

Artículo de investigación

Cómo citar: Molano, W. F. (2024). Desarrollo de pensamiento computacional en los estudiantes de educación media utilizando la programación de robots. PRA, 24(37), 186-210. <https://doi.org/10.26620/uniminuto.praxis.24.37.2024.186-210>

ISSN: 0124-1494

eISSN: 2590-8200

Editorial: Corporación Universitaria Minuto de Dios - UNIMINUTO

Recibido: 28 noviembre 2023

Aceptado: 8 mayo 2024

Publicado: 20 diciembre 2024

Conflicto de intereses: los autores han declarado que no existen intereses en competencia.

Desarrollo de pensamiento computacional en los estudiantes de educación media utilizando la programación de robots

Development of computational thinking in middle school students using robot programming

Desenvolvimento do pensamento computacional em alunos do ensino médio utilizando programação de robôs

Resumen

Este estudio da a conocer las percepciones iniciales de los estudiantes de secundaria sobre el pensamiento computacional y cómo, al implementar una unidad didáctica basada en programación de robots, se fortalece el crecimiento en esta habilidad del siglo XXI. El estudio se realizó empleando robots Mbot, producidos por la compañía Makeblock, los cuales facilitan una interacción práctica relacionada con la tecnología. Mediante el enfoque del aprendizaje significativo, se buscó que los estudiantes relacionaran los nuevos saberes con experiencias y conocimientos previos; para ello, se creó un ambiente de aprendizaje experiencial. La implementación consistía en la elaboración de un laberinto modular cuya estructura se modificaba en periodos determinados, lo que motivó a los estudiantes a emplear tácticas de solución de problemas y modificar sus técnicas de control sobre los robots. Los hallazgos indican que, antes de la unidad didáctica, había percepciones incorrectas y restringidas acerca del pensamiento computacional entre los estudiantes. No obstante, después de la implementación, se registró un incremento notable del 70 % en el aprendizaje de las competencias de pensamiento computacional, lo que incluyó un aumento en la confianza y efectividad del estudiante ante problemas tecnológicos y algorítmicos. Estos descubrimientos corroboran que la programación de robots no solo potencia las capacidades técnicas, sino que también fomenta habilidades

Wilson Ferney Molano García

Servicio Nacional de Aprendizaje - SENA
wmolano036@gmail.com
<https://orcid.org/0000-0002-4025-0624>
Colombia



fundamentales como la solución de problemas y el razonamiento crítico, subrayando la relevancia de impulsar estos saberes en la educación para el crecimiento de habilidades en una sociedad cada vez más digital.

Palabras clave: abstracción, educación, inclusión de género, pensamiento algorítmico, pensamiento computacional, recursividad, robótica.

Abstract

This study reveals the initial perceptions of high school students about computational thinking and how implementing a teaching unit based on robot programming strengthens growth in this 21st century skill. The study was carried out using Mbot robots, produced by the company Makeblock, which facilitate practical interaction related to technology. Through the meaningful learning approach, students were sought to relate new knowledge with previous experiences and knowledge, for this purpose, creating an experiential learning environment. The implementation consisted of the development of a modular maze whose structure was modified at certain periods, which motivated the students to use problem-solving tactics and modify their techniques to control the robots. The findings indicate that, before the teaching unit, there were incorrect and restricted perceptions about computational thinking among students. However, after implementation, there was a notable 70 % increase in learning computational thinking skills, which included an increase in student confidence and effectiveness when faced with technological and algorithmic problems. These discoveries corroborate that robot programming not only enhances technical capabilities, but also promotes fundamental skills such as problem solving and critical reasoning, underlining the relevance of promoting this knowledge in education for the growth of skills in an increasingly society. ever more digital.

Keywords: abstraction, algorithmic thinking, computational thinking, education, gender inclusion, robotics, recursive.

Resumo

Este estudo revela as percepções iniciais de estudantes do ensino médio sobre o pensamento computacional e como a implementação de uma unidade de ensino baseada na programação de robôs fortalece o crescimento desta habilidade do século XXI. O estudo foi realizado utilizando robôs Mbot, produzidos pela empresa Makeblock, que facilitam a interação prática relacionada à tecnologia. Por meio da abordagem de aprendizagem significativa, buscou-se que os alunos relacionassem novos conhecimentos com experiências e conhecimentos anteriores, criando um ambiente de aprendizagem experiencial. A implementação consistiu no desenvolvimento de um labirinto modular cuja estrutura foi modificada em determinados períodos, o que motivou os alunos a utilizarem táticas de resolução de problemas e modificarem suas técnicas de controle dos robôs. Os achados indicam que, antes da unidade de ensino, havia percepções incorretas e restritas sobre o pensamento computacional entre os alunos. No entanto, após a implementação, houve um aumento notável de 70% nas competências

de pensamento computacional, o que incluiu um aumento na confiança e eficácia quando confrontados com problemas tecnológicos e algorítmicos. Estas descobertas corroboram que a programação de robôs não só melhora as capacidades técnicas, mas também promove competências fundamentais como a resolução de problemas e o raciocínio crítico, sublinhando a relevância da promoção deste conhecimento na educação para o crescimento de competências numa sociedade cada vez mais digital.

Palavras-chave: abstração, educação, inclusão de gênero, pensamento algorítmico, pensamento computacional, recursão, robótica.

Introducción y antecedentes

Introducción

En la actualidad, la tecnología se encuentra involucrada en todos los aspectos de la vida cotidiana, lo que hace que sea esencial comprender y abordar problemas tanto digitales como reales. El desarrollo del pensamiento computacional desde las etapas formativas se vuelve cada vez más necesario, y es en este contexto en el que surge la investigación que aquí se presenta. El planteamiento del problema se basa en la relación existente entre la programación de computadoras y la robótica como herramienta didáctica que permita desarrollar el pensamiento computacional en los estudiantes de educación media.

La Tecnoacademia del Oriente Antioqueño (TOA), adscrita al Servicio Nacional de Aprendizaje - SENA), brinda a los estudiantes no solo herramientas y máquinas para el desarrollo de habilidades robóticas, sino también materiales electrónicos, mecánicos y de programación que les permiten aplicar los conceptos teóricos en la creación de prototipos propios. La pregunta principal de esta investigación es: ¿de qué manera se puede desarrollar el pensamiento computacional en los estudiantes de educación media a partir de la implementación de una unidad didáctica que se fundamenta en la programación de robots?

La necesidad de desarrollar habilidades como la creatividad, el pensamiento crítico y la resolución de problemas complejos es parte de la justificación para este estudio. La investigación se centró en utilizar materiales didácticos en relación con la robótica educativa para enriquecer experiencias académicas que fortalezcan el pensamiento computacional, mediante la implementación de conocimientos previos en temas específicos como operadores mecánicos, estructuras poligonales y tarjetas electrónicas, utilizando una unidad didáctica.

Esta investigación buscó que los estudiantes no solo adquirieran habilidades de pensamiento computacional, sino que también desarrollen su interés por mejorar sus habilidades de programación y resolución de problemas, utilizando la tecnología como una herramienta poderosa. La investigación se centra en una unidad didáctica que, además de cumplir con los componentes educativos propuestos por el Ministerio de Educación Nacional (MEN), se configura como un valioso

material educativo y una estrategia para mejorar la enseñanza en áreas clave de la educación media, especialmente tecnología e informática.

La relevancia que tiene el pensamiento computacional en la sociedad contemporánea ha impulsado la búsqueda de métodos pedagógicos eficaces para su desarrollo en estudiantes de todas las edades. En este marco, el objetivo de esta investigación fue, en primer lugar, describir los conocimientos previos de los alumnos acerca de este concepto esencial. Luego, se creó una unidad didáctica fundamentada en la programación de robots, un recurso didáctico sumamente estimulante que facilita el desarrollo de habilidades de computación de forma palpable y relevante. La meta principal consistió en valorar el efecto de esta propuesta en el avance del pensamiento computacional de los estudiantes, favoreciendo de esta manera la creación de saberes sobre métodos pedagógicos innovadores en el área de la educación en tecnología e informática.

Antecedentes

En el siglo XXI, el pensamiento computacional se convierte en una habilidad crítica en muchas áreas, desde la educación hasta la resolución de problemas en entornos industriales y sociales (Ortega Ruipérez y Asensio Brouard, 2018). La creciente demanda de profesionales tecnológicos destaca la importancia de desarrollar estas habilidades desde las etapas iniciales de formación. Los robots educativos están siendo utilizados como herramientas educativas útiles que permiten a los estudiantes practicar el pensamiento computacional. Sin embargo, a pesar de que la programación en aulas es muy popular en todo el mundo, no hay consenso sobre las didácticas que se utilizan y las formas en que se puede intervenir y evaluar estos procedimientos.

El Ministerio de Educación Nacional (2022) proporciona rutas curriculares para el área de tecnología e informática en la educación básica y media. Estas directrices brindan orientación para el desarrollo de competencias tecnológicas, pero no se enfocan en el desarrollo del pensamiento lógico-matemático. Investigaciones anteriores, como la de Román González (2016), han señalado que el desarrollo del pensamiento computacional se ve obstaculizado por la falta de habilidades matemáticas. La falta de herramientas y estrategias educativas adecuadas en las escuelas primarias y secundarias ha limitado la capacidad de los estudiantes para comprender y resolver

problemas complejos que requieren un enfoque lógico y una comprensión profunda del uso de la tecnología.

Además, a medida que los estudiantes se involucran cada vez más en un mundo tecnológico, dominado por algoritmos e inteligencia artificial, surgen nuevas dificultades. Se cree que la programación, en particular, la programación de robots educativos puede ayudar a los estudiantes a desarrollar el pensamiento computacional y contrarrestar la pérdida de conexión entre sus propias experiencias y conocimientos.

Justificación

Hay que reconocer que la tecnología es una parte importante de la vida diaria y tiene un gran impacto en la sociedad actual, lo cual justifica esta investigación. Afrontar los desafíos de un mundo digital y real en constante evolución requiere el desarrollo del pensamiento computacional. Conceptos como abstracción, descomposición de problemas, identificación de patrones y creación de algoritmos facilitan el proceso de análisis y resolución de problemas, y mejoran las habilidades técnicas; así como la creatividad, el pensamiento crítico y la capacidad de abordar problemas complejos.

En la TOA se vislumbran espacios tecnológicos cruciales para mejorar las capacidades y los procesos educativos, particularmente en los laboratorios de electrónica y robótica. La experimentación con la programación y la implementación de algoritmos en robots para solucionar problemas se convierten en vehículos para el desarrollo del pensamiento computacional.

Se destaca la importancia del modelo constructivista en el contexto del aprendizaje, donde los estudiantes pueden mejorar sus habilidades de razonamiento lógico-matemático programando robots como herramientas que mejoran el pensamiento algorítmico. La investigación se enfocó en una unidad didáctica que, al articularse como material educativo, puede cumplir con los componentes educativos propuestos por el MEN y servir como apoyo para los docentes. El trabajo en equipo, la colaboración y la comunicación asertiva se convierten en elementos clave de esta propuesta educativa.

La investigación no solo tuvo como objetivo mejorar las habilidades de pensamiento computacional de los estudiantes, sino también fomentar su interés en mejorar su razonamiento para resolver problemas y, a su vez, la adquisición de conocimientos

a través del uso de la tecnología. Se espera que la calidad de la educación media en Colombia sea mejorada mediante el uso de métodos de enseñanza-aprendizaje que fortalezcan las habilidades de programación algorítmica y pensamiento computacional en los estudiantes.

Finalmente, la investigación buscó desarrollar el pensamiento computacional a través de la programación de robots educativos, presentándolos como una herramienta que puede mejorar la calidad general de la educación media en Colombia. Esta propuesta no solo busca transformar el aprendizaje al inculcar habilidades de programación algorítmica y pensamiento computacional en los estudiantes, sino también contribuir a la formación de individuos capaces de enfrentar los desafíos de la sociedad actual con soluciones innovadoras y tecnológicas.

Contexto y población

La educación STEAM (educación en Ciencia, Tecnología, Ingeniería, Matemáticas y Artes, del inglés *Science, Technology, Engineering, Arts and Mathematics*) se ha convertido en la prioridad del gobierno colombiano para formar jóvenes innovadores. En Colombia, surge la propuesta educativa denominada Tecnoacademia del SENA. Este programa es crucial para mejorar las habilidades técnicas y científicas de los estudiantes y prepararlos para los desafíos del entorno laboral contemporáneo en líneas tecnológicas emergentes.

La Tecnoacademia del SENA se presenta como un programa gubernamental que va más allá de la educación tradicional, ofreciendo a los estudiantes ambientes de aprendizaje especiales que les permiten explorar y experimentar con tecnologías de vanguardia, como la robótica, a través de talleres lúdicos, proyectos prácticos y laboratorios (Botero, 2018). Estos espacios fomentan el trabajo en equipo, el pensamiento crítico y el pensamiento computacional, lo que contribuye al crecimiento integral de los participantes.

Esta investigación se implementó en la Tecnoacademia del Oriente Antioqueño, ubicada en Marinilla, Antioquia (Colombia). Este lugar cuenta con cuatro áreas de formación, una de ellas es Electrónica y robótica. El laboratorio está adecuado con tecnologías de última generación, como equipos LEGO (empresa de Dinamarca que fabrica piezas de ensamble y tienen una división de robótica educativa) y Makeblock (empresa china

que construye kits robóticos para educar), con el fin de que los estudiantes desarrollen habilidades en tecnologías emergentes e industria 4.0. Los estudiantes pueden trabajar con prototipos estandarizados y crear modelos innovadores, utilizando herramientas como impresoras 3D, cortadoras láser, maquinaria de mecanizado y corte mecánico, así como materiales electrónicos y tarjetas embebidas.

En Tecnoacademia, los estudiantes pueden aprender lógica aritmética, pensamiento crítico y computación, programando robots didácticos en varios lenguajes, como Scratch (lenguaje de programación gratuito y una comunidad en línea donde puedes crear tus propias historias, juegos y animaciones interactivas), Mblock (lenguaje de programación orientado a objetos creado por la empresa Makeblock) y la plataforma de programación LEGO. El método va más allá de modificar las tecnologías existentes y se enfoca en la creación de soluciones innovadoras mediante el uso de maquinaria sofisticada y la combinación de varias disciplinas tecnológicas.

Unidad de trabajo

Este estudio se realizó con un grupo de 90 estudiantes de décimo grado del Colegio María Auxiliadora, situado en el municipio de El Santuario, Antioquia (Colombia). El grupo bajo análisis estaba registrado en el programa de formación de Tecnoacademia, ficha 2752199, concretamente en el módulo de elaboración de proyectos de investigación formativa (código 12210005) proporcionado por el Servicio Nacional de Aprendizaje (SENA). Es relevante resaltar que el grupo de estudio estuvo formado por 58 mujeres y 32 hombres, lo que facilitó el análisis de las posibles variaciones en los resultados alcanzados entre ambos géneros.

Consideraciones éticas

La investigación involucró a estudiantes con edades entre los 13 y 15 años que asisten al colegio María Auxiliadora en El Santuario, Antioquia. La institución establece un consentimiento informado en este contexto, lo que permite la utilización de imágenes de los estudiantes y su participación en eventos y otras actividades relacionadas con los proyectos de investigación e innovación.

Las consideraciones éticas para este trabajo de investigación fueron cruciales, especialmente, cuando se trata de participantes

menores de edad. El consentimiento informado es esencial para proteger los derechos de los estudiantes, protegiendo su autonomía y dignidad. Los estudiantes y sus padres o tutores legales reciben toda la información necesaria para tomar decisiones informadas, puesto que este proceso se lleva a cabo de manera clara y transparente. Para garantizar la transparencia y la integridad en el manejo de la información personal, todos los consentimientos informados obtenidos de los estudiantes se adjuntaron como anexos a la investigación.

Consideraciones teóricas

La elección de un buen enfoque permite explorar fenómenos complejos y comprender la realidad desde las perspectivas de los participantes, permitiendo así descubrir relaciones emergentes y patrones significativos. Para esta investigación, desde los aspectos investigativos, se tuvieron en consideración los elementos metodológicos que se presentan a continuación.

CONTEXTO EDUCATIVO

La globalización, como fenómeno social y económico, refleja el cambio hacia una sociedad global sin barreras económicas, sociales o culturales distintivas (MEN, 2022). La realidad tiene un impacto directo en la educación, ya que requiere cambios para adaptarse a los cambios provocados por la globalización de los procesos económicos y los acontecimientos político-culturales.

PENSAMIENTO COMPUTACIONAL

En un mundo en el que la tecnología avanza constantemente, el pensamiento computacional se vuelve una habilidad esencial. Esta técnica de resolución de problemas requiere habilidades como la abstracción, la descomposición, la generalización y la creación de algoritmos. Varios modelos respaldan su desarrollo y aplicación en la educación (Papert, 1993).

Dado estas argumentaciones relacionadas con la educación en tecnología y como con ella puede mejorar el pensamiento lógico matemático en los ambientes de aprendizaje, el pensamiento computacional se ha convertido en una habilidad esencial en el mundo, ya que la tecnología evoluciona constantemente y el uso de herramientas digitales se vuelve más común en una variedad de campos. Se define como un enfoque para la resolución de problemas que implica habilidades como la abstracción, la descomposición, la generalización y la creación

de algoritmos. Se centra en el desarrollo de este pensamiento basado en teorías que puede proporcionar una base sólida para determinar habilidades aplicadas en muchos campos y mejorar la resolución de problemas.

Con el objetivo de comprender y aplicar el pensamiento computacional en el campo educativo, se han desarrollado diversas teorías con el fin de establecer las habilidades básicas que componen este tipo de pensamiento. Algunas de estas teorías son relacionadas con la resolución de problemas mencionada por George Pólya (1957), la teoría de la abstracción de Jeannette M. Wing (2006), la teoría de la descomposición de Papert (1993), la teoría de la recursividad de Barbara Jane Liskov (1975), la teoría del pensamiento algorítmico de Donald Ervin Knuth (1997), entre otras a tratar en este documento. Estas teorías propuestas por expertos en la materia permiten establecer una base sólida para la investigación y de pensar en aplicaciones que involucren el pensamiento computacional. A continuación, profundizaremos en cada una de estas teorías y su relevancia en el contexto de pensamiento computacional.

MODELO PARA RESOLVER PROBLEMAS

El modelo para resolver problemas de George Pólya relaciona cuatro pasos esenciales: comprender el problema, formular un plan de trabajo, llevar a cabo lo formulado y así revisar el resultado obtenido. Según ella, esta metodología se puede utilizar para resolver problemas matemáticos y de la vida cotidiana (Pólya, 1957). El primer paso consiste en comprender el problema, paso clave porque permite la identificación de datos e información relevante y la exclusión de datos e información irrelevantes del proceso de resolución de problemas. Es posible lograr una comprensión profunda del problema permitiendo avanzar hacia los próximos pasos. El segundo paso, idear un plan de trabajo, es crucial para definir una estrategia que permita resolver la problemática de manera efectiva. En este momento implica tener en cuenta varias alternativas y analizar las ventajas y desventajas de cada una de ellas. El tercer momento implica llevar a cabo la estrategia establecida, lo que requiere una ejecución minuciosa y meticulosa del plan y el cuarto paso, consiste en revisar la solución obtenida, lo cual permite ver si cumple con los requisitos del problema y si se cometieron errores en el camino. Cabe señalar que la teoría de Pólya se ha aplicado en entornos educativo para enseñar a los estudiantes cómo resolver problemas de manera efectiva e independiente.

La metodología permite a los estudiantes aprender a pensar de forma analítica y estructurada, la cual puede ser aplicada en una variedad de contextos y ayuda en el desarrollo cognitivo.

Por otra parte, Bono (1992), da a conocer varios métodos y herramientas que se pueden aplicar para fomentar la creatividad y producir soluciones novedosas a los problemas. Una de las características principales del pensamiento creativo está basada en los enfoques sistémicos y estructurados, cuyo objetivo es estimular la generación de ideas mediante el uso de técnicas particulares. Una de las técnicas más conocidas de Bono es el pensamiento lateral, que se define como un enfoque no convencional que busca explorar nuevas perspectivas y soluciones a los problemas. La base del pensamiento lateral es la exploración de conceptos desde varios puntos de vista y la creación de asociaciones libres entre conceptos que parecen no estar relacionados. Además, propuso otro método llamado los seis sombreros, que tiene como objetivo fomentar la exploración de varios puntos de vista sobre un tema mediante el uso de seis sombreros de varios colores para representar diversas formas de pensar. El pensamiento creativo se distingue por su enfoque práctico y sistémico, que tiene como objetivo fomentar la generación de ideas innovadoras y soluciones eficaces.

El pensamiento creativo para Osborn (1953), se enfoca en el desarrollo de innovadores conceptos través de técnicas y procesos sistémicos. Da a conocer la técnica de la *lluvia de las ideas*, que se ha convertido en una de las herramientas más conocidas y eficaces para fomentar la creatividad grupal. El proceso de generar pensamientos y asociaciones sin restricciones, críticas o evaluaciones rápidas permite la selección y el desarrollo de los temas de manera más prometedora. La técnica tiene como objetivo fomentar la investigación de nuevos puntos de vista a retos o problemas. Osborn (1958), en sus investigaciones destaca la analogía, la cual consiste, en trazar paralelos entre situaciones o ideas que parecen no estar relacionadas para estimular el desarrollo de nuevos conceptos. La analogía es una técnica que se utiliza en campos como el diseño, la publicidad, la innovación tecnológica, entre otros.

Simon (1957), da a conocer la teoría de la decisión y racionalidad en contextos sociales. Se establecen argumentos donde da a conocer que los seres humanos no siempre toman decisiones racionales y que, en cambio, por situaciones sociales, culturales y emocionales inciden en tales decisiones. Esta teoría de la

toma de decisiones se aplica a la forma de toma de decisiones individuales en contextos sociales donde las personas interactúan entre sí y tienen un impacto en los demás. Este investigó cómo la motivación y las emociones afectan el pensamiento y la toma de decisiones. Concluyo, que las emociones y la motivación juegan un papel importante en la forma en que las personas procesan la información y evalúan sus opciones por lo que es vital comprenderlas al tomar decisiones (Simon, 1967).

ABSTRACCIÓN

Wing (2006) enfatiza la abstracción como una habilidad fundamental del pensamiento computacional, ya que permite identificar los componentes críticos de un problema y eliminar los elementos innecesarios. Esta habilidad es vital para la creación de programas y la resolución de problemas en una variedad de campos.

DESCOMPOSICIÓN

La descomposición es útil en la programación y la resolución de problemas cotidianos porque implica abordar individualmente cada parte de un problema, lo que facilita la solución de aspectos menos complejos. Papert (1993) ha utilizado con éxito esta teoría para enseñar programación y diseño de sistemas complejos.

RECURSIVIDAD

La teoría de la computación y la inteligencia artificial han sido influenciadas por la recursividad, que es fundamental para comprender la complejidad, la creatividad y el pensamiento. Hofstadter (1979) y Cook (1971) han hecho un gran aporte a la comprensión de la recursividad y su aplicación en una variedad de campos informáticos.

La recursividad es una habilidad que permite a los programadores definir una función o procedimiento al que pueden referirse como ellos mismos para resolver un problema de manera más efectiva y elegante. Esta habilidad se utiliza en una amplia gama de aplicaciones de tecnología de la información, desde la manipulación de estructuras de datos hasta la implementación de algoritmos complejos. El pensamiento computacional y la recursividad ayuda a los estudiantes a comprender la importancia de la abstracción en la resolución de problemas. La habilidad de la recursividad es crucial tanto para la formación de programadores como para la enseñanza general de las tecnologías de la información y las comunicaciones.

La recursividad se genera a través del pensamiento computacional, permite resolver problemas complejos de otra manera y otra perspectiva, hasta que considerable imposibles desde puntos de vistas distintos (Liskov & H., 1975). Esta se usa en programación para definir algoritmos e implementar funciones que requieren procesos repetitivos. La recursividad se ha utilizado en otros campos, incluso en biología, física y matemáticas, para resolver problemas. En la educación, el uso de la recursividad permite establecer procesos de enseñanza y aprendizaje más efectivos y escalables, lo que ha permitido la creación de programas educativos para la enseñanza de la programación en la formación de estudiantes. La importancia de esta habilidad tiene un papel importante al ser aplicada a varios dominios de conocimiento, lo que la convierte en una herramienta valiosa para resolver problemas complejos e implementar algoritmos efectivos.

PENSAMIENTO ALGORÍTMICO

El uso del pensamiento computacional en la enseñanza de la programación y la robótica brinda a los estudiantes oportunidades para desarrollar habilidades de resolución de problemas y pensamiento crítico. Además de fomentar el pensamiento computacional, con la programación de robots ayuda a desarrollar habilidades de pensamiento algorítmico (Knuth, 1997).

El pensamiento algorítmico se encuentra entre los enfoques y habilidades que componen el pensamiento computacional.

En consecuencia, la teoría del pensamiento algorítmico de Donald Knuth (1997), destaca la importancia de esta habilidad en el pensamiento computacional, porque permite describir la solución de un problema utilizando una colección de instrucciones precisas y bien organizadas. El pensamiento es esencial en la programación, donde los algoritmos se utilizan para la implementación del programa y la resolución de problemas.

RELACIÓN ENTRE EL PENSAMIENTO COMPUTACIONAL Y LA PROGRAMACIÓN DE ROBOTS

El pensamiento computacional se incorpora a la enseñanza de la programación y la robótica, brindando a los estudiantes oportunidades para desarrollar habilidades de resolución de problemas y pensamiento crítico. La programación de robots ayuda a desarrollar el pensamiento computacional y habilidades de pensamiento complejo y sistémico (Brennan & Resnick, 2012).

Técnicas y fuentes de recolección de la información

Existen varias técnicas y fuentes de recolección de información que pueden ser utilizadas en investigaciones de tipo cualitativo inductivo, con alcance descriptivo (Hernández Sampieri et al., 2014). En estos se utiliza como instrumento inicial una entrevista semiestructurada, en la que se realizó una exploración de ideas previas relacionadas con el pensamiento computacional en la población seleccionada.

INSTRUMENTO DE EXPLORACIÓN DE IDEAS PREVIAS

Se realizó una breve introducción que explica el propósito del estudio dentro de la encuesta, así como la importancia de explorar las nociones previas de los participantes con respecto al pensamiento computacional, que permite recopilar información relevante frente al estudio de maestría, se elaboró una encuesta semiestructurada con la finalidad de valorar los conocimientos previos de los estudiantes respecto a las categorías de investigación relacionadas con el pensamiento computacional. Este instrumento facilitó la recolección de datos exhaustivos acerca de los conceptos y capacidades que los participantes poseían antes de comenzar la implementación de esta investigación.

La intención de conocer los conceptos previos de los estudiantes es crucial a la hora de llevar a cabo una aplicación científica, porque proporciona una base sólida para el aprendizaje y fomenta la creación de nuevos conocimientos. Este instrumento recogió algunos conceptos relacionados con las categorías de investigación que se establecen en el marco conceptual y fueron relevantes a las horas de obtener convergencias y divergencias en el estudio.

INSTRUMENTO DE OBSERVACIÓN DURANTE LA IMPLEMENTACIÓN

Por otra parte, como instrumento de ejecución de la implementación de campo, se utilizó una guía de observación que relaciona los aspectos claves que se desean analizar y registrar durante la inmersión en el ambiente de aprendizaje, con relación al pensamiento computacional, que está vinculado con las categorías de investigación. Para esta implementación, se usó una participación dinámica, en donde se motivó a los estudiantes a participar y resolver un reto de programación con robots enfocado en ABP (Aprendizaje Basado en Proyectos). Asimismo, se obtuvo apoyo de un instrumento que permitió

registrar observaciones de campo en el que fue posible consignar evidencias, descripciones, detalles de las interacciones y cualquier otro dato relevante con respecto al estudio.

Lo anterior, tuvo como fin poder observar y analizar aspectos relacionados con las categorías del modelo de resolución de problemas como la abstracción de aspectos, recursividad para solucionar una dificultad, aplicación del pensamiento algorítmico por medio de programación de robots, buscando garantizar, en este ejercicio, la inclusión e igualdad de género en áreas de la ingeniería, afianzando el aprendizaje creativo y la exploración autodirigida. Esto permitió establecer un conjunto predeterminado de criterios y categorías para orientar la observación, que ayudó a estandarizar el proceso la recopilación de datos y garantizó que los observadores evalúen los mismos aspectos y apliquen los mismos criterios, mejorando la coherencia y la fiabilidad de los datos recopilados.

INSTRUMENTO VIDEO ENTREVISTA A ESTUDIANTES

Como instrumento final, se realizaron videos entrevistando a los estudiantes, con el propósito de conocer las experiencias vividas, buscando hacer un recorrido sobre las categorías y subcategorías del pensamiento computacional encontradas y establecidas desde un principio de la investigación, las cuales fueron identificadas a partir de un análisis inductivo de los datos recopilados durante la aplicación del estudio, a través de la observación. Lo previo, permitió generar una estructura clara para organizar los datos obtenidos, posibilitando resumir, comparar y contrastar la información recopilada con la finalidad de sacar conclusiones, tendencias, observaciones y recomendaciones. En este instrumento, se midió y analizó todas las categorías como subcategorías planteadas en la investigación.

Metodología

Esta investigación está enmarcada en el paradigma mixto de investigación, de tipo inductivo (Hernández Sampieri et al., 2014). El estudio se basó en la observación de hechos, datos, actitudes y comportamientos de los estudiantes con el fin de generar conclusiones o generalizaciones sobre el desarrollo del pensamiento computacional de los estudiantes de grado decimo del colegio María Auxiliadora, del municipio de Santuario, ubicado en el departamento de Antioquia (Colombia).

Unidades de análisis y categorización

La unidad de análisis se organizó en categorías y subcategorías de pensamiento computacional, lo que permitió un estudio detallado de la investigación. Resolver problemas, abstracción, recursividad, pensamiento algorítmico, programación de robots, inclusión e igualdad de género, aprendizaje creativo y exploración autodirigida son algunas de las categorías intervenidas en este proceso investigativo.

Técnicas y fuentes de recolección de información

- Instrumento de exploración de ideas previas: las ideas previas de los estudiantes sobre pensamiento computacional se investigaron inicialmente mediante una entrevista semiestructurada. Este instrumento tuvo como objetivo recopilar datos pertinentes y establecer la base conceptual del aprendizaje.
- Instrumento de observación durante la implementación: la abstracción, la recursividad y la aplicación del pensamiento algorítmico en la resolución de retos de programación con robots son algunos de los elementos clave de las categorías de investigación que esta herramienta permitió analizar.
- Instrumento de video entrevista a estudiantes: la grabación de videos con entrevistas a los estudiantes proporcionó información útil sobre sus experiencias y percepciones relacionadas con el desarrollo del pensamiento computacional. Este instrumento ayudó a organizar y analizar las categorías y subcategorías que se descubrieron durante la investigación.

Unidad didáctica

La unidad didáctica estuvo dispuesta en tres momentos: i) ubicación, ii) desubicación y iii) cierre del proceso de enseñanza. Los robots creados por Makeblock se utilizaron como herramientas educativas para introducir el pensamiento computacional en el aula. La ubicación se basó en explorar ideas mediante el análisis de ideas previas; la desubicación se centró en nuevos conocimientos y la resolución de problemas con robots; y el cierre incluyó la proposición de múltiples soluciones y la recopilación de evidencia mediante notas de campo y hojas de campo, utilizando un enfoque cualitativo-inductivo (Hernández Sampieri *et al.*, 2014).

Resultados

El objetivo central de esta investigación fue describir el desarrollo del pensamiento computacional que alcanzan los estudiantes de educación media a partir de la implementación de una unidad didáctica que se fundamenta en la programación de robots. Esta investigación tiene como objetivo examinar el rol que pueden desempeñar los robots educativos como instrumentos pedagógicos para promover competencias del siglo XXI en el ámbito educativo. En este contexto, se intenta dar respuesta a la pregunta que se estableció en la introducción del presente artículo.

Los hallazgos del análisis mostraron características importantes del pensamiento computacional y las percepciones de los estudiantes en relación con las categorías de investigación sugeridas. A través de preguntas abiertas, se evaluó la comprensión de estas categorías y se asignó un criterio a cada estudiante para evaluar su apropiación del conocimiento. A continuación, se exponen estos resultados por medio de cada objetivo específico establecido.

Reconociendo las percepciones de los estudiantes frente al pensamiento computacional

Con este objetivo se buscó comprender cómo interpretan inicialmente el pensamiento computacional, qué nivel de conocimiento poseen y qué conceptos relacionan, tales como la lógica, la solución de problemas y la generación de algoritmos. Esta investigación permitió identificar conceptos preconcebidos y, a su vez, confusiones que puedan influir en cómo los estudiantes abordan el aprendizaje del pensamiento computacional. Además, ofrece una base para elaborar estrategias pedagógicas más adaptativas a sus requerimientos y entornos de aprendizaje.

Se observó que el 60 % de los estudiantes no conocen ni entienden las categorías del pensamiento computacional, lo que demuestra la falta de una de las habilidades denominadas: habilidades del siglo XXI. Solo el 15 % demuestra una comprensión sólida y aplicable de estas categorías; mientras que el 25 % identifica algunos conceptos, pero no los aplica claramente.

El análisis detallado indica que el 50 % de los estudiantes comprende el pensamiento algorítmico, lo que indica que esta categoría debe reforzarse en la unidad didáctica. Por otro

lado, se encontró que el 60 % de estos no comprende lo que es la abstracción, esto demuestra lo importante que es incluir actividades que fomenten esta habilidad. Además, el 80 % de los estudiantes desconocen el concepto de recursividad y su aplicación en entornos reales, lo que destaca la importancia de abordar esta categoría en la unidad didáctica.

Basándose en los resultados logrados, se propone una intervención educativa que fomente el desarrollo de habilidades de pensamiento computacional a través de la utilización de robots y tareas prácticas que promuevan la generación de algoritmos y la solución de problemas. La unidad didáctica abordó estas carencias desde una perspectiva centrada en la creación y programación de prototipos, con actividades que dividan problemas complicados, facilitando la detección de patrones y fomentando el razonamiento algorítmico y lógico. Esta metodología buscó minimizar las desigualdades detectadas, promoviendo un aprendizaje más eficaz y ajustado a las demandas de los estudiantes en el marco actual de la educación tecnológica.

Implementando la unidad didáctica para los estudiantes de educación media

Este objetivo de la investigación se centró en analizar la unidad didáctica construida para fomentar el pensamiento computacional en los estudiantes de media básica. La unidad tuvo como objetivo mejorar las habilidades de pensamiento aritmético y creativo, que son esenciales para la formación educativa (Grover, 2017). Se destacó el uso de robots como herramientas de enseñanza, los cuales ofrece un enfoque práctico y motivador para aprender programación y habilidades informáticas, así como para desarrollar el pensamiento computacional (Brennan & Resnick, 2012).

En primer lugar, se explica la intensión de la unidad didáctica y el propósito de su aplicación en estudiantes de décimo grado. El objetivo era programar secuencias lógico-algorítmicas para que un robot pueda salir de un laberinto. La actividad tuvo como objetivo mejorar las habilidades relacionadas con la creación de proyectos educativos y el uso responsable de las TIC (tecnologías de la información y comunicación).

En el segundo momento de la implementación, el objetivo fue reforzar los conocimientos que se pudieran medir a través

del desempeño de los estudiantes en las áreas de saber, hacer y ser. Utilizando herramientas para medir —el laberinto— y estableciendo parámetros para el desarrollo del algoritmo en bloques de programación. Los estudiantes reconocieron los problemas y las necesidades para solucionar el desafío propuesto, demostrando innovación y desarrollo, apropiando un aprendizaje significativo por medio de la programación.

En el tercer momento, se examinó las categorías de investigación utilizadas para evaluar el desarrollo del pensamiento computacional. La recursividad fue crucial para la resolución de problemas a través de algoritmos y estructuras lógicas. Los estudiantes también se introdujeron en un entorno desconocido de programación por bloques, por tanto, se les ayudó a fortalecer el pensamiento algorítmico.

Los estudiantes construyeron un algoritmo y estructuras lógicas programables con el fin de responder al reto del laberinto. Para que el robot tomará decisiones, este se basaba en los datos que el sensor de ultrasonido recolectaba, utilizando bucles y condiciones programadas por los estudiantes. Para evaluar los resultados, se establecieron criterios de evaluación y secuencias didácticas implementadas en el ambiente de aprendizaje.

En la implementación, los estudiantes se enfrentaron a nuevos conocimientos y al manejo de un robot, así como a superar dificultades y encontrar soluciones creativas. Se enfatiza el aprendizaje significativo que contribuyó al desarrollo del pensamiento computacional, lo que demuestra que la unidad didáctica diseñada es efectiva.

Cuatro expertos docentes utilizaron el instrumento de observación durante y después de implementar la unidad didáctica para evaluar el pensamiento computacional en el contexto educativo. Este instrumento recopiló datos sobre las percepciones de los estudiantes y la evolución en la apropiación del conocimiento con ayuda de los robots.

Se identificó cómo los estudiantes adquirían y desarrollaban habilidades de pensamiento computacional cuando enfrentan problemas en entornos reales, mediante el análisis de la información recopilada por los expertos en el campo educativo y el instrumento de observación.

La estructura inicial de los algoritmos fue mejorando significativamente, haciendo comparaciones con la solución final del reto. La recursividad, el aprendizaje creativo, la abstracción,

el pensamiento algorítmico y la exploración autodirigida estuvieron presentes. Los hallazgos logrados cuestionan las normas convencionales de género en el campo de la tecnología y la codificación. Aunque suele vincularse estos ámbitos con los hombres, en este estudio se notó que las estudiantes adoptaron roles de liderazgo y orientación con la misma habilidad y seguridad que sus pares masculinos. Esta evidencia indica que las experiencias educativas diseñadas de forma inclusiva pueden ayudar a dismantelar estereotipos de género y promover una mayor implicación de las mujeres en campos STEAM.

Los resultados de este seguimiento y análisis fueron significativos, los cuales contribuyen a la mejora continua del conocimiento de los estudiantes en el campo del pensamiento computacional. Los datos recopilados ayudaron a evaluar el éxito de la implementación y brindaron resultados útiles para futuras adaptaciones y desarrollos en la enseñanza de programación de robots y pensamiento computacional en entornos educativos.

Evidenciando el desarrollo del pensamiento computacional que logran los estudiantes de educación media con la programación de robots

Este objetivo se enfocó en evidenciar, de forma imparcial y cuantificable, los avances logrados por los estudiantes en competencias fundamentales como la lógica, el pensamiento algorítmico y la solución de problemas. Registrar este progreso no solo confirma la eficacia de la unidad didáctica puesta en marcha, sino que también ofrece datos útiles para optimizar los métodos de enseñanza en el campo de la tecnología e informática. Al examinar y documentar estos progresos, es posible reconocer cómo los estudiantes implementaron conceptos de pensamiento computacional en la programación de robots, desde la creación de algoritmos hasta la toma de decisiones para solucionar problemas específicos.

La unidad didáctica y la solución del laberinto tuvieron un impacto positivo en las categorías de investigación relacionadas con el pensamiento computacional. Los estudiantes experimentaron una gran evolución en estas categorías, mejorando su pensamiento computacional desde la ubicación y desubicación hasta el cierre de los procesos formativos. La implementación demostró claramente el desarrollo del pensamiento computacional a lo largo de la experiencia, no solo de manera indirecta, sino tangible en las soluciones reales en el ambiente de aprendizaje.

Los resultados fueron exitosos utilizando la unidad didáctica, ya que se resaltan el fortalecimiento de las diversas categorías de pensamiento computacional en los estudiantes de educación media. Los logros incluyen la capacidad de modelar soluciones efectivas, comprender la importancia de la abstracción, descomponer desafíos en pasos lógicos y secuenciales, y concentrarse en aspectos esenciales de la resolución de problemas. El pensamiento algorítmico y la recursividad dejaron una marca duradera en su enfoque de solución de problemas, y la programación de robots, proporcionó una plataforma tangible para aplicar estas habilidades en un contexto real.

La unidad didáctica también fomentó la inclusión y la igualdad de género, brindando oportunidades justas a todos los estudiantes en un entorno colaborativo. El aprendizaje creativo fomentó la creatividad y la originalidad en la solución de problemas, y la exploración autodirigida empoderó a los estudiantes para asumir la responsabilidad de su propio desarrollo y educación.

Desde el ajuste inicial de la programación hasta la coordinación efectiva dentro de los equipos, los comentarios de los estudiantes después de la implementación mencionan una variedad de problemas que se enfrentan durante el desafío del laberinto. Estos desafíos demuestran la necesidad de dominar las habilidades de abstracción, planificación algorítmica, coordinación y adaptación al lenguaje de programación.

Las respuestas de los estudiantes muestran la amplia gama de percepciones y aprendizajes significativos que han aprendido. El entusiasmo por trabajar con robots por primera vez, la resiliencia desarrollada para superar obstáculos y la comprensión de cómo funciona el *software* y el *hardware* en la programación de dispositivos son los puntos destacados.

En resumen, el desafío del laberinto dio a los estudiantes una serie de conocimientos útiles que contribuyeron significativamente a su desarrollo del pensamiento computacional. La unidad didáctica preparó a los estudiantes para desafíos futuros en un mundo tecnológico en constante evolución, desde habilidades básicas de programación de robots hasta el fortalecimiento de áreas diversas del conocimiento.

Discusión

Para investigaciones futuras, se recomienda ampliar la población y la ubicación geográfica de los participantes. Esto proporcionaría una comprensión más profunda de cómo la implementación de una unidad didáctica basada en la programación de robots mejora el desarrollo del pensamiento computacional en diferentes contextos y grupos de estudiantes. La incorporación de una muestra más amplia en términos de edad y origen cultural podría revelar variaciones potenciales en el impacto de la enseñanza de pensamiento computacional. Además, se recomienda realizar evaluaciones a largo plazo del desarrollo del pensamiento computacional de los estudiantes. Esto proporcionaría información útil sobre la retención y aplicación de habilidades a lo largo del tiempo.

En los años posteriores a la implementación, se podrían realizar evaluaciones regulares para evaluar el impacto a largo plazo y cómo estas habilidades evolucionan a medida que los estudiantes avanzan en su educación. Asimismo, se propone llevar a cabo investigaciones que evalúen el impacto de la unidad didáctica basada en la programación de robots en el desarrollo del pensamiento computacional. Estas investigaciones deben comparar esta unidad con otros enfoques pedagógicos y métodos tradicionales de enseñanza de ciencias de la computación. Estos estudios comparativos ayudarían a identificar las prácticas y técnicas más efectivas para enseñar estas habilidades en la educación media.

Conclusiones

Las percepciones iniciales de los estudiantes sobre el pensamiento computacional se analizaron en este estudio antes de interactuar con una unidad didáctica que utiliza robots como herramientas de desarrollo. Los resultados mostraron que, aunque algunos estudiantes ya tenían una comprensión sólida, la mayoría de los estudiantes tenían percepciones falsas o erróneas. Esto demuestra la importancia de modificar los métodos de enseñanza y los recursos educativos para combatir estas ideas erróneas y promover un aprendizaje computacional efectivo.

La unidad didáctica que incluía técnicas teórico-prácticas de programación de robots demostró ser una estrategia educativa efectiva. Se observó un notable progreso en la comprensión y

aplicación de conceptos como programación y lógica computacional durante el proceso. El interés de los estudiantes en ciencias tecnológicas y pensamiento algorítmico aumentó como resultado de su participación en estas actividades.

Los hallazgos muestran que estas prácticas teórico-prácticas tienen un gran impacto en la evolución del pensamiento computacional. La capacidad de los estudiantes para comprender y aplicar conceptos fundamentales de programación, lógica y resolución de problemas se mejoró claramente, y su confianza frente a problemas tecnológicos y algorítmicos aumentó. La idea de que la programación de robots es una estrategia muy efectiva para enseñar el pensamiento computacional a los estudiantes de educación media está fuertemente respaldada por este estudio.

La investigación contribuye significativamente al proporcionar pruebas sólidas de que una unidad didáctica basada en la programación de robots es un método educativo exitoso para cultivar el pensamiento computacional en los estudiantes de educación media. Además, consolida una metodología innovadora y prometedora al establecer un punto de partida para futuras investigaciones y mejoras en la enseñanza del pensamiento computacional.

Referencias

- Bono, E. (1992). *Pensamiento creativo*. Paidós. <https://www.buscalibre.com.co/libro-el-pensamiento-creativo/9788449332470/p/47572051>
- Botero, J. (2018). *Introducción a una nueva forma de enseñar y aprender. Educación STEM*. Bogotá: STILO IMPRESORES LTDA. <https://www.compartirpalabramaestra.org/recursos/libros/educacion-stem-introduccion-una-nueva-forma-de-ensenar-y-aprender>
- Brennan, W. (2012). *New frameworks for studying and assessing the development of computational thinking*. Vancouver: Proceedings of the 2012 Annual Meeting of the American Educational Research Association, Vancouver, BC, Canada.
- Cook, S. (1971). *The complexity of theorem-proving procedures*. California: Proceedings of the third annual ACM symposium on Theory of computing.

- Grover, S. &. (2017). *Research on K-12 Computer Science Education: The Field, the Curriculum and Their Instructional Practices*. ACM Transactions on Computing Education. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0883035522000866>
- Hernandez Sampieri, R. (2014). *Metodología de la investigación*. McGraw-Hill Education.
- Hofstadter, D. (1979). *Gödel, Escher, Bach: An Eternal Golden Braid*. New York: Basic Books.
- Knuth, D. (1997). *The art of computer programming: Fundamental algorithms*. Addison-Wesley.
- Liskov, & H., B. (1975). *Programming with abstract data types*. ACM Sigplan Notices, 10(8).
- Nacional, M. d. (2022). *Orientaciones curriculares para el área de tecnología e informática en educación básica y media*. Bogotá, Colombia: MEN.
- Ortega Ruipérez, B., & Asensio Brouard, M. M. (2018). Robótica DIY: pensamiento computacional para mejorar la resolución de problemas. En *Revista Latinoamericana de Tecnología Educativa*, 17(2) (págs. 56 - 58). España: Revista Electrónica de Tecnología en Educación.
- Osborn, A. (1953). *Applied Imagination: Principles and Procedures of Creative Problem Solving*. New York: Charles Scribner's Sons.
- Osborn, A. (1958). *Creative Problem Solving: The Basic Course*. New York: Creative Education Foundation Press.
- Papert, S. (1993). *The children's machine: Rethinking school in the age of the computer*. New York: Basic Books.
- Pólya, G. (1957). *How to solve it: A new aspect of mathematical method*. New Jersey: Princeton University Press.
- Román González, M., Jiménez Fernández, C., & Pérez González, J. C. (2016). Códigoalfabetización y pensamiento computacional en Educación Primaria y Secundaria: validación de un instrumento y evaluación de programas. En R. d. Educación, *Revista de Investigación en Educación*, 18(2) (págs. 135-156). Madrid, España: Universidad Nacional de Educación a Distancia .

Simon, H. (1957). *Models of man; social and rational: mathematical essays on rational human behavior in a social setting*. New York: John Wiley and Sons.

Simon, H. (1967). *Motivational and emotional controls of cognition*. Psychological Review.

Wing, J. M. (2006). *Computational thinking*. *Communications of the ACM*. En *Revista insignia de ACM* (págs. 33 - 35). New York: Moshe Y. Vardi.

Declaraciones

En el presente apartado existe una serie de declaraciones, es importante revisar su aplicabilidad, si hay alguna que no aplique, por favor escriba su razón.

- **Reconocimientos:** Se agradece el desarrollo de esta investigación a la PhD. Ligia Inés García Castro líder de la Maestría en Enseñanza de las Ciencias y la Investigación de la Universidad Autónoma de Manizales. Al PhD. Diego José Molano García docente del Magisterio. Al Magister Carlos Hernán Cortes Gil docente del magisterio y a los compañeros que participaron en el desarrollo de este trabajo de la Tecnoacademia del Oriente Antioqueño.
- **Financiamiento:** Financiamiento propio.
- **Disponibilidad de datos y materiales:** Los datos de estudiantes como lo consentimientos se encuentran Tecnoacademia del Oriente Antioqueño, cualquier información comunicarse con la Dinamizadora Elizabeth Álzate Quintero, contacto: 311 3674531
- **Contribución de autores:** Único Autor.
- **Aprobación ética y consentimiento de los participantes:** Los debidos consentimientos firmados se encuentran como anexo al trabajo de grado y en la Tecnoacademia de Marinilla Antioquia.
- **Conflicto de intereses:** No existen conflictos de interés.