

Robótica educativa para el desarrollo del pensamiento computacional: Un estudio en escuela rural de Colombia

RESUMEN

El propósito de este estudio es examinar el progreso de las habilidades de pensamiento computacional haciendo uso de la robótica educativa mediante actividades de enseñanza-aprendizaje en estudiantes de una zona rural de Colombia. En la intervención, participaron 19 niños de tercero, cuarto y quinto de primaria, con edades entre los 7 y 12 años, contando con un solo grupo de estudiantes, construyendo y programando robots con el kit de robótica Lego Education WeDo 2.0 bajo el enfoque de aprendizaje activo “Aprender haciendo”. Se aplicó un instrumento antes y después de la implementación de un taller para recopilar datos de las habilidades observadas en los estudiantes, utilizando un muestreo no probabilístico, por conveniencia. Para determinar el avance de los estudiantes, se realizó una prueba de rangos con signo de Wilcoxon para muestras pareadas, prueba no paramétrica, la cual reveló una mejora significativa en las habilidades de pensamiento computacional de los estudiantes de las escuelas rurales, especialmente el reconocimiento de patrones, descomposición y generalización. Para el caso del análisis de datos y pensamiento algorítmico, se evidenció un progreso más lento, teniendo en cuenta el grado de dificultad para apropiarse de conceptos totalmente nuevos y que requieren más tiempo de mediación pedagógica para lograr resultados óptimos en el proceso, tomando además en consideración, que los niños no tenían experiencia previa en programación de computadores y robótica.

Eva Vásquez Gómezⁱ,
Universidad de
Cundinamarca, Colombia.

Jorge Quevedo Buitragoⁱⁱ,
Universidad de
Cundinamarca, Colombia.

Ana Esperanza Merchán
Hernández ⁱⁱⁱ,
Universidad de
Cundinamarca, Colombia.

Diego Orlando Méndez
Pineda ^{iv},
Universidad de
Cundinamarca, Colombia.

Palabras clave: Robótica educativa; Pensamiento computacional; Aprendizaje activo; Escuelas rurales; Escuela primaria.

1. INTRODUCCIÓN

El término “Pensamiento Computacional” fue establecido por Seymour Papert (1980) a partir de un proceso constructivista vinculado con la tecnología y las ciencias de la computación en ambientes educativos tradicionales para solucionar problemas de diversa índole. Como señala Wing (2006), el pensamiento computacional es una habilidad esencial que todos los individuos deben desarrollar, para tener la capacidad de resolver problemas y diseñar sistemas, comprendiendo la conducta humana, fundamentado en conceptos informáticos.

Muchas investigaciones han puesto en marcha diversas actuaciones en entornos específicos de programación y robótica que demuestran su efectividad para el desarrollo de habilidades de pensamiento computacional, apoyado en estrategias didácticas con el uso de aplicaciones y componentes de robótica apropiados para educación infantil, primaria y secundaria (Chevalier et al., 2020; Constantinou & Ioannou, 2018; Oyelere et al., 2022; Ronsivalle et al., 2019; Tran, 2019). Por tal razón, considerando el pensamiento computacional como una competencia básica que todos deben adquirir para mejorar la capacidad de resolución de problemas y reconociendo las bondades de la robótica educativa para este propósito, este estudio buscó indagar el efecto de una intervención construyendo y programando robots para el desarrollo de habilidades de pensamiento computacional en un entorno rural. En esta mediación pedagógica, participaron estudiantes de grados tercero, cuarto y quinto de primaria de dos sedes educativas rurales utilizando el kit de robótica Lego Education WeDo 2.0 con el acompañamiento de auxiliares y docentes investigadores de la Universidad de Cundinamarca (sede Fusagasugá, Colombia), aplicando el enfoque de aprendizaje activo “Aprender haciendo” a través de proyectos de aula, siendo un método muy efectivo en diferentes contextos y niveles educativos, mejorando la participación de los estudiantes y facilitando el proceso de enseñanza-aprendizaje (Abuzandah, 2021; Mekonnen, 2020).

1.1. CONTEXTUALIZACIÓN

Este estudio se llevó a cabo en las dos sedes educativas de Usatama y Bermejal, ubicadas en zona rural del municipio de Fusagasugá (Colombia), las cuales forman parte del programa Escuela Nueva, iniciado en Colombia en el año 1975 para dar solución a problemas latentes en la educación rural, superando el alcance inicial del programa Escuela Unitaria impulsado por la Unesco desde el año 1961 (Villar, 2010). La Escuela Nueva se basa en una enseñanza multigrado, atendida por uno o dos docentes en los cinco grados del ciclo básico de primaria, en una jornada única. Para el caso particular de las escuelas Usatama y Bermejal, son atendidas por una sola docente en cada sede educativa, cuentan con un aula de informática con 18 computadores de bajo rendimiento, entregados por el programa del gobierno nacional Computadores para Educar (ColombiaTIC, 2023), no se cuenta con conexión

a Internet, tiene un patio de juegos y un comedor, en el que los niños reciben merienda y almuerzo por parte del Plan de Alimentación Escolar (PAE), que brinda un “complemento alimentario” a los estudiantes oficiales en todo el territorio nacional (MinEducacion, 2023).

Las sedes educativas se ubican en un área de uso agropecuario tradicional, en la cual sus habitantes como la mayoría de la mano de obra rural en Colombia, laboran en granjas de animales y cultivos, trabajadores informales, quienes muy pocos cuentan con un sistema de salud, pensión y un salario justamente remunerado (Quemba, 2018), lo que lleva a un constante desplazamiento de las familias campesinas debido a la estacionalidad de los cultivos, buscando oportunidades laborales en diferentes zonas rurales del país, una situación evidenciada al momento de la implementación del taller donde se observó que algunos niños vinculados inicialmente al estudio no volvieron a las escuelas porque sus familias ya se habían trasladado a otro lugar de la región o del país.

Dentro de las dificultades observadas en las escuelas se encuentra la falta de herramientas necesarias para un buen aprendizaje. Además, no se cuenta con acceso a Internet, condición generalizada en el 79,8% de las sedes educativas rurales en todo el país, justificado en las condiciones geográficas de difícil acceso, lo cual aumenta el analfabetismo tecnológico y las brechas educativas y digitales de los estudiantes entre las áreas urbanas y rurales, disminuyendo las oportunidades en el futuro de acceder a estudios de educación superior (Laboratorio de Economía de la Educación de la Pontificia Universidad Javeriana, 2023). Por último, por estar ubicadas en una zona lejana del casco urbano se ven poco beneficiadas por programas extracurriculares que ofrecen instituciones no gubernamentales, entre los cuales se encuentran proyectos enfocados a la programación de computadores y el uso de la tecnología, lo que motivaría al estudiante a asistir a las instituciones educativas a desarrollar distintas habilidades, asimilando conceptos nuevos de una forma divertida y estimulando el interés por aprender con estrategias y herramientas innovadoras; de esta manera, contribuir a bajar la tasa de deserción estudiantil que en Colombia es muy alta, especialmente, en el sector rural (23,7%).

Considerando lo anterior, con la finalidad de mejorar las oportunidades de una educación inclusiva para la población rural escolar, se diseñó un taller de robótica educativa, para el desarrollo de habilidades de pensamiento computacional como actividad extracurricular complementaria al plan de estudios establecido para educación básica primaria en Colombia, para los niños de tercero, cuarto y quinto años de escolaridad. Las dimensiones del pensamiento computacional fueron seleccionadas con base en una revisión de literatura, que manifestó diferentes formas de desarrollar el pensamiento computacional teniendo en cuenta la estrategia de enseñanza-aprendizaje implementada y el entorno de programación y/o robot utilizado, según la edad y estilos de aprendizaje, lo que es importante tener presente al diseñar una intervención de robótica (Díaz-Lauzurica & Moreno-Salinas, 2019).

Este estudio se desarrolló con una metodología de investigación mixta para lograr una comprensión amplia e integral de la experiencia educativa, el

enfoque cualitativo está enmarcado en la investigación-acción en modalidad participativa, puesto que se desarrolló observación participante y experimentación. Para la obtención de los resultados de este estudio se tuvieron en cuenta los datos cuantitativos relacionados con las habilidades del pensamiento computacional. La metodología de investigación participativa con enfoque cualitativo utilizada fue propuesta por la investigadora Colmenares Escalona (2012) y consta de cuatro fases: Fase I, descubrir la temática; Fase II, representada por la coconstrucción del Plan de Acción por seguir en la investigación; la Fase III consiste en la Ejecución del Plan de Acción; y la Fase IV cierra la Investigación, en la cual se sistematizan, categorizan y generan aproximaciones teóricas que pueden servir de orientación para nuevos ciclos de la investigación. La pregunta de investigación en este estudio es:

¿La intervención de robótica educativa mejora el desarrollo de habilidades de pensamiento computacional de estudiantes de primaria en escuelas rurales?

2. MARCO DE REFERENCIA

2.1. ROBÓTICA EDUCATIVA PARA EL DESARROLLO DEL PENSAMIENTO COMPUTACIONAL

La integración de la robótica educativa como un modelo de enseñanza-aprendizaje surge como una disciplina fundamental que estimula las habilidades de pensamiento computacional para la resolución de problemas de la vida real en edades tempranas (Angeli & Valanides, 2020; Caballero-González & García-Valcárcel Muñoz-Repiso, 2019; Chiazzese et al., 2019; García-Valcárcel Muñoz-Repiso & Caballero-González, 2019; Shipepe et al., 2022). Muchos autores han documentado sus experiencias y resultados de investigación garantizando la efectividad de su uso, resaltando la importancia de seleccionar adecuadamente estrategias de aprendizaje y entornos de programación y/o robots, teniendo presente la edad de los estudiantes para un aprendizaje más significativo (Paucar-Curasma et al., 2022; Tengler et al., 2022; Yilmaz Ince & Koc, 2021); de igual modo, las diferencias de género se deben tomar en consideración para el diseño de las actividades (Noh & Lee, 2020).

Las habilidades de pensamiento computacional estudiadas a través del uso de la robótica educativa varían en cada estudio, de acuerdo a su alcance, siendo la abstracción y el diseño de algoritmos las dimensiones que más necesitan orientación y explicación, diseñando actividades enfocadas a la resolución de problemas relacionados con el entorno y la vida diaria que facilite la asimilación de conceptos y su aplicación a la solución requerida. Para este caso, es recomendable el uso de robots físicos que requieran armado y programación, ayudando a desarrollar mejor el pensamiento algorítmico (Ccopa Ybarra & Soares, 2022; Qu & Fok, 2022; Wu & Su, 2021), el cual requiere más tiempo de formación, contrario al desarrollo de otras habilidades, como el reconocimiento de patrones y la descomposición/generalización, que requieren poco tiempo (Jawawi et al., 2022).

Igualmente, la robótica educativa potencia en los estudiantes destrezas relacionadas, que favorecen la acción participativa de los estudiantes alcanzando los objetivos de aprendizaje propuestos, contribuyendo al desarrollo del pensamiento computacional. Por consiguiente: (1) facilita la expresión de ideas en entornos colaborativos (Noh & Lee, 2020); (2) promueve la igualdad de género en el desarrollo del pensamiento lógico y analítico (Noh & Lee, 2020; Panskyi, T., & Rowińska, 2022); (3) impulsa el disfrute y la motivación por aprender (Hudson & Baek, 2022; Stewart et al., 2021); (4) optimiza los niveles de autoeficacia (Fanchamps et al., 2021); (5) mejora la progresión del aprendizaje a largo plazo (Hudson & Baek, 2022) y los resultados de aprendizaje (Chevalier et al., 2020; Kerimbayev et al., 2023); y (6) perfecciona las habilidades en el área de lógica y matemática (Ccopa Ybarra & Soares, 2022; García-Valcárcel Muñoz-Repiso & Caballero-González, 2019).

De igual manera, la robótica educativa fomenta la adquisición de habilidades sociales, como la comunicación, el trabajo colaborativo (Ccopa Ybarra & Soares, 2022; Shipepe et al., 2022); promueve la creatividad, la autonomía, la autoconfianza (Yilmaz Ince & Koc, 2021); impulsa el liderazgo (García-Valcárcel Muñoz-Repiso & Caballero-González, 2019); desperta el interés en estudiantes de educación secundaria de grados superiores en adelantar estudios universitarios en áreas de la ingeniería y profesiones afines STEM (Díaz-Lauzurica & Moreno-Salinas, 2019; Yilmaz Ince & Koc, 2021); motiva a estudiantes con perfiles problemáticos a despertar el interés en la programación, desarrollando habilidades de pensamiento computacional con el uso adecuado de estrategias y herramientas de robótica, brindándoles la oportunidad de continuar sus estudios con éxito (Díaz-Lauzurica & Moreno-Salinas, 2019).

2.2. ROBÓTICA EDUCATIVA EN LA ESCUELA RURAL EN COLOMBIA

En la actualidad, el Ministerio de Educación Nacional de Colombia, en alianza con instituciones de educación superior locales y regionales, viene implementando a nivel nacional el proyecto Escuelas STEM+, cuyo objetivo es fortalecer la capacidad institucional de los colegios públicos, especialmente, en la inclusión de herramientas de inteligencia artificial, robótica y metodologías de aprendizaje activo. Finalizando el 2023, se han beneficiado 185 instituciones educativas, en 100 municipios y 11 departamentos, favoreciendo a 126.873 estudiantes de educación media, con enfoque en las zonas rurales, de género y étnico (Colombia aprende, 2023). Sin embargo, considerando que Colombia tiene 1101 municipios y 32 departamentos (DANE, 2024), solo el 9,1% de los municipios ha sido cubierto y el 34,4% de los departamentos. Además, se debe tener en cuenta que, por el momento, el programa solo ha atendido a colegios de educación media, quedando excluidas las sedes educativas rurales de primaria.

Las instituciones educativas rurales representan aproximadamente el 67,5% del total nacional (Sarmiento Lozano, 2022), si bien hay mayor cantidad de escuelas y colegios rurales, estos tienden a tener un promedio más bajo de estudiantes en cada uno de los niveles educativos. Mientras

que en la zona urbana se atienden en promedio 180 estudiantes en educación básica primaria, en la zona rural solo se atienden 34 estudiantes. Lo anterior se encuentra fundamentado en el presupuesto reducido destinado a las institucionales educativas rurales y en donde la mayoría de las escuelas de primaria solo cuentan con un único docente para todos los estudiantes y niveles educativos (Laboratorio de Economía de la Educación de la Pontificia Universidad Javeriana, 2023).

La ubicación remota y la deficiente infraestructura tecnológica de las sedes educativas rurales del país debilitan la posibilidad de inclusión de tecnologías innovadoras acompañadas de metodologías pedagógicas, coherentes con las necesidades y percepciones del contexto rural, adaptadas a la práctica educativa. Por lo tanto, existe una mayor necesidad de implementar actividades extracurriculares en las escuelas rurales que permitan satisfacer las diversas necesidades de aprendizaje de los estudiantes.

Las investigaciones sobre el uso de la robótica educativa en escuelas rurales en Colombia y su efectividad para el desarrollo de habilidades de pensamiento computacional son insuficientes, las pocas que existen se encuentran enfocadas especialmente hacia el desarrollo de habilidades STEM, específicamente en matemática y ciencias naturales. Así, por ejemplo, Corredor Quintero et al. (2019), en su proyecto sobre el uso de la robótica para el aprendizaje de las matemáticas en la zona semi rural el Hato, El Salitre, en la Calera, Cundinamarca, buscó responder a la pregunta de cómo la implementación de la robótica en la enseñanza de las matemáticas puede mejorar las competencias académicas de los estudiantes a través de un conjunto de actividades matemáticas utilizando la robótica con un enfoque STEM, como resultado se evidenció la mejora en el grupo de estudiantes demostrando la apropiación de la teoría a partir de las actividades realizadas. En conclusión, los estudiantes obtuvieron mejores calificaciones luego de la intervención. Por otro lado, Barria et al. (2020) presentan una introducción a la robótica educativa en zonas rurales para la elaboración de un detector de obstáculos controlado mediante una app móvil, en los estudiantes de grado décimo del colegio Agropecuario Hermes Martínes ubicado en el municipio de Morales-Cauca, propiciando la alfabetización digital, a través de la “programación y robótica”, facilitando recursos tecnológicos y metodologías pedagógicas que favorezcan la mediación del aprendizaje en ambientes educativos tradicionales, beneficiando el desarrollo del pensamiento crítico, la resolución de problemas y el pensamiento computacional, relacionando los conceptos con situaciones cotidianas. Al ser un proyecto implementado en zona rural, se vuelve incluyente y un gran referente en la incorporación de prácticas educativas innovadoras en zonas rurales. Por su parte, Pérez-Acosta y Mendoza-Moreno (2021) plantean una propuesta curricular en Colombia, integrando la robótica educativa, acorde con las necesidades y conocimientos necesarios para la educación inicial en ciencia y tecnología. Este proyecto es relevante en la búsqueda de un método didáctico para la intervención pedagógica con la robótica educativa en cualquier contexto y nivel educativo.

Como se puede observar, al revisar la literatura de iniciativas y proyectos de investigación en Colombia que estudian la robótica educativa como herramienta tecnológica en las estrategias didácticas que persiguen el

desarrollo de habilidades esenciales del pensamiento computacional para la resolución de problemas, no es muy representativa. Así, parece conveniente continuar investigando sobre el tema, con el fin de generar resultados de su efectividad en las intervenciones e implementar modelos didácticos que faciliten su integración teniendo en cuenta escenarios particulares, tales como zonas rurales, en las cuales existen limitantes en cuanto a la disponibilidad tecnológica, conexión a internet, formación docente, razones que se pueden volver un reto a la hora de planear experiencias pedagógicas en entornos con condiciones especiales.

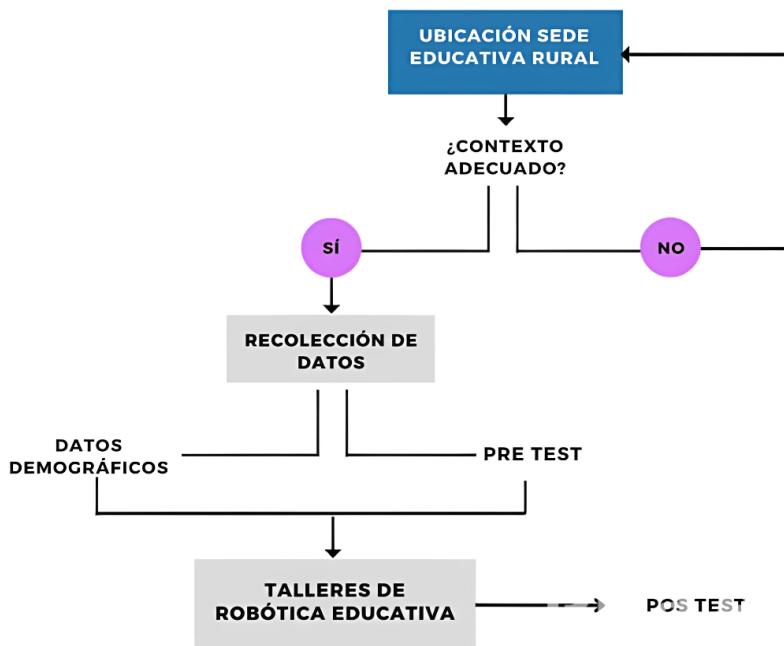
3. MÉTODO

El objetivo principal de este estudio era determinar el progreso de los estudiantes sobre las habilidades de pensamiento computacional haciendo uso de la robótica educativa mediante actividades de enseñanza-aprendizaje de un taller de robótica. De esta manera, inicialmente fue imprescindible realizar un análisis de contexto de la zona para poder ubicar las sedes educativas que mejor se adaptaran a las necesidades de la investigación. Finalmente, fueron seleccionadas las sedes educativas rurales Usatama y Bermejal, adscritas al Colegio Francisco José de Caldas en Fusagasugá, por encontrarse a un lugar distante de la zona urbana donde el cubrimiento de los procesos institucionalizados adelantados por el gobierno nacional bajo el marco de las políticas de educación nacional en Colombia es escaso. Para empezar, se comenzó con la recopilación de datos de los estudiantes y conocimientos relacionados con habilidades de pensamiento computacional; luego, se implementaron diez sesiones, una primera sesión sin uso de tecnología para observar las habilidades de pensamiento computacional previas a la intervención, continuando con nueve sesiones de robótica educativa usando el kit de robótica Lego Education WeDo 2.0, resolviendo en cada sesión un proyecto.

Durante el desarrollo de las sesiones, cada una de ellas, en un tiempo de dos horas por sede educativa Usatama y Bermejal, se organizaban grupos de tres o cuatro estudiantes, a cada grupo se le entregaba un kit de robótica Lego Education WeDo 2.0 y se asignaba un rol por estudiante dentro del grupo: selector de las piezas Lego, armador del robot y programador. El selector de las piezas Lego tenía la labor de buscar las piezas necesarias para el armado del robot e identificar su ubicación, para luego encajarla con las demás. Por otro lado, el armador del robot recibía las piezas del selector y las ensamblaba teniendo cuidado de que encajaran perfectamente. Luego, el programador se encargaba de crear la secuencia del programa para que el robot funcione y probar distintas combinaciones en las instrucciones, observando los resultados de acuerdo con el proyecto. En cada sesión se rotaban los roles para que los estudiantes tuvieran la oportunidad de experimentar y desarrollar diferentes habilidades de acuerdo con el rol.

Los estudiantes fueron evaluados al final de la experiencia educativa, además de la observación directa durante todas las sesiones por parte de los investigadores. La Figura 1 muestra el diagrama de actividades llevadas a cabo durante el estudio, lo cual implica el análisis de contexto para ubicar las sedes educativas rurales, recolección de datos pretest y postest e implementación del taller.

Figura 1
Diagrama de actividades del estudio



Nota: Elaboración propia.

3.1. PARTICIPANTES

La intervención se llevó a cabo durante diez semanas, una vez por semana cada sesión, iniciando en agosto y finalizando en octubre del año 2023. En total, 19 estudiantes del grado tercero, cuarto y quinto de primaria participaron en el taller, de los cuales, 13 eran niñas y seis eran niños. De los participantes, siete estaban en tercer grado, seis en cuarto grado y seis en quinto grado, todos con edades comprendidas entre los 7 y los 12 años. Provienen de familias campesinas que se dedican a trabajos agropecuarios en la zona, donde su permanencia está muchas veces limitada al período de producción o cosecha. Muchos de estos estudiantes provienen de entornos socioeconómicos desfavorecidos, caracterizados por la escasez de recursos económicos, el apoyo familiar limitado y entornos sociales desfavorables. Estas condiciones pueden

llevar a los niños a una falta de motivación, desinterés por el aprendizaje y un alto riesgo de abandono escolar en edades tempranas. Es importante destacar que ninguno de los 19 estudiantes tenía conocimientos previos en robótica educativa para el desarrollo de habilidades de pensamiento computacional.

3.2. PROCEDIMIENTO DE IMPLEMENTACIÓN

Lego Education WeDo 2.0 es un kit de robótica educativa que ha resultado muy eficaz con niños de educación básica primaria para el desarrollo de habilidades STEM y pensamiento computacional, los cuales son controlados mediante software de programación visual, de muy fácil manejo y programación (Chiazzese et al., 2019; Wu & Su, 2021), al igual que otros robots de especificaciones similares. Este kit está equipado con 280 piezas Lego, Smarthub programable con conectividad Bluetooth 4.0, motor y sensores de movimiento e inclinación y una aplicación nativa para programar el robot. El kit de robótica Lego Education WeDo 2.0 es muy versátil para el inicio de la programación y la robótica en niños pequeños a partir de los 7 años, adecuado para trabajar en equipo, con la oportunidad de rotación en diferentes roles entre los integrantes, tal como selector de las piezas Lego, armador del robot y programador.

Durante el taller, se implementaron diez sesiones, una sesión preliminar desconectada para observar las habilidades previas, en la cual los estudiantes tuvieron la oportunidad de realizar una actividad de armado y puesta en marcha de un juguete con materiales reciclables de cartón, pitillos y tapas plásticas para, luego, dar inicio a las nueve sesiones con el kit de robótica, como se observa en la Figura 2, incluyendo una introducción de manejo del robot, explicación del propósito de cada proyecto, acompañamiento de la actividad por parte de los investigadores y socialización de resultados al final de cada sesión. Se empleó la metodología de aprendizaje activo “Aprender haciendo”, el cual es un enfoque de aprendizaje muy utilizado en estudios de implementación de la robótica (Amo et al., 2021), donde el estudiante participa en el armado y programación de un robot, disponiendo del kit de robótica, un computador con el entorno de programación requerido, un espacio adecuado y el tiempo suficiente para crear cada proyecto colaborativamente, comunicándose y corrigiendo fallos durante el proceso hasta alcanzar el resultado deseado. El enfoque utilizado permitió a los estudiantes comprender cómo los problemas del entorno se pueden resolver con ciencia, tecnología e innovación, asimilando conceptos complejos que requieren un alto nivel cognitivo de manera más sencilla y divertida (Karalekas et al., 2020).

Figura 2
Intervención con robótica educativa en la escuela



Nota: Elaboración propia.

Se optó por un diseño cuasi-experimental (pretest/posttest) aplicado a un solo grupo, debido al tamaño de la población participante, compuesta por 19 estudiantes, quienes comparten y reciben sus clases en un aula común. Las actividades del taller de robótica educativa se estructuraron con base en las instrucciones y tareas proporcionadas por el paquete educativo LEGO Education WeDo 2.0 (The Lego Group, 2017). Se realizaron adaptaciones en cada proyecto para integrarlo en una historia de "Exploración en Marte", con el objetivo de enseñar conceptos de pensamiento computacional, tales como el reconocimiento de patrones, descomposición, generalización, análisis de datos y pensamiento algorítmico.

3.3. HABILIDADES DE PENSAMIENTO COMPUTACIONAL

Este estudio se enfoca en cinco habilidades básicas del pensamiento computacional que son: (1) reconocimiento de patrones; (2) descomposición; (3) generalización; (4) análisis de datos; y (5) pensamiento algorítmico. Adicionalmente, se consideró la revisión de literatura de investigaciones anteriores realizadas sobre el desarrollo del pensamiento computacional (Adler et al., 2023; Çakiroğlu & Çevik, 2022; Ccopia Ybarra & Soares, 2022; Jawawi et al., 2022; Kerimbayev et al., 2023; Li et al., 2021; Sung et al., 2023; Tengler et al., 2022; Tsotanidou et al., 2021; Veenman et al., 2022; Wu & Su, 2021) y se creó, a partir de su respectivo análisis, una rúbrica de evaluación que

serviría de instrumento de recolección de datos, descrito en la Tabla 1, donde se evalúan las cinco habilidades definidas anteriormente, a partir de la identificación, análisis, interpretación y ejecución de cada parte involucrada en el proceso (elementos físicos/ de interfaz/bloques/ componentes del robot). El desarrollo de estas habilidades fue considerado en el diseño de las actividades de aprendizaje haciendo uso del kit de robótica Lego Education WeDo 2.0 durante la intervención, entrelazando el pensamiento computacional y la robótica educativa dirigida al fortalecimiento de las cinco habilidades. El reconocimiento de patrones permite a los estudiantes identificar esquemas regulares y aplicarlos eficientemente en la resolución de problemas, argumentando sus generalizaciones. Además, los estudiantes identificaron la importancia de cada componente del robot y bloque de la interfaz programable para desarrollar el proyecto. Del mismo modo, el análisis de datos y el pensamiento algorítmico les permitían comprender el proceso necesario para construir la solución, así como las instrucciones paso a paso de cada proyecto. Al concluir cada actividad, se fomentaba la colaboración para generar nuevas soluciones y analizar posibles fallos junto con sus posibles soluciones. En retrospectiva, se llevaba a cabo un balance general destacando lo aprendido en la sesión, mientras que cada estudiante reflexionaba y argumentaba sobre el éxito o las dificultades que presentaron en el desarrollo de la actividad.

Tabla 1
Rúbrica propuesta para evaluación de habilidades de pensamiento computacional

Indicador	Muy deficiente 1	Deficiente 2	Regular 3	Bien 4	Muy bien 5
Reconoce las partes y sus funciones.	No identifica las partes, ni sus funciones.	Identifica algunas partes y no tiene claro sus funciones.	Identifica las partes, pero no tiene claro sus funciones.	Identifica las partes y determina algunas de sus funciones.	Identifica las partes y determina sus funciones.
Identifica la contribución de cada parte para la solución del problema	No identifica la relevancia de cada parte y no tiene claro su contribución para la solución del problema.	Identifica la relevancia de algunas partes y no tiene claro su contribución para la solución del problema.	Identifica la relevancia de cada parte, pero no describe con precisión su contribución para la solución del problema.	Identifica la relevancia de cada parte y su contribución para la solución del problema de algunas de ellas.	Identifica la relevancia de cada parte y su contribución para la solución del problema.
Identifica patrones en la solución de un problema	No identifica patrones en la solución de un problema, ni su argumentación en la generalización en la solución de otro problema.	Identifica algunos patrones en la solución de un problema, pero no puede argumentar su generalización en la solución de otro problema.	Identifica patrones en la solución de un problema, pero no argumenta de manera correcta su generalización en la solución de otro problema.	Identifica patrones en la solución de un problema y puede argumentar parcialmente su generalización en la solución de otro problema.	Identifica patrones en la solución de un problema y puede argumentar su generalización en la solución de otro problema.
Analiza e interpreta el resultado o los datos obtenidos	No interpreta correctamente el resultado, dado el contexto y las limitaciones.	Interpreta parcialmente el resultado y no saca conclusiones coherentes con el contexto y las limitaciones.	Interpreta correctamente el resultado, pero las conclusiones no son coherentes con el contexto y las limitaciones.	Interpreta correctamente el resultado y saca conclusiones coherentes con el contexto, pero sin tener en cuenta las limitaciones.	Interpreta correctamente el resultado y saca conclusiones dado el contexto y las limitaciones.
El algoritmo presenta la solución completa, un orden lógico y es eficiente	No muestra una serie de pasos para modificar o construir el algoritmo, en orden lógico y eficiencia.	Muestra parcialmente una serie de pasos para modificar o construir el algoritmo, y falta orden lógico y eficiencia.	Muestra una serie de pasos completos para modificar o construir el algoritmo, pero algunos pasos no están en orden lógico.	Muestra una serie de pasos completos para modificar o construir el algoritmo, en orden lógico, pero falta eficiencia.	Muestra una serie de pasos completos para modificar o construir el algoritmo, en orden lógico y eficiente.

Nota: Elaboración propia.

3.4. RECOLLECCIÓN DE DATOS

Esta investigación recopiló datos sobre las habilidades de pensamiento computacional observadas en los estudiantes utilizando el kit de robótica Lego Education WeDo 2.0. Se empleó un muestreo no probabilístico por conveniencia, dado que el grupo de estudiantes ya estaba establecido antes del inicio de la investigación. Para ello, se diseñó un instrumento que fue aplicado antes y después del taller de robótica. Este instrumento utilizó una escala tipo Likert de 5 puntos (5 – Muy bien; 4 – Bien; 3 – Regular; 2 – Deficiente; 1 – Muy deficiente). Las preguntas se dividieron en cinco elementos enfocados en conceptos de pensamiento computacional: (i) Reconocimiento de patrones; (ii) Descomposición; (iii) Generalización; (iv) Análisis de datos; y (v) Pensamiento algorítmico.

Se realizó una prueba de rangos con signo de Wilcoxon de muestras pareadas, prueba no paramétrica, para analizar las diferencias en el desarrollo de las habilidades de los estudiantes antes y, después de la intervención, se diseñó una hipótesis nula y una hipótesis alternativa, las cuales son: “H0: No hay diferencia en el desarrollo de habilidades de pensamiento computacional antes y después del taller de robótica educativa” y “H1: Hay diferencia en el desarrollo de habilidades de pensamiento computacional antes y después del taller de robótica educativa”. Para la validación del instrumento, se implementó la técnica alfa de Cronbach para medir el nivel de confiabilidad, teniendo presente la escala recomendada por Peterson (1994), en la cual la medición es excelente si está por encima de 0,9 y bueno si está entre 0,8 y 0,9. El procesamiento de datos se realizó mediante el paquete estadístico IBM SPSS Statistics 22 para la validación del instrumento, estadística descriptiva y análisis inferencial para comprobación de hipótesis.

4. RESULTADOS

En cuanto a la validación del instrumento de recolección de datos, se aplicó el coeficiente alfa de Cronbach, obteniendo un alto nivel de confiabilidad con un valor de 0,943, lo que indica que el instrumento utilizado es confiable. La validez del contenido, verificando los conceptos abarcados, fue realizada por tres expertos, con experiencia en proyectos de pensamiento computacional en educación básica primaria. Utilizando el método Delphi (Gil & Pascual-Ezama, 2012), de los siete ítems iniciales del instrumento se excluyeron dos, por encontrar redundancia en ellos, hasta obtener los cinco ítems finales, que comprenden todos los aspectos relacionados con las habilidades de pensamiento computacional que se pretendían mejorar en este estudio.

Por otro lado, en la recopilación y análisis de datos, se empleó la prueba de Wilcoxon para evaluar el impacto de las diferentes dimensiones

del pensamiento computacional en el grupo de estudiantes. Los resultados mostraron mejoras estadísticamente significativas en todas las dimensiones evaluadas, con valores de p inferiores a 0,05. Estos hallazgos respaldan el rechazo de la hipótesis nula, lo que sugiere evidencia suficiente de una mejora en las habilidades de pensamiento computacional de los estudiantes después de participar en los talleres de robótica educativa.

En el análisis de los gráficos, se advierte que antes de iniciar el taller el 10,5% de los estudiantes se encontraban en la categoría de "Muy deficiente" y 78,9% en la categoría de "Deficiente" en la habilidad de "Pensamiento algorítmico", en la que se observaba el grado de completitud de la solución, el orden lógico y la eficiencia del armado y programación del robot, incluyendo el tiempo de finalización y el manejo de errores. Por otro lado, el instrumento aplicado posterior al taller muestra una mejora en esta habilidad del 52,6% en la categoría "Bien", 36,8% en la categoría "Muy bien" y solo el 10,5% en la categoría "Regular", representado en dos estudiantes que no tuvieron diferencias significativas en los resultados finales.

En cuanto a la observación sobre la habilidad de "Análisis de datos", en la cual se reparaba el grado de análisis e interpretación de los resultados, se obtuvo, inicialmente, 68,4% en la categoría "Deficiente" y el 5,3% en la categoría "Muy deficiente". Al finalizar el taller, se observó un 42,1% en la categoría "Bien", 47,4% en la categoría "Muy bien" y 10,5% en la categoría "Regular".

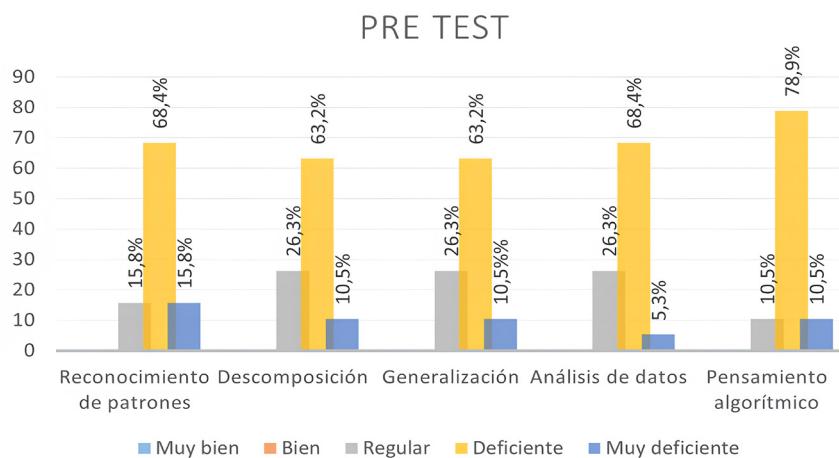
En la habilidad de "Generalización", los estudiantes debían argumentar la generalización de un problema basada en una solución anterior y fue donde mejor se pudo ver el progreso en el comportamiento de la variable, antes del taller se alcanzó un 63,2% en la categoría "Deficiente" y un 10,5% en la categoría "Muy deficiente", para luego del taller, obtener un 21,1% en la categoría "Bien" y un 68,4% en la categoría "Muy bien", reconociendo un factor muy positivo en esta habilidad en la cual los estudiantes identificaban y analizaban los componentes del robot y la interfaz, para luego aplicarla para solucionar las actividades previstas en otras sesiones del taller, este elemento también contribuye al desarrollo de las habilidades de "Reconocimiento de patrones" y "Descomposición".

En "Reconocimiento de patrones", de 68,4% en la categoría "Deficiente" y 15,8% en la categoría "Muy deficiente", se pasó a un 36,8% en la categoría "Bien" y 57,9% en la categoría "Muy bien", así como en "Descomposición", se obtuvo un 63,2% en la categoría "Deficiente" y 10,5% en la categoría "Muy deficiente", para luego obtener un 36,8% en la categoría "Bien" y 57,9% en la categoría "Muy bien".

Todo lo anterior evidencia que una de las habilidades del pensamiento computacional que más requiere orientación y tiempo para su asimilación y dominio es el pensamiento algorítmico de acuerdo con lo expuesto por Wu y Su (2021), mientras que el reconocimiento de patrones, la descomposición y generalización son más fáciles de asimilar y requieren menos tiempo (Jawawi et al., 2022).

Gráfico 1

Gráfico pretest de la evaluación de habilidades de pensamiento computacional

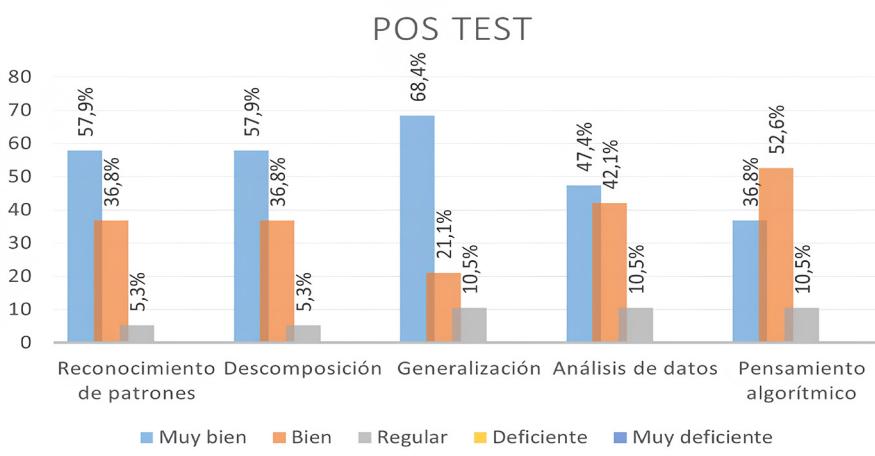


Nota: Elaboración propia.

El Gráfico 1 refleja grandes falencias en cuanto al desarrollo de habilidades de pensamiento computacional al inicio del estudio, donde se decidió observar su comportamiento sin el uso de tecnología, solo mediante el armado y funcionamiento de un juguete con el cual los niños se sintieran atraídos y cómodos, y percibir de manera natural cómo los estudiantes lo armaban y lo ponían en funcionamiento con muy pocas indicaciones. Como resultado, en todas las habilidades analizadas, más del 85% de los participantes tuvieron un desempeño deficiente, identificaban las partes del juguete, pero no tenían claro la función de cada parte; igualmente, necesitaban guía a cada paso para su solución, puesto que se les dificultaba determinar la secuencia lógica para el armado y correcto funcionamiento; por último, muy pocos estudiantes pudieron solucionar las variaciones propuestas a partir del juguete armado.

Gráfico 2

Gráfico postest de la evaluación de habilidades de pensamiento computacional



Nota: Elaboración propia.

A diferencia de la primera sesión, en el Gráfico 2, el cambio fue relevante en el desarrollo de las habilidades de pensamiento computacional estudiadas, los niños fueron mejorando progresivamente en cada una de las sesiones, familiarizándose cada vez más con las partes del robot y el entorno de programación, asociando más eficientemente los conocimientos adquiridos en las clases de robótica con las áreas temáticas de su currículo, creando soluciones en cada uno de los desafíos planteados de acuerdo a la historia propuesta “Exploración en Marte”.

Considerando el contexto rural, surgen importantes desafíos al intentar implementar talleres de robótica educativa para fomentar el desarrollo del pensamiento computacional como actividades extracurriculares complementarias al currículo proporcionado por el Ministerio de Educación Nacional. Estos desafíos incluyen la disponibilidad de recursos para el transporte a zonas remotas alejadas del casco urbano, así como la necesidad de suministrar recursos tecnológicos, los cuales deben ser completamente proporcionados por entidades externas, ya que las escuelas rurales carecen de los elementos necesarios para tal fin.

Por lo tanto, es fundamental la participación y presencia de entidades no gubernamentales, grupos comunitarios o instituciones de educación superior interesadas en fortalecer y/o resolver necesidades educativas muy puntuales de zonas rurales. Estas entidades pueden ofrecer nuevas oportunidades educativas y laborales a los estudiantes rurales en el futuro.

5. CONCLUSIONES

En este estudio, se observó el progreso de los estudiantes de grados tercero, cuarto y quinto de primaria de las sedes educativas rurales Usatama y Bermejal (Fusagasugá, Colombia) mediante actividades de enseñanza-aprendizaje de robótica educativa, utilizando el kit de robótica Lego Education WeDo 2.0, con una actividad previa sin uso de tecnología, para el desarrollo de habilidades básicas de pensamiento computacional. El resultado muestra un impacto positivo y significativo en el reconocimiento de patrones, descomposición y generalización. En lo que respecta al análisis de datos y pensamiento algorítmico, aunque se presentó un mejoramiento, no fue tan notable al logrado con las primeras tres habilidades. Esto puede deberse al grado de dificultad de los conocimientos esenciales sobre algoritmia y programación, requiriendo más tiempo de implementación para poder apropiarse adecuadamente de los conceptos hasta alcanzar un dominio de ellos. Además, es importante el cuidado de no enfocarse exclusivamente en la enseñanza de la sintaxis de programación, acompañando el proceso con un buen diseño de actividades de resolución de problemas vinculadas a la vida diaria que favorezcan el desarrollo del pensamiento computacional (Jawawi et al., 2022; Qu & Fok, 2022; Wu & Su, 2021). Cabe destacar que los estudiantes no contaban con experiencias previas de robótica y programación de computadores, lo cual resulta preciso

tener en cuenta al diseñar las actividades, puesto que este aspecto afecta los resultados de las habilidades del pensamiento computacional (Yilmaz Ince & Koc, 2021), por lo que es importante diseñar actividades en función de las habilidades y conocimientos de los estudiantes adquiridos a priori (Noh & Lee, 2020).

En consonancia con su implementación, para el diseño del taller de robótica se tomó en consideración el contexto educativo de la escuela, estableciendo analogías de temáticas planteadas en el plan de estudios, especialmente en el área de ciencias, con las actividades propuestas en cada sesión. Esto supone una afectación positiva en la asimilación de conceptos nuevos y su aplicación en la resolución de los problemas planteados, beneficiando el mejoramiento en las habilidades de pensamiento computacional, sin ser complejo y tedioso, favoreciendo la interacción con el robot, siendo una actividad atractiva e interesante para los niños, motivando el aprendizaje.

La programación de robots físicos ayuda a desarrollar mejor la capacidad para diseñar algoritmos, respecto al uso de solo un entorno gráfico (Angeli & Valanides, 2020; Caballero-González & García-Valcárcel Muñoz-Repiso, 2019; Wu & Su, 2021). Sin embargo, para garantizar el éxito en su implementación, se debe valorar la selección adecuada del mismo, así como el diseño de las actividades, teniendo en cuenta la edad (Paucar-Curasma et al., 2022), el estilo de aprendizaje (Díaz-Lauzurica & Moreno-Salinas, 2019), el nivel de desarrollo de los niños (Chiazzese et al., 2019) y el género (Sung et al., 2023). Lo anterior pudo evidenciarse en el desarrollo del taller, reconociendo al kit de robótica Lego Education WeDo 2.0 como una herramienta adecuada para la edad de los estudiantes que participaron en el estudio, de fácil manejo y comprensión tanto en sus componentes físicos como en su entorno de programación por bloques, adaptando cada actividad a temáticas de interés, sin distinción de género y considerando los estilos de aprendizaje de los niños, por lo cual las actividades tenían representación visual y auditiva.

En cuanto a las limitaciones de este estudio, el tamaño de la muestra es pequeño, debido a la naturaleza del contexto rural, la tasa de matrícula para escuelas de primaria es baja. Así mismo, no había garantía que todos los estudiantes vinculados inicialmente al estudio continuaran el proceso hasta el final, puesto que en algunas ocasiones las familias campesinas se desplazan a otras zonas de la región o del país en busca de oportunidades laborales, trasladando a los niños a otra institución educativa cercana al trabajo de los padres, algunos estudiantes vuelven a la escuela, otros no retornan. Esta misma situación dificulta de alguna manera el seguimiento continuo en la mejora de las habilidades de pensamiento computacional en los niños que no asisten de manera constante a la escuela, afectando en cierta medida el resultado esperado.

En trabajos futuros, los investigadores desean continuar llevando los talleres de robótica a zonas rurales apartadas para mejorar las habilidades de pensamiento computacional, prestando atención a otras metodologías pedagógicas y entornos de programación y/o robots, escalando y adaptando actividades didácticas para todos los niveles educativos, tomando en cuenta otros factores específicos de estudio en un contexto rural, tal como

la perspectiva de género e incentivar el interés por estudios superiores relacionados con la ingeniería y áreas afines, buscando disminuir la brecha de género, el analfabetismo tecnológico y la brecha en educación entre las zonas urbanas y rurales.

AUTORÍA DEL ARTÍCULO

Conceptualización, E.P.V.G.; Metodología, E.P.V.G.; Validación, E.P.V.G., J.E.Q.B.; Análisis formal, E.P.V.G., J.E.Q.B; Investigación, E.P.V.G., J.E.Q.B., A.E.M.H., D.O.M.P; Curación de datos, J.E.Q.B.; Redacción del borrador original, E.P.V.G.; Redacción de revisiones y correcciones, E.P.V.G., J.E.Q.B.; Supervisión, A.E.M.H.; Administración del proyecto, A.E.M.H.; Adquisición de financiamiento, A.E.M.H, D.O.M.P.. Todos los autores han leído y aceptan la publicación de este manuscrito.

CONFLICTO DE INTERESES

Los autores declaran que no existen conflictos de intereses externos, directos o indirectos, personales o financieros, relacionados con este artículo.

REFERENCIAS

- Abuzandah, S. (2021). Philosophy of learning by doing and pay attention to content. *Asian Journal of Sociological Research*, 4(1), 41-44. <https://journalsociology.com/index.php/AJSR/article/view/38>
- Adler, R. F., Hibdon, J. E., Kim, H., Mayle, S., Pines, B., & Srinivas, S. (2023). Assessing computational thinking across a STEM curriculum for pre-service teachers. *Education and Information Technologies*, 28(7), 8051-8073. <https://doi.org/10.1007/s10639-022-11508-4>
- Amo, D., Fox, P., Fonseca, D., & Poyatos, C. (2021). Systematic review on which analytics and learning methodologies are applied in primary and secondary education in the learning of robotics sensors. *Sensors*, 21(1), e153. <https://doi.org/10.3390/s21010153>
- Angeli, C., & Valanides, N. (2020). Developing young children's computational thinking with educational robotics: An interaction effect between gender and scaffolding strategy. *Computers in human behavior*, 105, e105954. <https://doi.org/10.1016/j.chb.2019.03.018>

Barria, C., Burbano, C. L., Cuellar Anturi, C. W., Draco, D. F., & Ortiz, W. (2020). Introduction to educational robotics in rural areas for the development of an obstacle detector controlled by a mobile app. *I+T+C: Research, Technology and Science*, 1(14), 25-33. <https://doi.org/10.57173/ritc.v1n14a3>

Caballero-González, Y. A., & García-Valcárcel Muñoz-Repiso, A. (2019). Fortaleciendo habilidades de pensamiento computacional en educación infantil: Experiencia de aprendizaje mediante interfaces tangible y gráfica. *RELATEC: Revista Latinoamericana de Tecnología Educativa*, 18(2), 133-149. <https://doi.org/10.17398/1695-288X.18.2.133>

Çakiroğlu, Ü., & Çevik, İ. (2022). A framework for measuring abstraction as a sub-skill of computational thinking in block-based programming environments. *Education and Information Technologies*, 27(7), 9455-9484. <https://doi.org/10.1007/s10639-022-11019-2>

Ccope Ybarra, L. A., & Soares, M. (2022). A robótica e o pensamento computacional na educação: Uma proposta de avaliação da aprendizagem baseada em projetos. *Dialogia*, (40), e21524. <https://doi.org/10.5585/40.2022.21524>

Chevalier, M., Giang, C., Piatti, A., & Mondada, F. (2020). Fostering computational thinking through educational robotics: A model for creative computational problem solving. *International Journal of STEM Education*, 7, e39. <https://doi.org/10.1186/s40594-020-00238-z>

Chiazzese, G., Arrigo, M., Chifari, A., Lonati, V., & Tosto, C. (2019). Educational robotics in primary school: Measuring the development of computational thinking skills with the Bebras tasks. *Informatics*, 6(4), e43. <https://doi.org/10.3390/informatics6040043>

Colmenares Escalona, A. M. (2012). Investigación-acción participativa: Una metodología integradora del conocimiento y la acción. *Voces y Silencios: Revista Latinoamericana De Educación*, 3(1), 102-115. <https://doi.org/10.18175/vys3.1.2012.07>

Colombia aprende. (2023, noviembre 1). *Escuelas STEM+: Fomento al pensamiento científico y tecnológico en la educación nacional*. <http://bit.ly/3RhXrJb>

ColombiaTIC. (2023, febrero 24). *Computadores para Educar*. <https://bit.ly/47NTnr7>

Constantinou, V., & Ioannou, A. (2018). Development of computational thinking skills through educational robotics [Conference paper]. 13th European Conference on Technology Enhanced Learning, Leeds, United Kingdom, 3-5 sept. 2018. <https://ceur-ws.org/Vol-2193/paper9.pdf>

Corredor Quintero, C., Gómez Bello, A., González Gil, S., & Aguirre Buenaventura, E. (2019). Uso de la robótica para el aprendizaje de las matemáticas en la educación primaria en la IES El Salitre, Hato, Cundinamarca. *Revista de Tecnología*, 18(1), 59-69. <https://revistas.unbosque.edu.co/index.php/RevTec/article/view/3766>

DANE. (2024). *Manual de Uso del Marco Geoestadístico Nacional en el Proceso Estadístico V. 3.0*. <http://bit.ly/3ZYqDKB>

Díaz-Lauzurica, B., & Moreno-Salinas, D. (2019). Computational thinking and robotics: A teaching experience in compulsory secondary education with students with high degree of apathy and demotivation. *Sustainability*, 11(18), e5109. <https://doi.org/10.3390/su11185109>

Fanchamps, N. L., Slangen, L., Hennissen, P., & Specht, M. (2021). The influence of SRA programming on algorithmic thinking and self-efficacy using Lego robotics in two types of instruction. *International Journal of Technology and Design Education*, 31(2), 203-222. <https://doi.org/10.1007/s10798-019-09559-9>

García-Valcárcel Muñoz-Repiso, A., & Caballero-González, Y. (2019). Robótica para desarrollar el pensamiento computacional en educación infantil. *Comunicar*, XXVII(59), 63-72. <https://doi.org/10.3916/C59-2019-06>

Gil, B., & Pascual-Ezama, D. (2012). La metodología Delphi como técnica de estudio de la validez de contenido. *Annales de Psicología / Annals of Psychology*, 28(3), 1011-1020. <https://doi.org/10.6018/analesps.28.3.156211>

Hudson, M.-A., & Baek, Y. (2022). Increasing elementary students' computational thinking skills using a multifaceted robotics-based intervention. *Computers in the Schools*, 39(1), 16-40. <https://doi.org/10.1080/07380569.2022.2037295>

Jawawi, D. N. A., Jamal, N. N., Abdul Halim, S., Sa'adon, N. A., Mamat, R., Isa, M. A., Mohamad, R., & Abdull Hamed, H. N. (2022). Nurturing secondary school student computational thinking through educational robotics. *iJET: International Journal of Emerging Technologies in Learning*, 17(03), 117-128. <https://doi.org/10.3991/ijet.v17i03.27311>

Karalekas, G., Vologiannidis, S., & Kalomiros, J. (2020). Europa: A case study for teaching sensors, data acquisition and robotics via a ROS-based educational robot. *Sensors*, 20(9), e2469. <https://doi.org/10.3390/s20092469>

Kerimbayev, N., Nurym, N., Akramova, A., & Abdykarimova, S. (2023). Educational robotics: Development of computational thinking in collaborative online learning. *Education and Information Technologies*, 28(11), 14987-15009. <https://doi.org/10.1007/s10639-023-11806-5>

Laboratorio de Economía de la Educación de la Pontificia Universidad Javeriana. (2023). *Características y retos de la educación rural en Colombia* [Informe análisis estadístico no. 79]. <https://bit.ly/3Rf8f18>

Li, X., Xie, K., Vongkulluksn, V., Stein, D., & Zhang, Y. (2021). Developing and testing a design-based learning approach to enhance elementary students' self-perceived computational thinking. *Journal of Research on Technology in Education*, 55(2), 344-368. <https://doi.org/10.1080/15391523.2021.1962453>

Mekonnen, F. D. (2020). Evaluating the effectiveness of 'learning by doing' teaching strategy in a research methodology course, Hargeisa, Somaliland. *African Educational Research Journal*, 8(1), 13-19. <https://files.eric.ed.gov/fulltext/EJ1242694.pdf>

MinEducacion (24 de marzo de 2023). *Programa de Alimentación Escolar (PAE)*. <https://bit.ly/3uYm4ml>

Noh, J., & Lee, J. (2020). Effects of robotics programming on the computational thinking and creativity of elementary school students. *Educational Technology Research and Development*, 68(1), 463-484. <https://doi.org/10.1007/s11423-019-09708-w>

Oyelere, S. S., Agbo, F. J., & Sanusi, I. T. (2022). Developing a pedagogical evaluation framework for computational thinking supporting technologies and tools. *Frontiers in Education*, 7, e957739. <https://doi.org/10.3389/feduc.2022.957739>

Panskyi, T., & Rowińska, Z. (2022). A holistic digital game-based learning approach to out-of-school primary programming education. *Informatics in Education*, 20(2), 255-276. <https://doi.org/10.15388/infedu.2021.12>

Papert, S. (1980). *Mindstorms: Children, computers, and powerful ideas*. Basic Books. <https://bit.ly/3RhYatT>

Paucar-Curasma, R., Villalba-Condori, K., Arias-Chavez, D., Le, N.T., Garcia-Tejada, G., & Frango-Silveira, I. (2022). Evaluación del pensamiento computacional utilizando cuatro robots educativos con estudiantes de primaria en Perú. *EKS: Education in the Knowledge Society*, 23, 25-34. <https://doi.org/10.14201/eks.26161>

Pérez-Acosta, G. X., & Mendoza-Moreno, M. Á. (2021). Robótica educativa: Propuesta curricular para Colombia. *Educación y Educadores*, 23(4), 577-595. <https://doi.org/10.5294/edu.2020.23.4.2>

Peterson, R. A. (1994). A Meta-analysis of Cronbach's Coefficient Alpha. *Journal of Consumer Research*, 21(2), 381-391. <https://doi.org/10.1086/209405>

Qu, J. R., & Fok, P. K. (2022). Cultivating students' computational thinking through student-robot interactions in robotics education. *International Journal of Technology and Design Education*, 32(4), 1983-2002. <https://doi.org/10.1007/s10798-021-09677-3>

Quemba, J. (2018). Informalidad Laboral en el Sector Rural Colombiano. *Econógrafos Escuela de Economía*, (124). Universidad Nacional de Colombia, FCE, CID. <https://fce.unal.edu.co/centro-editorial/docs/econografos-escuela-economia/124-informalidad-laboral-en-el-sector-rural-colombiano>

Ronsivalle, G. B., Boldi, A., Gusella, V., Inama, C., & Carta, S. (2019). How to implement educational robotics' programs in Italian schools: A brief guideline according to an instructional design point of view. *Technology, Knowledge and Learning*, 24(2), 227-245. <https://doi.org/10.1007/s10758-018-9389-5>

Sarmiento Lozano, J. L. (2022, Octubre 20). El universo de la escuela y los colegios rurales en Colombia. *Ruta Maestra*, (34), 128-136. <https://bit.ly/487tC50>

Shipepe, A., Uwu-Khaeb, L., De Villiers, C., Jormanainen, I., & Sutinen, E. (2022). Co-learning computational and design thinking using educational robotics: A case of primary school learners in Namibia. *Sensors*, 22(21), e8169. <https://doi.org/10.3390/s22218169>

Stewart, W. H., Baek, Y., Kwid, G., & Taylor, K. (2021). Exploring factors that influence computational thinking skills in elementary students' collaborative robotics. *Journal of Educational Computing Research*, 59(6), 1208-1239. <https://doi.org/10.1177/0735633121992479>

Sung, J., Lee, J. Y., & Chun, H. Y. (2023). Short-term effects of a classroom-based STEAM program using robotic kits on children in South Korea. *International Journal of STEM Education*, 10, e26. <https://doi.org/10.1186/s40594-023-00417-8>

Tengler, K., Kastner-Hauler, O., Sabitzer, B., & Lavicza, Z. (2022). The effect of robotics-based storytelling activities on primary school students' computational thinking. *Education Sciences*, 12(1), e10. <https://doi.org/10.3390/educsci12010010>

The LEGO Group. (2017). LEGO Education WeDo 2.0: Caja de herramientas. <https://bit.ly/4a7w0j3>

Tran, Y. (2019). Computational thinking equity in elementary classrooms: What third-grade students know and can do. *Journal of Educational Computing Research*, 57(1), 3-31. <https://doi.org/10.1177/0735633117743918>

Tsortanidou, X., Daradoumis, T., & Barberá, E. (2021). A K-6 computational thinking curricular framework: Pedagogical implications for teaching practice. *Interactive Learning Environments*, 31(8), 4903-4923. <https://doi.org/10.1080/10494820.2021.1986725>

Veenman, K., Tolboom, J. L., & van Beekum, O. (2022). The relation between computational thinking and logical thinking in the context of robotics education. *Frontiers in Education*, 7, e956901. <https://doi.org/10.3389/feduc.2022.956901>

Villar, R. (2010). El programa Escuela Nueva en Colombia. *Revista Educación y Pedagogía*, 7(14-15), 357-382. <https://bit.ly/3LClwYZ>

Wing, J. M. (2006). Computational thinking. *Communications of the ACM*, 49(3), 33-35. <https://www.cs.cmu.edu/~15110-s13/Wing06-ct.pdf>

Wu, S.-Y., & Su, Y.-S. (2021). Visual programming environments and computational thinking performance of fifth- and sixth-grade students. *Journal of Educational Computing Research*, 59(6), 1075-1092. <https://doi.org/10.1177/0735633120988807>

Yilmaz Ince, E., & Koc, M. (2021). The consequences of robotics programming education on computational thinking skills: An intervention of the Young Engineer's Workshop (YEW). *Computer Applications in Engineering Education*, 29(1), 191-208. <https://doi.org/10.1002/cae.22321>

i Universidad de Cundinamarca, Colombia.
<https://orcid.org/0000-0002-9916-4747>
evasquezgomez@ucundinamarca.edu.co

ii Universidad de Cundinamarca, Colombia.
<https://orcid.org/0000-0002-7442-0847>
jequevedo@ucundinamarca.edu.co

iii Universidad de Cundinamarca, Colombia.
<https://orcid.org/0000-0001-7482-9362>
anaesperanzamerchan@ucundinamarca.edu.co

iv Universidad de Cundinamarca, Colombia.
<https://orcid.org/0000-0001-7906-9518>
dmendezp@ucundinamarca.edu.co

Toda a correspondência relativa a este artigo deve ser enviada para:

Eva Patricia Vásquez Gómez
evasquezgomez@ucundinamarca.edu.co

Recebido em 03 de julho de 2024
Aceite para publicação em 04 de novembro de 2024
Publicado em 25 de julho de 2025

Robótica educativa para o desenvolvimento do pensamento computacional: um estudo numa escola rural da Colômbia

RESUMO

O objetivo deste estudo é analisar o progresso das competências de pensamento computacional utilizando a robótica educativa através de atividades de ensino-aprendizagem em alunos de uma zona rural da Colômbia. A intervenção envolveu 19 crianças do terceiro, quarto e quinto ano do ensino primário, com idades compreendidas entre os 7 e os 12 anos, com um único grupo de alunos, construindo e programando robôs com o kit de robótica Lego Education WeDo 2.0, sob a abordagem de aprendizagem ativa “Aprender fazendo”. Foi aplicado um instrumento antes e depois da implementação de um workshop para recolher dados sobre as competências observadas dos alunos, utilizando uma amostragem não probabilística e de conveniência. Para determinar o progresso dos alunos, foi efectuado um teste de Wilcoxon para amostras emparelhadas, um teste não paramétrico, que revelou uma melhoria significativa nas competências de pensamento computacional dos alunos da escola rural, especialmente no reconhecimento de padrões, decomposição e generalização. No caso da análise de dados e do pensamento algorítmico, evidenciou-se um progresso mais lento, tendo em conta o grau de dificuldade na apropriação de conceitos totalmente novos que requerem mais tempo de mediação pedagógica para alcançar resultados ótimos no processo, tendo, também, em conta que as crianças não tinham experiência prévia em programação informática e robótica.

Palabras clave: Robótica educativa; Pensamento computacional; Aprendizagem ativa; Escolas rurais; Ensino básico.

Educational robotics for the development of computational thinking: A study in a rural school in Colombia

ABSTRACT

The purpose of this study is to examine the progress of computational thinking skills using educational robotics through teaching-learning activities in students in a rural area of Colombia. The intervention involved 19 children in the third, fourth, and fifth grade of primary school, aged between 7 and 12 years, with a single group of students, building and programming robots with the Lego Education WeDo 2.0 robotics kit under the active learning approach "Learning by doing". An instrument was applied before and after the implementation of a workshop to collect data on the skills observed in the students, using a non-probabilistic sampling, by convenience. To determine the progress of the students, a Wilcoxon signed-rank test for paired samples, a non-parametric test, was performed, which revealed a significant improvement in the computational thinking skills of the rural school students, especially pattern recognition, decomposition and generalization. In the case of data analysis, and algorithmic thinking, slower progress was evidenced, taking into account the degree of difficulty in appropriating totally new concepts that require more time of pedagogical mediation to achieve optimal results in the process, also taking into consideration that the children had no previous experience in computer programming and robotics

Keywords: Educational robotics; Computational thinking; Active learning; Rural schools; Elementary school.