

Britabot: experiencias con el Semillero de Robótica Educativa

Jonathan Mateo Palma Polo¹

Marlon Oweimar Coral Vargas²

Alejandra Zuleta Medina³

Cómo citar este artículo / To reference this article / Para citar este artigo: Palma-Polo, J. M., Coral-Vargas, M. O. y Zuleta-Medina, A. (2024). Britabot: Experiencias con un Semillero de Robótica Educativa. *Revista Criterios*, 31(1), 68-82. <https://doi.org/10.31948/rc.v31i1.3854>

Fecha de recepción: 21 de marzo de 2023

Fecha de revisión: 02 de junio de 2023

Fecha de aprobación: 11 de noviembre de 2023

Resumen

En este artículo, se presenta el recorrido y las experiencias vividas tras la implementación del Semillero de Robótica Educativa apoyado en Ciencia y Tecnología "Britabot" en una institución educativa privada rural de la ciudad de San Juan de Pasto. Se contó con un grupo experimental de 28 estudiantes, de los grados quinto de primaria hasta grado once de media académica, entre los 10 y 18 años de edad, y 2 profesores adscritos al Colegio Musical Británico, a quienes se aplicó una estrategia formativa para el fortalecimiento de sus habilidades y competencias, mediante el uso del enfoque STEAM a través de herramientas y elementos propios de la Robótica Educativa, que les permitieron orientar su aprendizaje por medio del constructivismo y el desarrollo de una guía curricular previamente diseñada para el cumplimiento de los objetivos del proyecto. Se usó la modalidad de investigación cualitativa, dentro de un enfoque crítico social aplicado en la investigación acción.

Palabras clave: educación; robótica educativa; semillero de investigación; competencias STEAM.



Artículo resultado de la investigación titulada: "BRITABOT": Semillero de Robótica Educativa apoyado en Ciencia y Tecnología para aportar en las habilidades de los estudiantes del Colegio Musical Británico.

¹Magíster en Educación, Universidad de Nariño; especialista en Gerencia de Proyectos, Universidad de Nariño; licenciado en Informática, Universidad de Nariño. Gestor de Proyectos Educativos, Alcaldía de Pasto, Nariño, Colombia. Correo electrónico: jonathanmateo@udenaar.edu.co

²Magíster en Educación, Universidad de Nariño; ingeniero de Sistemas, Universidad San Martín. Coordinador Pedagógico del Colegio Musical Británico, San Juan de Pasto, Nariño, Colombia. Correo electrónico: marloncoral@udenaar.edu.co

³Doctora en Ciencias de la Educación, Universidad de Nariño; magíster en Educación, Universidad de Nariño; ingeniera de Sistemas, Universidad de Nariño. Docente tiempo completo del Programa de Ingeniería de Sistemas, Universidad Mariana, San Juan de Pasto, Nariño, Colombia. Correo electrónico: alezuleta@umariana.edu.co



Britabot: experiences with the Educational Robotics Seedbed

Abstract

This article presents the journey and experiences after the implementation of the Educational Robotics Workshop supported by Science and Technology 'Britabot' in a private rural educational institution in the city of San Juan de Pasto. There was an experimental group of 28 students, from the fifth grade of elementary school to the eleventh grade of high school, between 10 and 18 years old, and two teachers assigned to the school, to whom a training strategy was applied to strengthen their skills and competencies, through the use of the STEAM approach and tools and elements of educational robotics, which allowed them to guide their learning through constructivism and the development of a curriculum guide previously designed for the fulfillment of the objectives of the project. The qualitative research modality was used within a critical social approach applied in action research.

Keywords: education; educational robotics; research seedbed; STEAM competencies.

Britabot: experiências com o Semillero de Robótica Educativa

Resumo

Este artigo apresenta a jornada e as experiências após a implementação do Núcleo de Robótica Educativa apoiada pela Ciência e Tecnologia 'Britabot' em uma instituição educacional rural privada na cidade de San Juan de Pasto. Contou-se com a participação de um grupo experimental de 28 alunos do quinto ano do ensino fundamental ao décimo primeiro ano do ensino médio, entre 10 e 18 anos de idade, e dois professores designados para a escola, aos quais foi aplicada uma estratégia de treinamento para fortalecer suas habilidades e competências, por meio do uso da abordagem STEAM e de ferramentas e elementos da robótica educacional, o que lhes permitiu orientar seu aprendizado por meio do construtivismo e do desenvolvimento de um guia curricular previamente elaborado para o cumprimento dos objetivos do projeto. A modalidade de pesquisa qualitativa foi utilizada dentro de uma abordagem social crítica aplicada na pesquisa-ação.

Palavras-chave: educação; robótica educacional; núcleo de pesquisa; competências STEAM.

Introducción

Desde la publicación del documento realizado por el Parlamento Europeo, en el cual se identificó el ámbito STEAM (Science, Technology, Engineering, Arts and Mathematics) como una de las competencias clave para la enseñanza y el aprendizaje de los ciudadanos del siglo XXI, este enfoque ha tomado relevancia en los entornos educativos, ya que permite el uso de tecnologías avanzadas en relación con la educación de tipo científico, a la vez que permite el desarrollo de un sinnúmero de competencias, entre ellas las digitales como pilar de la sociedad actual.

La robótica educativa como eje de formación de las competencias STEAM es una de las apuestas en educación que las mejores instituciones del mundo han considerado como herramienta para elevar la calidad (Romero-Rodríguez et al., 2014) y fortalecer procesos de enseñanza de habilidades inherentes al desarrollo tecnológico y otras relacionadas con áreas curriculares como la física, la matemática, el inglés, la mecánica, y otras asignaturas.

Buscar una educación integral en la que convergen la estructuración de conocimientos y el desarrollo de habilidades y competencias es una de las misiones más importantes de cualquier institución de educación básica, pues esa construcción de saberes es esencial para desempeñarse en un mundo globalizado, en un entorno competitivo donde los estudiantes deben asegurar su visión de futuro y proyecto de vida.

Desde esa necesidad y con la mirada crítica en la transformación constante de esta sociedad tecnológica, las competencias digitales cobran relevancia como un elemento dinamizador de múltiples oportunidades, por ello, desde las instituciones educativas, es importante contemplar una transformación de los procesos curriculares dentro de un marco investigativo enfocado en el desarrollo de estas competencias y saberes desde temprana edad.

Una de las apuestas es la inclusión de la robótica educativa; en ese marco de aprendizaje, las competencias STEAM potencializan los procesos de enseñanza, pues el estudio de esta ciencia aporta significativamente en la consecución de los objetivos por ser parte de una oferta educativa que genera motivación, ya que se desarrolla en una dinámica de diseño pedagógico del constructivismo, el uso

y creación de “tecnofactos” y la construcción de conocimientos en un entorno colaborativo.

Dentro de las instituciones educativas, la pandemia obligó a los docentes y discentes a ampliar su espectro de conocimientos en el ámbito de las herramientas digitales. Este proceso logró que muchos de los estudiantes se enfrentaran a retos de cara a la solución de problemas con el uso de la tecnología, mientras que, los docentes entendieron la necesidad de la actualización para poder ofertar un mejor servicio educativo orientado hacia los requerimientos de la sociedad actual, algo que ya se había propuesto en el marco de competencias de los docentes en materia de TIC (Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura [Unesco], 2023).

Esta conjugación de necesidades y oportunidades se entrelaza con los continuos avances en materia de ciencia y tecnología de los que muchos se encuentran distantes. “Según Carlota Pérez (2002), la humanidad se encuentra en un “punto de viraje” de una transformación tecnológica sin precedentes” (Carneiro, 2021, p. 15), el mundo avanza a pasos acelerados, por ende, generar las competencias y habilidades que requiere este nuevo panorama mundial, donde la ciencia y la tecnología son base para los ejercicios y desarrollos futuros, se hace una necesidad latente.

El colegio Musical Británico, así como otras instituciones, adolece de una formación integral en ciencia y tecnología, en consecuencia, debe mirar sus procesos académicos para poder escalar su educación hacia una que integre diversas competencias, y se valore la aplicación de la robótica educativa como medio de aprendizaje.

Por lo tanto, en el rezago que existe desde lo curricular y las prácticas pedagógicas, es importante buscar alternativas que dinamicen los procesos de transformación educativa, adicional a la generación de competencias informáticas en los estudiantes, pues después de haber transitado ya un camino donde llegaron a la nueva presencialidad con habilidades que como autodidactas lograron, sería un error regresar al viejo paradigma formativo en ciencia y tecnología, donde las vivencias desde la informática se reducen al aprendizaje de la ofimática y algunos programas comerciales principalmente.

En ese vaivén de ideas, surge la propuesta de implementar un semillero de investigación, el cual, desde el nivel de la educación básica colegial, puede aportar al fortalecimiento de las habilidades informáticas a partir del enfoque STEAM. Por ende, se apropió como pilar del semillero el uso de la robótica educativa como recurso valioso para fomentar nuevos aprendizajes que, ligados a una estructura curricular propia del semillero, robustezcan los conocimientos en ciencia y tecnología, aplicándolos en la solución de problemas del entorno y en el desarrollo curricular de las áreas asociadas a estos aprendizajes como inglés, matemáticas, física, entre otras. El hecho de elegir aquello que ofrece la realidad como material didáctico, lo convierte en un recurso con utilidad y aplicación transformadora en el proceso de aprendizaje.

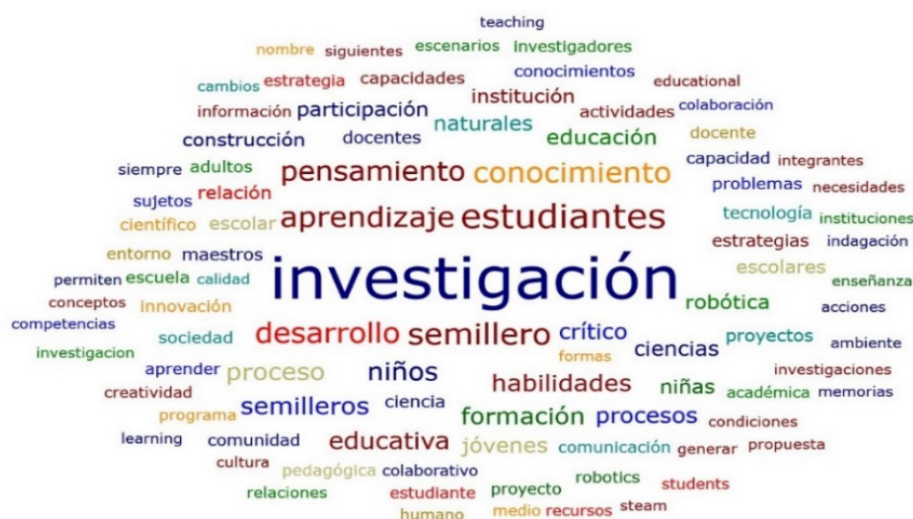
Teorías

Revisión de antecedentes

Atlas.ti ayuda a develar información con herramientas de investigación intuitivas, mediante la captación masiva de palabras, frases o fragmentos, para realizar tareas de análisis básicas hasta llegar a los límites profundos de la investigación. Tras el análisis del programa sobre la recurrencia en los conceptos contenidos en los documentos, este programa arrojó una nube de palabras iniciales, de las cuales se realizó un proceso de depuración manual con la exclusión de expresiones, conectores y otras sin valor semántico para, finalmente, dejar una construcción semántica acorde con la naturaleza de la investigación.

Figura 1

Nube de palabras generada a través de Atlas.ti



Esta nube de palabras permitió la creación de los códigos iniciales para el análisis de los documentos enfocados en semillero de investigación y robótica educativa. A continuación, se presentan los estudios más relevantes.

En el ámbito internacional, si bien la mayoría de las iniciativas en torno a la creación de semilleros se surten en las universidades, se encontró que varias de ellas orientan su accionar hacia la conformación de clubes de robótica en las escuelas secundarias o *High schools*, tal es el caso del New York Institute of Technology y el

College of Engineering & Computers Sciences, que juntos implementaron, en las secundarias de Hempstead, el "Club de Computación", donde se trabajó con ETIC Research Robot for Student Engagement & Learning Activities, un robot creado por el Ph. D. Michael Nizich y que podía ser programado remotamente por los estudiantes a través de la plataforma Zoom debido a la pandemia y con el cual, sin conocimientos previos de codificación, lograron generar habilidades en pensamiento crítico, resolución de conflictos y diseño innovador, todo a través de la metodología STEAM.

Este antecedente cobra importancia para la investigación, ya que permite comprender cómo a través de procesos de programación remota se logra trabajar con STEM (es decir, ciencia, tecnología, ingeniería y matemáticas) para generar las habilidades y competencias de esta metodología de aprendizaje.

Seguidamente, en el ámbito nacional, se encontró una experiencia pedagógica con el semillero de investigación "Innovantes Natos", apoyado en la robótica educativa del Colegio Las Américas de la ciudad de Bogotá, dirigido por Diana Noy, docente de informática, y Yesid Rodríguez, docente de diseño automatizado.

Adicional a ello, este semillero, que nació en el año 2013 como una estrategia de aprovechamiento del tiempo libre en contra jornada estudiantil y construcción de proyecto extracurricular en la aplicación de nuevas tecnologías en la educación, inició con la participación de estudiantes de grado diez y once de bachillerato, con el firme propósito de proponer soluciones tecnológicas a problemas reales de su entorno, mediante la apropiación de herramientas que los acercara a áreas de conocimiento como la electrónica, la informática, la mecánica y el diseño, todo mediado por la metodología STEAM que agrupa las áreas del núcleo común.

En el año 2019, el semillero se propuso aprender el funcionamiento básico de robots comerciales para fines de trabajo con movilidad y materiales reciclados, mientras que, en 2021, planearon la fabricación de robots que simulan las sensaciones y aspectos humanos. Este semillero ha concursado de forma continua en diferentes certámenes distritales y universitarios, siendo reconocida su labor por el Instituto para la Investigación Educativa y el desarrollo Pedagógico (IDEP).

Para este proceso de investigación, este antecedente fue vital e importante, pues su visión de vincular los procesos educativos con las soluciones a problemas del entorno, generando con ello el pensamiento crítico social reflexivo, se alineó como parte importante en el desarrollo de los objetivos planteados.

Otro antecedente importante dentro de esta línea se encontró en el Colegio Gustavo Rojas Pinilla de Bogotá D.C. con su semillero de investigación Robotic Strong, dirigido por el licenciado en Electrónica Carlos Mario Caycedo Villalobos. Este semillero inició como un proyecto de aula que buscaba

construir 3 animales y darles movimiento. Este proyecto se impulsó desde las áreas de ciencias naturales y física de grado diez (10), al cual se unió posteriormente el docente de Tecnología Informática para aportar en el tema mecánico y electrónico, de lo cual resultó la construcción de un tucán animatrónico. Con esta construcción participaron en Bogotá Robótica 2013, momento que dio forma al semillero como tal.

De igual forma, un antecedente regional es CatiNar, que brinda la oportunidad, a niños, jóvenes y adultos, de aprender el manejo de distintas herramientas como drones, impresoras 3D, realidad virtual, incluso herramientas eléctricas comunes, mediante talleres especializados que se encuentran publicados en su página web oficial y en sus redes sociales, a fin de convocar a los emprendedores digitales y demás población ávida de conocimiento en herramientas tecnológicas y digitales.

Al contar con este tipo de espacios en la localidad, se pudo fortalecer el proyecto de investigación no solo a través de la retroalimentación con los asesores de CatiNar, también, el compartimiento de experiencias basadas en el aprendizaje de herramientas tecnológicas que hacen parte del núcleo de estudios con los participantes investigadores del semillero.

Todos estos referentes trazaron una ruta importante en la categorización de una gran cantidad de documentos actuales relacionados con el proyecto de investigación Britabot: Semillero de Robótica Educativa apoyado en ciencia y tecnología, y así aportar en las habilidades de los estudiantes del Colegio Musical Británico. Esta información tomó gran relevancia gracias a su riqueza temática; además, se consideró como referente principal el software cualitativo de datos Atlas.ti.

Los semilleros como fuente de transformación educativa

Una de las estrategias innovadoras implementadas desde la etapa escolar básica para iniciar con la formación en investigación en los estudiantes son los semilleros. Estos espacios de formación aportan a la mejora de los indicadores de investigación e innovación tanto en estudiantes como en docentes, de ahí la necesidad clara de su implementación, pues además de fortalecer los procesos investigativos, se fundamentan los procesos de

enseñanza a través de la transversalidad de las áreas involucradas y la afectación de los procesos curriculares en los que se sumergen como un nuevo componente dentro de las estrategias de formación. Rodríguez et al. (2019) destaca la necesidad de la formación en investigación como parte de todo el proceso de formación de cualquier profesional, ya que solo se aprende a investigar investigando y no como parte de un curso o asignatura. En la propuesta destacan la iniciativa de semilleros de investigación como una contribución a la formación de profesionales.

Los semilleros históricamente tienen su génesis en las universidades y así se han sostenido por muchos años, pero, con el tiempo, estos procesos han migrado hacia el nivel básico, pues se comprende que los procesos investigativos deben forjar sus bases en la etapa escolar, ya que es ahí donde se fundamentan las bases del quehacer académico universitario y, más adelante, el profesional.

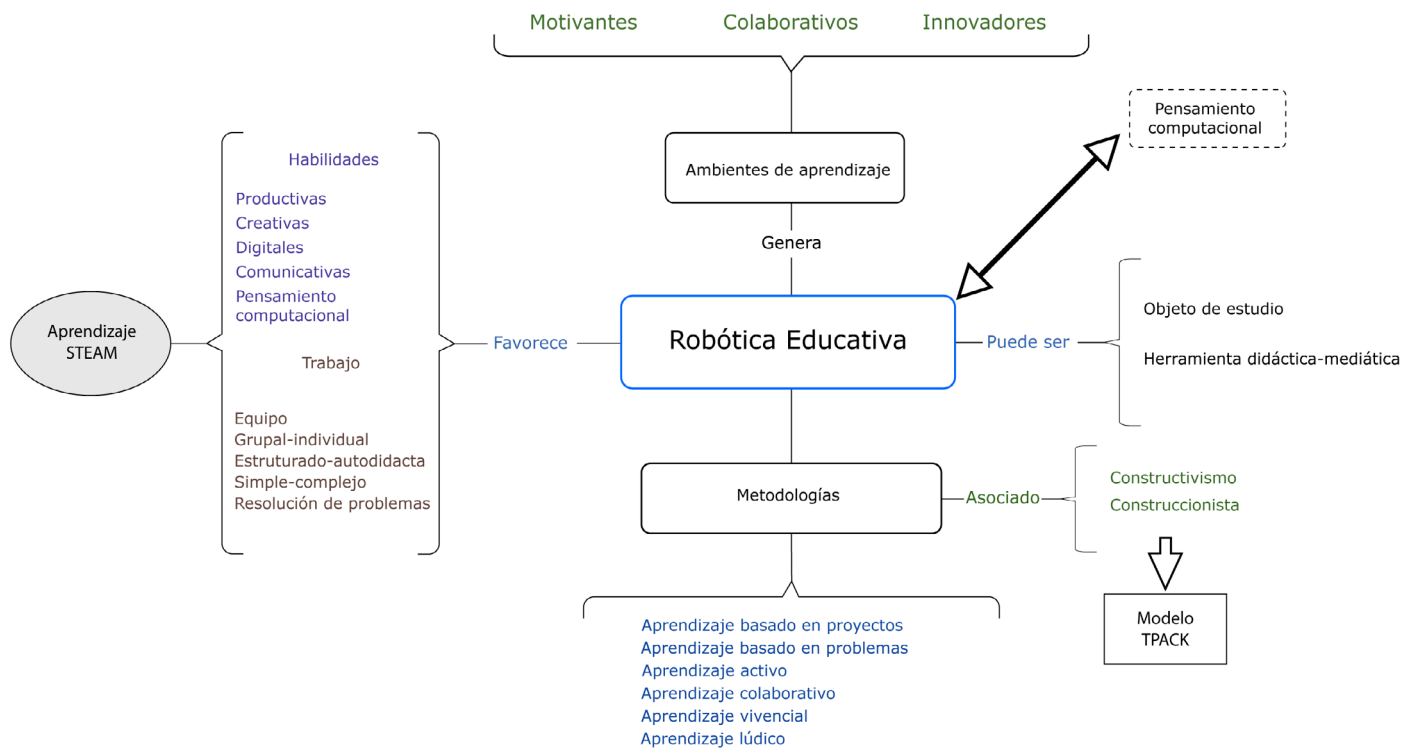
La robótica educativa

González-Fernández et al. (2021) destaca los beneficios en cuanto al desarrollo de competencias de comunicación, trabajo en equipo, creatividad y resolución de problemas. Claramente, estos se ven fortalecidos gracias al dinamismo del enfoque con el cual se aborda el proceso, pues la didáctica basada en aprendizaje basado en proyectos (ABP), en aprendizaje colaborativo, significativo y lúdico fomentan el interés y llevan al estudiante a una educación de goce y no por obligación.

El uso de las herramientas de la robótica educativa como instrumento didáctico para el aprendizaje crea una guía para la resolución de problemas del entorno con soluciones de orden multidisciplinario, que activa los procesos cognitivos y sociales relacionados con el aprendizaje significativo y que germinan en la adquisición de conocimientos de orden tecnológico y científico.

Figura 2

Metodologías de aprendizaje y su interacción con la enseñanza de la robótica educativa



Fuente: González-Fernández et al. (2021).

En la Figura 2, se puede observar que la robótica educativa crea todo un andamiaje para el aprendizaje a través de metodologías activas que permiten, al estudiante, construir habilidades y competencias mediante ejercicios propios derivados del estudio y la aplicación de nuevas tecnologías en la educación.

Metodología

La investigación se enmarca en el paradigma sociocrítico, dentro de un enfoque crítico social aplicado en la investigación acción, ya que, a través de las experiencias de aprendizaje que se obtuvieron, se fue trazando una línea de interpretación de los estados de avance de cada miembro del grupo, lo cual tiene un valor subjetivo, pues se busca llevar a cada estudiante al umbral de su propio conocimiento, lo que puede ir más allá de la propuesta curricular que se tiene como base.

Adicionalmente, el enfoque crítico social conduce al estudiante hacia el logro de una conciencia crítica y autorreflexiva, considerando su contexto inicial versus el final, y también los problemas de su entorno, a los cuales se les ha dado solución a través de los procesos investigativos.

Finalmente, la investigación acción se vuelve un aspecto clave para el éxito del proyecto de investigación, pues con ella se ataca directamente el problema, mejorando las prácticas educativas, su comprensión y la implementación de nuevas estrategias en la educación.

Otro aspecto importante dentro de la investigación fue el enfoque STEAM con el uso del trabajo por ABP, una estrategia que junto con la propuesta curricular colabora en el desarrollo de las fases del paradigma investigación acción, a partir de la metodología de Suárez (2002). Por lo tanto, dentro de la **fase inicial**, se elaboró un diagnóstico del estado del arte del trabajo de investigación a realizar dentro de la institución educativa. Después de caracterizar a los estudiantes, sus saberes, los recursos, el equipo de trabajo, entre otros, se dispuso, en la **segunda fase**, la búsqueda de la estrategia educativa que mejor se adapte a los resultados de los semilleros, considerando una serie de referentes teóricos para soportar el trabajo de aplicación de la estrategia. En la **tercera fase**, se realizó la ficha de planeación para

la implementación del Semillero de Robótica Educativa como estrategia de trabajo, donde se integró la propuesta curricular con todos los aspectos necesarios para su desarrollo. Finalmente, se realizó la puesta en marcha del trabajo grupal por sesiones, que permitió el cierre de la investigación con la evaluación de la aplicación de la estrategia formativa y el análisis cualitativo de los resultados del proceso educativo a través del software de análisis de datos Atlas.ti. También, se realizó la tabulación de los datos recogidos en las matrices de evaluación de habilidades, datos que se obtuvieron mediante el método de observación directa.

La unidad de trabajo estuvo constituida por los estudiantes del semillero de robótica. A continuación, se describen algunos aspectos que se tuvieron en cuenta para el desarrollo de la investigación:

- **Enfoque temático específico:** al incluir a los miembros del semillero de robótica, se asegura que los participantes tengan un interés y una afinidad particular por la temática de la investigación. Esto garantiza que los involucrados estén motivados y comprometidos con el objetivo del proyecto: fomento de habilidades en robótica y tecnología.
- **Relevancia para el semillero:** la investigación se alinea estrechamente con los objetivos y el enfoque del semillero de robótica. Los participantes ya están familiarizados con el contexto, los recursos y las metas del semillero, lo que facilita la implementación de las actividades de investigación y la comprensión de su importancia.
- **Aprovechamiento de recursos internos:** al utilizar a los miembros del semillero como unidad de trabajo, se aprovechan los recursos internos de la institución educativa. Esto puede incluir el conocimiento y la experiencia de los docentes y tutores del semillero, así como el acceso a las instalaciones y equipos necesarios para llevar a cabo la investigación.
- **Creación de comunidad de aprendizaje:** la inclusión de los miembros del semillero en la investigación crea una comunidad de aprendizaje activo y participativo. Los estudiantes colaboran en la investigación, comparten sus conocimientos y experiencias, y trabajan juntos para alcanzar los objetivos del proyecto.

- Desarrollo de competencias y habilidades: en la investigación, la participación brinda la oportunidad de desarrollar y aplicar competencias y habilidades en el campo de la robótica y la tecnología. A través de la práctica activa y la resolución de problemas reales, los estudiantes pueden mejorar su comprensión y destrezas en estas áreas.

Así las cosas, seleccionar a los miembros del semillero de robótica como la unidad de trabajo garantiza una mayor afinidad temática, un mayor compromiso y una mayor relevancia para el proyecto. Esto contribuye a una investigación más efectiva y a la promoción de habilidades y competencias en robótica y tecnología en los estudiantes involucrados en el semillero.

Al finalizar el ciclo de trabajo formativo con el semillero, se consideró conveniente aplicar un cuestionario dentro de una entrevista semiestructurada a algunos de los agentes involucrados en este espacio, con el fin de conocer su visión sobre los desarrollos realizados.

La entrevista estuvo constituida por un número distinto de preguntas realizadas a representantes del semillero: estudiantes, docentes semilleristas, padres de familia y el rector de la institución educativa. El número de representantes a quienes se les aplicó la entrevista se lo puede apreciar en la Tabla 1.

Tabla 1

Número de personas entrevistadas según su rol en el semillero

Categorías	N.º de representantes
Directivo docente (rector)	1
Docentes semilleristas	2
Estudiantes semilleristas	7
Padres de semilleristas	2

La importancia de conocer todos los puntos de vista permitió analizar, desde diversas perspectivas, las opiniones, sugerencias y otros aspectos sobre el trabajo del Semillero de Robótica Educativa, a fin de obtener conclusiones y recomendaciones pertinentes.

Resultados

En la búsqueda de una transformación que impacte en la educación de la comunidad educativa, se implementó, durante el año 2022, el Semillero de Robótica Educativa basado en Ciencia y Tecnología "Britabot". El nombre del semillero fue pensado en el lugar de trabajo: Colegio Musical Británico.

El proceso de selección del rango de edades obedeció a ciertas características de la población escolar y de las competencias mínimas para el ejercicio del semillero, por lo tanto, se estableció entre los 10 a los 18 años de edad; sin embargo, posteriormente se permitió la adhesión de docentes de hasta 45 años. No obstante, el principal foco para el ingreso al semillero siempre fue la motivación, pues solo se puede aprender cuando hay interés del niño y, por supuesto, del adulto.

El semillero comenzó la fase introductoria utilizando como base el plan curricular elaborado internamente, que abarca todos los aspectos fundamentales para la práctica. En este plan se incluyó temáticas, objetivos, horarios de trabajo, metodología, materiales necesarios, áreas de aprendizaje y otros elementos clave. Además, sirve como guía principal, cubriendo más del 90 % de los aspectos necesarios para dirigir el proceso de aprendizaje de los participantes del semillero.

El proceso se originó de un trabajo de investigación posgradual; se realizó dentro del paradigma cualitativo, a través de la metodología investigación acción. En el proceso, se consideraron 3 fases:

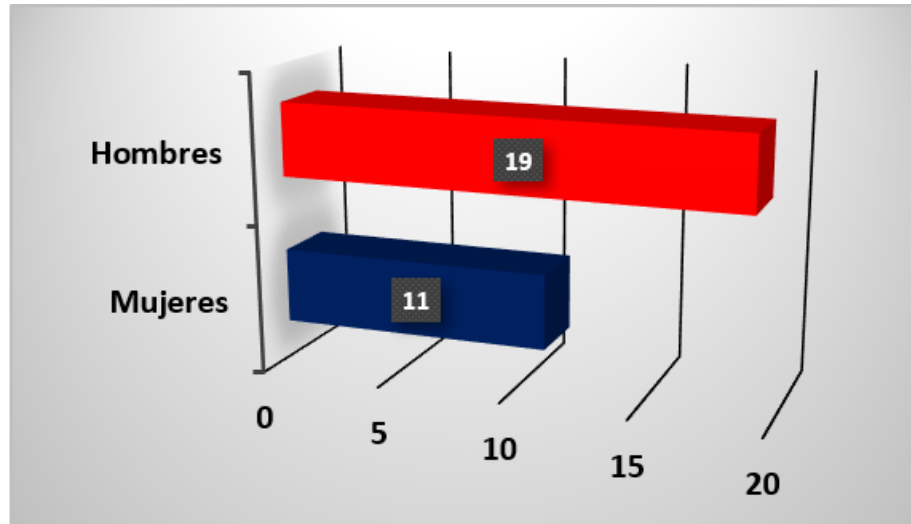
- Caracterizar a los estudiantes que hacen parte del semillero y sus habilidades previas en robótica educativa.
- Diseñar una estrategia educativa para fomentar las habilidades de los estudiantes del Colegio Musical Británico mediante un semillero de robótica educativa.
- Evaluar el impacto de la estrategia educativa diseñada para fomentar las habilidades de los estudiantes del Colegio Musical Británico mediante un semillero de robótica educativa.

En el transcurso de la fase introductoria, la caracterización de la población estudiantil permitió recoger datos sociodemográficos y saberes previos, con lo cual se logró entender

el potencial, así como las barreras sociales, económicas y de conocimientos que pudiesen tener efecto en el proceso en los semilleristas.

Figura 3

Clasificación por sexo

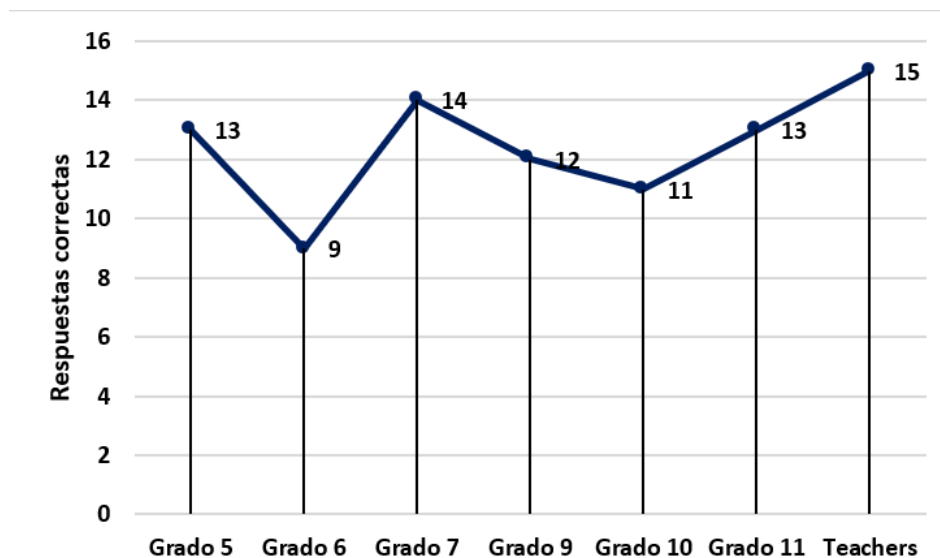


Nota. Cantidad de estudiantes semilleristas clasificados por sexo en el año lectivo 2022.

De la Figura 3 se puede concluir que, el interés marcado por el estudio de temas científicos fue predominantemente en el sexo masculino; sin embargo, ya en la práctica, se observó que las mujeres tuvieron mejores desempeños en el proceso de formación.

Figura 4

Resultados de prueba diagnóstica de conocimientos previos



De la Figura 4, se puede evidenciar, tras la aplicación de la prueba diagnóstica consistente en quince (15) preguntas de temas basados en la robótica educativa, que los resultados fueron positivos, pues solo un grupo pequeño de estudiantes se encontraba por debajo del promedio, mientras que, los demás semilleristas tenían amplios conocimientos de las bases para iniciar el proceso de aprendizaje.

Revista Criterios - vol. 31 n.º 1 Enero-Junio 2024 - pp. 68-82
 Rev. Criterios ISSN: 0121-8670, e-ISSN: 2256-1161
<https://doi.org/10.31948/rev.criterios>

La ruta STEAM

Con los indicadores anteriores y otros adicionales que se usaron para la caracterización de la población, se inició el proceso de aprendizaje con el enfoque STEAM, basado en la propuesta curricular de Robótica e Informática Educativa, creada para este fin. De esta manera, se inició con un grupo de 30 estudiantes, con una intensidad de 3 horas semanales como parte del trabajo extracurricular, es decir, fuera de su jornada habitual en el colegio. En este espacio, se trabajó temas variados que iniciaron con actividades de exploración de tipo psicomotriz, a fin de pasar rápidamente a otros ejercicios de aprendizaje sistemático y de estructuración: programación por bloques, diseño de circuitos, trabajo con Arduino, diseño e impresión 3D, entre otras.

Las actividades fueron registradas en una revista digital que se puede observar en el siguiente enlace: <http://colegiomusicalbritanico.edu.co/Britabot/mobile/index.html>

Cada sesión se desarrolló dentro del ABP para permitir el trabajo basado en objetivos de cumplimiento; en cada una se realizó una evaluación a través de una matriz que contemplaba 9 parámetros valorados según el cumplimiento de ciertas habilidades (ver Tabla 2).

Tabla 2

Tabla de habilidades de los estudiantes

Código	Nombre de la habilidad	Descripción de la habilidad
Ha. 1	Colaboración y comunicación oral	Existe comunicación directa entre los estudiantes que integran el semillero de investigación, además de la interacción con los tutores del proyecto.
Ha. 2	Colaboración en la red y trabajo colaborativo	Se realizó trabajo colaborativo mediante pequeños grupos de intervención, donde los estudiantes se reunieron e hicieron la invención de un artefacto tecnológico y la exposición de su trabajo
Ha. 3	Agilidad y capacidad de adaptación	Se evidencia el interés por hacer parte del manejo de estas temáticas basadas en ciencia y tecnología; además, su adaptación, percepciones previas y agilidad para resolver interrogantes.
Ha. 4	Seguridad en sí mismo	Se observa seguridad en la ejecución de las tareas, confiando en sí mismos para la resolución de las actividades y la participación grupal
Ha. 5	Empatía y visión global	Fue empático con sus compañeros, respetando el pensamiento y aporte de cada uno en la actividad grupal; es capaz de incluir su pensamiento y recibir el pensamiento de los demás en la realización de la actividad
Ha. 6	Autonomía y autocontrol	A partir de la concepción inicial de las actividades que desarrollaron, se observó que cumplen a cabalidad las actividades a través de sus conocimientos previos
Ha. 7	Capacidad de iniciativa	Demuestra iniciativa en la creación y desarrollo de la actividad
Ha. 8	Creatividad e imaginación	Hace uso de la creatividad e imaginación en la invención de prototipos tecnológicos
Ha. 9	Pensamiento crítico	Expone pensamiento crítico y realiza apreciaciones de las temáticas que se le brindaron

Resultados de la ruta

El desarrollo de la metodología y la propuesta pedagógica y curricular para la enseñanza de la robótica educativa permitieron el logro de los objetivos planteados.

Se consideró vital la participación autónoma en el semillero, por tanto, el interés que demostraba cada estudiante acerca de las temáticas del curso permitió no solo la aprehensión de conocimientos, sino también garantizar la asistencia regular a las sesiones.

En un año, se realizaron 27 sesiones de trabajo, de las cuales se obtuvo un porcentaje del 78 % de asistencia; durante este año, se registraron 5 deserciones forzadas, 3 de ellas por retiro de la institución educativa y 2 por situaciones personales. Asimismo, se registraron 6 deserciones por desmotivación y 6 ingresos posteriores a la fecha de inicio. Al finalizar el curso, se certificaron a 24 semilleristas que culminaron el proceso formativo del Semillero de Robótica Educativa, que representa el 80 % de los integrantes que integraron desde el principio el curso.

Tras la tabulación de la matriz de habilidades, en cumplimiento al desarrollo de todas las temáticas de la propuesta curricular de robótica e informática educativa, en la Tabla 3, se muestran los resultados.

Tabla 3

Tabla de resultados de las habilidades de los estudiantes

Meses	Promedio									Total
	Ha1	Ha2	Ha3	Ha4	Ha5	Ha6	Ha7	Ha8	Ha9	
Marzo	15,80	19,40	17,20	17,40	20,80	17,80	16,40	20,20	15,60	160,60
Abril	11,00	20,33	15,67	14,67	21,33	11,67	10,33	15,33	0,33	120,67
Mayo	18,25	20,75	14,50	12,75	21,75	11,00	10,50	14,25	14,25	138,00
Junio	17,00	19,50	17,00	14,00	23,50	13,50	12,50	13,00	19,50	149,50
Julio	11,00	15,33	14,33	8,67	19,67	15,67	13,67	15,67	13,33	127,33
Agosto	12,00	16,33	16,00	13,00	17,67	12,00	10,00	16,00	11,33	124,33
Septiembre	9,00	11,00	13,67	6,67	19,00	11,67	10,67	12,33	3,67	97,67
Octubre	12,67	15,00	14,00	13,33	20,00	17,33	13,00	18,33	12,33	136,00
Noviembre	17,00	6,00	22,00	13,00	23,00	22,00	12,00	13,00	17,00	145,00
Prom	13,75	15,96	16,04	12,61	20,75	14,74	12,12	15,35	11,93	133,23

En la Tabla 3, se especifica el promedio de los 24 estudiantes en relación al total de las habilidades desarrolladas durante cada mes. Estos resultados permiten plantear las siguientes conclusiones:

- Las habilidades que más se desarrollaron tras el proceso de semillero fueron la empatía, la visión global, la agilidad, la capacidad de adaptación, la colaboración en la red, el trabajo colaborativo y la creatividad e imaginación.
- Durante el primer trimestre, los resultados, en general, fueron mayores que los demás. Esto se debe a que las temáticas iniciales basadas en contenidos más prácticos de tipo manual fueron los que mejor se recibieron por parte de los estudiantes; mientras que, en los demás trimestres, los procesos de programación, diseño de circuitos y "tecnofactos" requerían habilidades más específicas como lógica, pensamiento computacional y otras que se fueron desarrollando de manera más lenta.
- Se concluye que en este primer ciclo de principiantes se logró desarrollar el 62 % de las habilidades de la matriz en los semilleristas que finalizaron el curso.

- Tras la formación con el diseño curricular planteado, se observa que la temática de introducción a los sensores y programación de Arduino fueron los temas que más dificultad presentaron para los estudiantes, lo cual se ve reflejado en el mes de septiembre con la menor puntuación a nivel de valoración de la matriz de cumplimiento de habilidades.

Uno de los objetivos planteados desde el inicio fue participar en eventos para dinamizar el semillero y sus resultados, por ende, en el mes de agosto, se realizó la inscripción al Torneo Nacional Ruta STEM 2022 del Ministerio de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones de Colombia –MinTIC– para la postulación de proyectos educativos enfocados en la metodología STEM.

Tras la valoración del proyecto, se pasó a la fase departamental entre 5 finalistas, en la cual, el semillero quedó como representante del departamento en el torneo. Ya en la fase nacional, se logró clasificar entre los 20 mejores de 312 propuestas. En la capital del país, se realizó la presentación del semillero y un poco del trabajo ejecutado, así: se presentó 3 proyectos de Arduino por parte de 2 estudiantes ponentes y 1 tutor del semillero, proyectos que valieron para ser seleccionados como uno de los 12 mejores del país, generando varios reconocimientos y premios por el trabajo realizado con robótica educativa.

Publicaciones del semillero

Si desea acceder a todo el contenido de la revista digital, se invita a consultar el siguiente enlace: <http://colegiomusicalbritanico.edu.co/Britabot/mobile/index.html>

Asimismo, en dicha página web, se encuentra un espacio dedicado exclusivamente al semillero, como uno de los proyectos extracurriculares de aprovechamiento del tiempo libre de la institución educativa, pues, si bien se ha gestado por el ánimo de los tutores, sin el colegio y su apoyo no habría sido posible. Se invita a conocer este espacio en el siguiente enlace: <http://colegiomusicalbritanico.edu.co/semillero22.html>

El sentimiento de orgullo tras representar a esta región en un evento nacional y poder traer este reconocimiento que postula a Nariño como un territorio donde se construyen espacios de aprendizaje de avanzada en ciencia y tecnología fue reconocido por medios de comunicación

como el programa “Vive la Mañana” y el canal CNC (canal regional), donde el semillero fue invitado especial para compartir un poco de su trabajo, la convocatoria de MinTIC y los logros alcanzados.

Gracias al reconocimiento nacional que obtuvo el proyecto, medios como Página 10, con más de 60.000 seguidores, publicaron el logro del semillero como una de las noticias para destacar. La publicación se encuentra en el siguiente enlace: <https://pagina10.com/web/semillero-de-robotica-del-colegio-musical-britanico-de-pasto-gano-reconocimiento-nacional/>

Finalmente, este logro también invitó a realizar una publicación multimedia para la comunidad de la institución educativa y público en general, la cual se subió a YouTube como parte del repositorio de este proyecto. Se puede acceder a esta publicación a través del siguiente enlace: <https://youtu.be/DT8LIZvCWgI>

Discusión

Existen diversas opiniones y estudios positivos sobre la efectividad del enfoque STEAM como metodología aplicada en estudiantes de educación básica y media que asumen que el estudio interdisciplinario en conexión con la aplicación al mundo real provee diversas fortalezas al enfoque, las cuales distan del uso de las técnicas tradicionales de educación y aprendizaje. Estas afirmaciones también se encuentran en el estudio realizado por Li et al. (2020), quienes encontraron que los estudiantes que trabajaron metodología STEAM tenían mejor apropiación de conceptos, capacidad de aplicación de aprendizajes e interés en las áreas involucradas. Este estudio es coherente con el resultado de la presente investigación, ya que se evidenció un incremento en el desarrollo de las habilidades del enfoque STEAM como efecto de la aplicación de esta metodología, habilidades como el pensamiento computacional, trabajo en equipo, creatividad e innovación, entre otras.

Estas habilidades y otras desarrolladas en Britabot se encontraron en otras investigaciones que usaron este enfoque, una de ellas la del New York Institute of Technology y el College of Engineering & Computers Sciences con la implementación de los clubes de robótica en las secundarias de Hempstead, quienes trabajaron con ETIC Research Robot for Student Engagement & Learning Activities,

un robot creado por el Ph. D. Michael Nizich y que podía ser programado remotamente por los estudiantes a través de la plataforma Zoom, a pesar de la pandemia y sin contar con conocimientos previos de codificación, lograron generar habilidades en pensamiento crítico, resolución de conflictos y diseño innovador, todo a través de la metodología STEAM.

En otra investigación, la de semillero "Innovantes Natos" del Colegio Las Américas en la ciudad de Bogotá, los investigadores aplicaron este enfoque para las soluciones de problemas del entorno con el uso de tecnología a través de la mecánica, la informática, la electrónica y el diseño, todo mediado por STEAM, que les ha valido posiciones de honor ante el Instituto para la Investigación Educativa y el Desarrollo Pedagógico), demostrando que la correcta incorporación de este enfoque sí permite llegar a resultados visibles, tales como los encontrados en la presente investigación.

El resultado de la aplicación del enfoque STEAM en Britabot llevó al semillero a participar en el Torneo STEAM 2022 del MinTIC, torneo que busca proyectos con la incorporación de ciencia, tecnología, ingeniería, arte y matemáticas. En este espacio, la propuesta y el trabajo del semillero lo ubicaron como uno de los 12 mejores proyectos de Colombia.

Estos resultados en aprendizaje se alinean con los propósitos del MinTIC y el Ministerio de Educación Nacional (MEN), o sea, procurar contribuir al desarrollo habilidades del siglo XXI, tales como el pensamiento crítico y computacional, la creatividad y la resolución de problemas a través del uso y apropiación de ciencia y tecnología. Para avanzar en ese propósito, se buscó la conformación de un banco de docentes elegibles del sector oficial y privado, con el fin de capacitarlos en el enfoque educativo STEAM y así vincularlos en la transformación de la praxis educativa mediante la aplicación de nuevas metodologías.

La estrategia del MinTIC y el MEN concuerda con lo mencionado por LaCosse et al. (2021), quienes encontraron que la efectividad del enfoque STEM depende, en gran medida, de la capacidad del profesorado para integrar las disciplinas STEM de manera efectiva en el aula y de la habilidad de los estudiantes para transferir lo aprendido a nuevas situaciones.

En resumen, si bien existen diversas evidencias y estudios de la efectividad y fortalezas del enfoque STEAM como metodología activa en la

generación de nuevos aprendizajes aplicados al contexto, tal efectividad solo es posible si existen docentes capacitados y motivados por un cambio de paradigma educativo, y que, además, promuevan una formación adaptada a las actuales necesidades de aprendizaje de los estudiantes.

Conclusiones

Después de realizar un sondeo con la aplicación de fichas de caracterización a la población objeto de estudio, los semilleristas pertenecientes a los estratos socioeconómicos 1, 2 y 3, catalogados como bajo, medio-bajo y medio, respectivamente, presentaron conocimientos previos sobre las temáticas de robótica educativa, tecnología e innovación, lo cual sugiere que su nivel de percepción y apropiación sobre las temáticas fueron de acceso previo. No obstante, también se evidenció que los estudiantes con menos recursos se les dificulta acceder a contenidos de orden tecnológico de avanzada, por lo cual, se elimina un posible sesgo ideológico frente a los estudiantes con mejores recursos y posibilidades.

El proyecto tuvo como objetivo potencializar las habilidades de los estudiantes integrantes del semillero a través del uso de la robótica educativa. Este objetivo se logró gracias a la incorporación del Semillero de Robótica Educativa basado en Ciencia y Tecnología; además, estos espacios de creación y modelado de conocimientos permitieron mejorar las competencias y habilidades lideradas por las metodologías activas.

En la conformación del semillero se incluyeron tres docentes de la Institución Educativa como participantes en el proceso formativo de este estudio, quienes usaron este espacio para la actualización y transformación de sus currículos académicos dentro del aula de clase. Los resultados de las encuestas aplicadas a los docentes revelaron que el proceso de enseñanza-aprendizaje del semillero sí generó cambios en la praxis educativa, dejando un marcado interés y motivación por incluir temáticas y prácticas de orden tecnológico, así como la incorporación de nuevas estrategias pedagógicas basadas en las metodologías activas.

Tras el análisis de las matrices de evaluación en paralelo con las actividades desarrolladas, se

evidenció que la robótica educativa como eje de formación a partir del uso de las competencias STEAM consiguió incorporar temáticas de áreas académicas como ciencias, matemáticas y tecnología, áreas incluidas en los proyectos desarrollados como parte de la guía curricular planteada; el uso y aplicación de contenidos de orden multidisciplinario permitió a los estudiantes del semillero mejorar sus niveles académicos en las clases regulares, gracias a los incentivos y la exposición de conocimientos durante el semillero. También, se tuvo en cuenta la aplicación de los aprendizajes y competencias de los estudiantes, visibles en proyectos de ciencias en la institución, lo expuesto prueba que el proceso de formación en robótica educativa impactó positivamente en la academia de los participantes del proyecto en las diferentes áreas involucradas en el trabajo.

Asimismo, el trabajo demostró, tras el análisis de las matrices de evaluación de habilidades y valoración de productos entregables, que el estudiante semillerista logró construir su aprendizaje mediado por nociones básicas de temáticas asociadas a la robótica educativa, adoptando el enfoque pedagógico del constructivismo a través del trabajo en equipo, interacción social y la comunicación asertiva para enfrentar cada uno de los retos educativos propuestos en el semillero.

Los resultados del semillero en materia de productos entregables y competencias generadas evidenciaron que la aplicación de la estrategia educativa: guía curricular, previamente diseñada, fue efectiva en el desarrollo de las sesiones de clase gracias a la organización de los temas, objetivos, recursos físicos, metodológicos, tiempo de ejecución y aprendizajes esperados.

Los datos que arrojó este proceso investigativo fueron fundamentales para concluir que las competencias STEAM permiten desarrollar dimensiones propias de este enfoque como la obtención y tratamiento de la información, el pensamiento computacional, el pensamiento lógico, el pensamiento sistémico y el proceso de resolución de problemas desarrollados mediante aplicativos como Scratch, MBlock, MBot Simulator, TinkerCad y la plataforma de Arduino, a través de diversos lenguajes de programación.

Tras el desarrollo de la guía curricular planteada dentro del enfoque STEAM y la participación en el Ruta STEM 2022, se encontró que el

esquema de conocimientos aplicados en el torneo permitió obtener reconocimiento regional y nacional al Semillero de Robótica Educativa apoyado en Ciencia y Tecnología "Britabot", ya que fue seleccionado como uno de los 12 mejores proyectos del país, gracias al fomento de las habilidades del siglo XXI en su quehacer formativo.

La creación y publicación de la revista digital alojada en la página web institucional como estrategia de socialización de la propuesta educativa generó una mayor difusión de las prácticas, logros y reconocimientos del Semillero de Robótica Educativa y representó una mayor acogida para el año 2023 en el inicio de una nueva etapa con el semillero, demostrando que la exposición de las actividades y méritos de este espacio de aprendizajes fueron de interés para la comunidad educativa interna y externa.

Tras la finalización del ciclo de trabajo, se pudo observar, en varios estudiantes, la motivación e interés por continuar como opción profesional con estudios de orden tecnológico, dejando como muestra de ello la elección de Ingeniería Electrónica por parte de un semillerista de grado once; la adquisición de un kit de programación por parte de un estudiante de grado quinto, y el interés por la programación por parte de un estudiante de grado sexto, que como parte del grupo muestral son representaciones visibles de los alcances del estudio y de la efectividad de la propuesta formativa del semillero.

Se puede concluir que el uso del constructivismo como parte de las metodologías activas de aprendizaje usadas en este proyecto permite a los estudiantes acceder al conocimiento de una manera dinámica y motivadora promoviendo mejores actitudes y desempeños.

Recomendaciones

Después de la conformación del equipo de trabajo del Semillero de Robótica Educativa apoyado en Ciencia y Tecnología, su trabajo y reconocimientos, padres de familia, directivas de la institución y estudiantes solicitaron continuar con este proceso formativo durante el próximo año escolar.

Incluir en el presupuesto de la institución educativa la compra de materiales y dispositivos electrónicos, digitales e inteligentes para el futuro desarrollo de las prácticas del Semillero de Robótica Educativa.

Buscar convenios con entidades públicas y privadas que fomenten el trabajo con robótica educativa y la aplicación de ciencia y tecnología para el desarrollo de proyectos de ciencia, tecnología e innovación.

Invitar a la totalidad de la planta docente del Colegio Musical Británico para hacer parte del Semillero de Robótica Educativa para lograr la aprehensión de nuevos conocimientos en temáticas relacionadas con robótica educativa y generar nuevas prácticas educativas y transformación de sus currículos académicos.

Continuar en la búsqueda de convocatorias de formación y competencias en robótica educativa por parte de entidades gubernamentales o privadas para que los semilleros afiancen sus conocimientos y puedan obtener recursos tecnológicos para el trabajo al interior del Colegio Musical Británico.

Buscar la vinculación del Semillero de Robótica Educativa apoyado en Ciencia y Tecnología en la Fundación Red Colombiana de Semilleros de Investigación (RedCOLSI).

Conflicto de interés

Los autores de este artículo declaran no tener ningún tipo de conflicto de intereses; tampoco tuvieron algún tipo de financiación sobre el trabajo presentado.

Referencias

- Carneiro, R. (2021). Las TIC y los nuevos paradigmas educativos: la transformación de la escuela en una sociedad que se transforma. En R. Carneiro, J. Toscano y T. Díaz (coord.), *Los desafíos de las TIC para el cambio educativo* (pp. 15-27). Fundación Santillana.
- González-Fernández, M., González-Flores, Y. y Muñoz-López, C. (2021). Panorama de la robótica educativa a favor del aprendizaje. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 18(2), 2301. https://doi.org/10.25267/Rev_Eureka_ensen_divulg_cienc.2021.v18.i2.2301

LaCosse, J., Murphy, M. C., García, J. A., & Zirkel, S. (2021). The role of STEM professors' mindset beliefs on students' anticipated psychological experiences and course interest. *Journal of Educational Psychology*, 113(5), 949-971. <https://doi.org/10.1037/edu0000620>

Li, Y., Wang, K., Xiao, Y., & Froyd, J. (2020). Research and trends in STEM education: a systematic review of journal publications. *International Journal of STEM Education*, 7(11), 1-16. <https://doi.org/10.1186/s40594-020-00207-6>

Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (Unesco). (2023). *Directrices para la formulación de políticas y planes maestros de TIC en educación*. Unesco. <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000385091>

Rodríguez, M., Alcázar, O. y Gil, S. (2019). Efectos de la aplicación de una estrategia pedagógica semilleros de investigadores en el desarrollo de las competencias investigativas en alumnos pregrado de una universidad peruana. En T. Sola, M. García, A. Fuentes, A. Rodríguez y J. Belmonte (coord.), *Innovación educativa en la sociedad digital* (pp. 55-65). Dykinson.

Romero-Rodríguez, J., De la Cruz-Campos, J., Ramos-Navas, M. y Martínez-Domingo, J. (2014). Robótica educativa para el desarrollo de la competencia STEM en maestras en formación. *Bordón. Revista de Pedagogía*, 75(4), 75-92. <https://doi.org/10.13042/Bordon.2023.97174>

Suárez, M. (2002). Algunas reflexiones sobre la investigación-acción colaborada en la educación. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, 1(1), 40-56. <https://repositorio.minedu.gob.pe/handle/20.500.12799/1835>

Contribución

Todos los autores participaron en la elaboración del manuscrito, lo leyeron y aprobaron.