019). El aprendizaje significativo como base de las metodologías innovadoras. *Hekademos: Revista Educativa Digital*, 26, 18–30.
- Restrepo, E. (2015). *Robótica e Investigación: Un medio para la innovación Experiencia de robótica educativa e Investigación en el Colegio Montessori-Medellín*.
- Toma, R. B., & Retana-Alvarado, D. A. (2021). Mejora de las concepciones de maestros en formación de la educación STEM. *Revista Iberoamericana de Educación*, 87(1), 15–33. <https://doi.org/10.35362/rie8714538>