

Pensamiento Computacional mixto con robótica y reciclaje en un proyecto social



Revista EIA
ISSN 1794-1237
e-ISSN 2463-0950
Año XIX/ Volumen 22/ Edición N.43
Enero - junio 2025
Reia4309 pp. 1-27

Publicación científica semestral
Universidad EIA, Envigado, Colombia

PARA CITAR ESTE ARTÍCULO / TO REFERENCE THIS ARTICLE /

González Segura, I. M.; García García, M.; González Segura, S. A.; Canché Euán, M.; Solís Baas, N. V. y Jiménez, M. G.
Pensamiento Computacional mixto con robótica y reciclaje en un proyecto social

Revista EIA, 22(43), Reia4308 pp. 1-27.
<https://doi.org/10.24050/reia.v22i43.1827>

✉ Autor de correspondencia:

González Segura, I. M.
Doctorado
Correo electrónico:
gsegura@correo.uady.mx

Recibido: 19-09-2024
Aceptado: 10-12-2024
Disponibile online: 01-01-2025

✉ CINHTIA MARIBEL GONZÁLEZ SEGURA¹
MICHEL GARCÍA GARCÍA¹
SERGIO ALEJANDRO GONZÁLEZ SEGURA¹
MAXIMILIANO CANCHÉ EUÁN¹
NEYFIS VANESSA SOLÍS BAAS¹
MERLY GUADALUPE JIMÉNEZ¹

1. Universidad Autónoma de Yucatán, México

Resumen

El taller “Reciclaje con Ciencia” forma parte de un proyecto social implementado en una comunidad rural del Estado de Yucatán, México, dirigido a estudiantes de secundaria. El objetivo del taller es fomentar el aprendizaje académico y la formación integral de los estudiantes mediante el desarrollo de competencias en Ciencia, Tecnología, Ingeniería y Matemáticas (STEM), aplicando el aprendizaje basado en proyectos y los principios del pensamiento computacional. La metodología empleada es descriptiva, con un diseño experimental de enfoque mixto. En el taller se implementó el pensamiento computacional conectado y desconectado para construir dispositivos robóticos simples utilizando materiales reciclados. Los estudiantes tomaron como modelo el funcionamiento de los robots Lego Ev3 y diseñaron prototipos de carritos mecánicos. Este enfoque práctico y colaborativo permitió a los estudiantes comprender y aplicar conceptos STEM de manera efectiva, promoviendo además la creatividad y el trabajo en equipo. Adicionalmente, el taller incentivó el desarrollo de habilidades sociales y la conciencia ambiental, esenciales para el desarrollo integral de los estudiantes y su comunidad. Los resultados indican que la combinación de actividades conectadas y desconectadas es efectiva para enseñar conceptos complejos de una manera accesible y atractiva, beneficiando tanto el aprendizaje académico como el crecimiento personal de los estudiantes.

Palabras clave: Aprendizaje Basado en Proyectos, Comunidad Rural, Conciencia Ambiental, Creatividad, Educación Secundaria, Pensamiento Computacional, Reciclaje, Robótica, STEM, Trabajo en Equipo.

Mixed Computational Thinking with Robotics and Recycling in a Social Project

Summary

The workshop “Recycling with Science” is part of a social project implemented in a rural community in the state of Yucatán, Mexico, aimed at secondary school students. The objective of the workshop is to promote academic learning and the integral development of students by developing competencies in Science, Technology, Engineering, and Mathematics (STEM), applying project-based learning and the principles of computational thinking. The methodology employed is descriptive, with an experimental design of a mixed approach. In the workshop, both connected and unplugged computational thinking were implemented to build simple robotic devices using recycled materials. Students modeled their projects on the functioning of Lego EV3 robots and designed prototypes of mechanical carts. This practical and collaborative approach allowed students to effectively understand and apply STEM concepts, while also promoting creativity and teamwork. Additionally, the workshop encouraged the development of social skills and environmental awareness, which are essential for the integral development of students and their community. The results indicate that the combination of connected and unplugged activities is effective in teaching complex concepts in an accessible and engaging manner, benefiting both academic learning and the personal growth of the students.

Keywords: Computational Thinking, Creativity, Environmental Awareness, Project-Based Learning, Recycling, Robotics, Rural Community, Secondary Education, STEM, Teamwork

1. Introducción

Desde hace varios años, la educación enfrenta desafíos significativos a nivel mundial, especialmente en el ámbito de la Ciencia, Tecnología, Ingeniería y Matemáticas (STEM). La rápida evolución tecnológica y la demanda de habilidades del siglo XXI subrayan la necesidad urgente de mejorar la formación en estas áreas, con el fin de preparar a los estudiantes para un futuro cada vez más digital e interconectado. Al respecto, la Agenda Mundial de Educación 2030 destaca la importancia de una educación inclusiva y equitativa de calidad, que permita a todos los individuos adquirir las competencias necesarias para el desarrollo sostenible (Comisión Económica para América Latina (CEPAL), 2020).

En el contexto nacional de México, la brecha tecnológica y la disparidad educativa están claramente marcadas entre las áreas urbanas y rurales, según información del INEGI(2020b). Las escuelas en regiones rurales no tienen los recursos suficientes, empezando por el internet, cuyo acceso es del 76.6% en las zonas urbanas y 47.7% en las rurales (INEGI, 2020a).

Además del internet y otros recursos tecnológicos, con frecuencia se carece también de metodologías innovadoras y oportunidades de aprendizaje práctico, lo que afecta negativamente el rendimiento académico y limita el potencial de los estudiantes en las áreas STEM. La brecha tecnológica y educativa ocasiona que muchos jóvenes mexicanos de las zonas rurales no desarrollen todo su potencial, en un mercado laboral cada vez más competitivo y orientado a la tecnología, siendo más limitadas sus oportunidades educativas, de empleo y desarrollo económico (Lezama Ojeda y Orizaga Trejo, 2024).

En el estado de Yucatán, la brecha digital es muy pronunciada en las comunidades rurales, sin distinguir el nivel educativo. En la secundaria, se ha observado que los estudiantes enfrentan serias dificultades en el rendimiento académico y la aplicación práctica de conocimientos, lo cual restringe sus oportunidades de desarrollo personal y profesional, en una etapa determinante, como es la adolescencia.

Considerando lo anterior, en este documento se describe el taller “Reciclaje con ciencia” que forma parte del proyecto social denominado “Club de niñas y niños pensadores: resolviendo problemas con ciencia,

tecnología y emoción”, mediante el cual se promueven competencias STEM a partir del aprendizaje basado en proyectos y el desarrollo de los pilares del Pensamiento Computacional (CT: *Computational Thinking*, por sus siglas en inglés) desde un enfoque mixto, desenchufado y enchufado.

2. Marco teórico

De acuerdo con diversos autores, el CT se concibe como la capacidad de descomponer un problema en partes más pequeñas, identificar patrones y relaciones, crear algoritmos y probar soluciones; aunque estas habilidades se relacionan con la programación de computadoras, también son aplicables a la resolución de problemas en diversos ámbitos. Papert (1980), subraya la relevancia de esta habilidad en la educación, argumentando que la programación puede ser un medio para que los estudiantes expresen su creatividad y desarrollen habilidades de pensamiento crítico, también reconoce que el aprendizaje de la programación puede ser altamente desafiante, por lo que se requieren herramientas y entornos de aprendizaje adecuados para facilitar este proceso.

Al respecto, Wing (2006) señala que el CT es un proceso mental que implica la formulación de problemas de manera que una computadora pueda entenderlo, requiriendo el diseño, la implementación y la evaluación de soluciones, subrayando la importancia de comprender el comportamiento humano en este contexto. Esta autora resalta la utilidad del CT para la resolución de problemas en todas las disciplinas, por lo que considera que debe ser una competencia clave en los estudiantes de cualquier área y no solo para los científicos computacionales. Lo anterior es importante si se considera que para enfrentar los desafíos del siglo XXI se requieren estudiantes que egresen con las competencias necesarias que les permitan resolver problemas propios del mundo actual digital e interconectado, además de multicultural y multidisciplinario. En este sentido, el CT es considerado por varios autores como una competencia, al englobar un conjunto de habilidades conceptuales, procedimentales y actitudinales (Vásquez Acevedo et al., 2023).

En la revisión de la literatura, se encontró que algunos autores han abordado la problemática que prevalece en torno a la calidad de la educación aplicando el CT desde ambos enfoques: enchufado (con el uso de dispositivos electrónicos) y desenchufado (sin necesidad de computadoras y otros dispositivos). En el primer enfoque, en la educación básica destaca el uso de la robótica educativa (Barrera Ariza, 2024) y los Arduino (Quevedo-Benítez et al., 2024), la programación por bloques (Ortiz Yumisaca, 2024) usando entornos como Scratch (Franco-Giraldo y Vilorio-Lopez, 2021; Sotaminga y Apolo, 2022), Appinventor, entre otros. Desde el enfoque desenchufado se realizan actividades como las propuestas en la página de la iniciativa Bebras (International Bebras Community, 2022), juegos de mesa, laberintos y otros retos como los presentados por Mercado y Martínez (2023).

Sin embargo, en los contextos rurales comúnmente existen limitaciones tecnológicas, pero las intervenciones requieren realizarse con especial cuidado, tal como describen Jiménez y Gutiérrez (2024). Entonces, la implementación de programas educativos que fomenten el pensamiento computacional presenta desafíos interesantes, aun cuando en estas comunidades las personas poseen una riqueza cultural y una capacidad de resiliencia que pueden ser aprovechadas para diseñar programas educativos efectivos y culturalmente relevantes, la brecha digital, definida como la disparidad en el acceso a tecnologías de la información y la comunicación, puede dificultar la enseñanza de competencias STEM en estas áreas (González-Segura et al., 2018).

Diversos autores como Basogain, Olabe y Olabe (2015) y Weintrop et. al (2022) sugieren abordar problemas o necesidades reales en los centros educativos con el fin de incrementar el compromiso y la satisfacción en su resolución. Cabe señalar que, en consonancia con el planteamiento de estos autores, las propuestas aquí presentadas incluyen ambos tipos de actividades, enchufadas y desenchufadas, que permiten a los estudiantes reflexionar sobre sus creencias previas en relación con las prácticas, métodos y soluciones propuestas. En el estado de Yucatán, la implementación de proyectos educativos en comunidades maya hablantes enfrenta desafíos adicionales debido a la brecha digital y las limitaciones en recursos educativos. No obstante, estas comunidades tienen una riqueza cultural que puede ser integrada en los proyectos educativos para hacerlos más relevantes

y efectivos. Otros estudios (Hurtado-Morales y Adrián-Loor, 2024) han demostrado que los proyectos educativos que respetan y valoran la cultura local pueden mejorar significativamente la participación y el rendimiento académico de los estudiantes.

Para abordar estas problemáticas, se han utilizado varias metodologías educativas innovadoras que han demostrado ser efectivas en contextos similares. Una de ellas es el modelo educativo dual, que combina formación teórica y práctica, mostrando ser eficaz en la preparación de los estudiantes para el mercado laboral al proporcionar una experiencia de aprendizaje más completa y aplicable (Hernández, 2024). En Colombia, Salazar (2023) describe su experiencia de promover el CT en contextos rurales de Colombia, encontrando que el CT en ambas modalidades, conectada y desconectada, puede beneficiar a estudiantes y docentes.

Otra metodología relacionada con este documento es el Aprendizaje Basado en Proyectos (ABP) que permite involucrar a los estudiantes en proyectos significativos y reales, fomentando un aprendizaje activo y contextualizado. Se ha logrado mejorar la motivación y la comprensión de los estudiantes, especialmente en contextos de educación STEM (Gesquière y Hermans, 2024). Además, la inclusión de materiales didácticos novedosos y enfoques pedagógicos que faciliten la apropiación del conocimiento en ambientes de aula también motivan el aprendizaje. (Quevedo-Benítez et al., 2024).

Considerando lo anterior, el estudio que aquí se presenta está enmarcado en un proyecto social implementado en el período 2022-2025, con tres etapas anuales. El taller que aquí se describe se denominó Reciclaje con Ciencia, su objetivo fue promover la conservación y protección del medio ambiente, la racionalización de los recursos naturales, así como el reúso, reducción y reciclaje de los residuos tecnológicos, simultáneamente con el desarrollo del pensamiento computacional y las competencias STEM.

3. Metodología

La investigación se describe desde un enfoque mixto que incluyó la recolección y el análisis de datos cuantitativos y cualitativos. Estos datos fueron analizados para medir el desempeño de los estudiantes de nivel secundaria de una comunidad rural maya hablante del oriente del estado de Yucatán y describir el fenómeno estudiado.

Durante el ciclo escolar 2022-2023 la escuela secundaria en la que se contextualiza este estudio contaba con una población de 285 estudiantes distribuidos en los tres grados (1º, 2º y 3º), con tres grupos por grado: A, B y C. Considerando los objetivos y la duración del proyecto en el que se enmarca la investigación, se decidió acotar la población a los 94 estudiantes que cursaban el primer grado, quienes participaron de manera voluntaria en el proyecto. De esta manera, los tres años que corresponden a este período de su formación académica coinciden con la duración del proyecto social antes mencionado.

Posteriormente, mediante un muestreo aleatorio y equitativo, fueron seleccionados los estudiantes que participaron en cada uno de los talleres del proyecto. Específicamente, el taller Reciclaje con Ciencia se impartió al grupo café conformado por 23 estudiantes que cursaban el primer grado, siendo 14 hombres y 9 mujeres, con edades entre los 11 y 14 años. Las sesiones del taller fueron presenciales, con una duración de 6 horas, distribuidas en 3 sesiones de 2 horas por sesión.

En este taller se utilizaron robots Lego EV3 como punto de partida para identificar posibles diseños y maneras de utilizar componentes básicos como motores, sensores, engranes, ejes, ruedas, entre otros. A continuación, se describen las actividades que fueron realizadas, mismas que se planearon considerando las características de la población objetivo perteneciente a una comunidad Yucateca maya hablante, quienes poseen un alto grado de marginación, lo cual repercute directamente en su desarrollo tecnológico.

Actividad 1. Feria de robótica y cuidado del medio ambiente

El taller dio inicio en junio de 2023 con una feria de concientización ambiental, donde se instalaron diversos stands con el objetivo de resaltar la importancia del cuidado del medio ambiente a través de un enfoque lúdico e interactivo. En esta feria se dispusieron cinco espacios de trabajo (stands) que abordaron distintos temas ambientales, utilizando robots LEGO NXT y Bioloid Premium, además de carteles y otros materiales físicos.

Se invitó a participar a los 94 estudiantes de primer grado, aunque asistieron aproximadamente 80, quienes fueron organizados en cinco grupos equilibrados por género de forma aleatoria. Estos grupos recorrieron la feria de manera secuencial y sincronizada, dedicando 15 minutos a cada stand. Las exposiciones fueron dirigidas por profesores y estudiantes universitarios de ingeniería de software, quienes realizaron su servicio social en el marco de este proyecto.

En la feria se emplearon materiales impresos que proporcionaban información sobre la importancia del cuidado ambiental, además de algunas piezas del kit de robótica EV3 y diversos diseños de robots contruidos con Lego EV3, una tableta para controlar un robot vía Bluetooth y el entorno de programación por bloques de LEGO Mindstorms. A continuación, se describen los cinco stands que conformaron la feria.

Stand 1. Importancia de cuidar el medio ambiente.

En la feria, se utilizaron carteles impresos que se expusieron de forma interactiva para abordar temas relacionados con el cambio climático, la contaminación y la importancia de cuidar el medio ambiente. También se explicó cómo llevar a cabo acciones responsables, como el reciclaje y la correcta disposición de residuos, clasificándolos en orgánicos e inorgánicos. Además, se alentó a los estudiantes a establecer un punto de recaudación de pilas y dispositivos electrónicos en su escuela, con el objetivo de canalizarlos hacia los puntos verdes ubicados en la capital del estado.

Los estudiantes tuvieron la oportunidad de interactuar con un dispositivo electrónico construido con piezas recicladas y con un robot capaz de clasificar objetos por colores, simulando desechos

orgánicos e inorgánicos. Durante la actividad, se respondieron diversas preguntas planteadas por los estudiantes, tales como: ¿cuánto cuesta un robot? ¿cómo se programa un robot? ¿quién los construyó y programó?, entre otras.

Figura 1. Estudiantes visitando el stand sobre el cuidado del medio ambiente.



Stand 2. Partes que componen un robot

En este stand se exhibieron algunas de las piezas que componen el kit de Lego Mindstorms EV3, el mismo que se utilizó para construir los diseños robóticos presentados en la feria. Se demostraron las diversas formas de emplear motores, sensores, ejes, ruedas, entre otros componentes. Además, se explicó que con estas piezas es posible construir una variedad de modelos robóticos que, si se producen a gran escala, pueden ser de gran utilidad para el cuidado del medio ambiente. Entre los ejemplos mencionados se encuentran dispositivos para regar cultivos cuando sea necesario, clasificadores de basura y vehículos ecológicos.

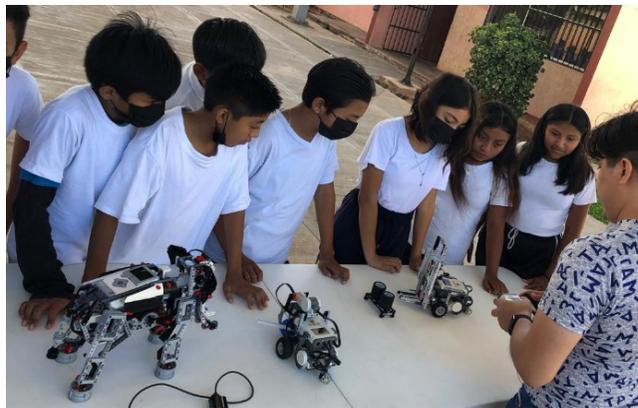
Figura 2. Exposición de las piezas LEGO y su funcionamiento.



Stand 3. Ejemplos de robots LEGO

Aunque en todos los stands se presentaron diferentes diseños robóticos, en este caso se procuró que los visitantes identificaran las características de los motores, sensores, llantas, ejes y demás elementos de cada diseño robótico. Entre los modelos expuestos se incluyó un juego conocido como “topo”, con el cual los estudiantes interactuaron utilizando un mazo, además de un elefante que podían controlar desde una tableta conectada por Bluetooth, de esta manera podían controlar el movimiento de la cabeza y la trompa del elefante, así como hacer que avanzara y retrocediera. Esta actividad permitió dar a conocer conceptos básicos de la robótica de manera interactiva, facilitando la comprensión de su funcionamiento y aplicaciones.

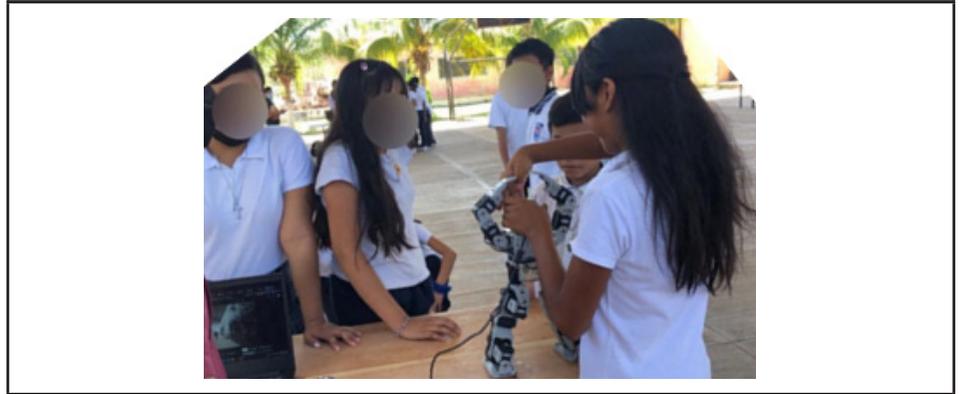
Figura 3. Diseños robóticos contruidos con el kit Lego Ev3



Stand 4. Ejemplos de robots Bioloid

Uno de los modelos destacados en este stand fue un humanoide construido con el kit Bioloid Premium, programado con una rutina de baile que sorprendió a los visitantes debido a sus movimientos fluidos, gracias a los 16 servomotores que posee. Se presentó el baile del “Gangnam Style” y, más recientemente, se ha logrado que este robot ejecute los pasos de la jarana yucateca. También se mostró una araña con seis patas, que camina mediante movimientos sincronizados de sus motores y reacciona cuando sus sensores detectan movimiento.

Figura 4. Diseños robóticos construidos con el kit Bioloïd Premium



Stand 5. Programación de robots LEGO EV3.

En el aula tecnológica de la escuela, se abordó el concepto de algoritmo utilizando bloques de código elaborados con piezas de cartón. Estas piezas permitieron a los estudiantes crear secuencias de código sin necesidad de usar equipos de cómputo. Posteriormente, con el uso de computadoras y tabletas, los estudiantes desarrollaron un programa básico utilizando la interfaz de programación por bloques de Lego Mindstorms, lo que les permitió observar el funcionamiento de los motores, sensores, imágenes en pantalla y sonidos. Aquí, los estudiantes también exploraron el entorno gráfico de programación por bloques de Lego Mindstorms para el kit Lego EV3, profundizando así en el aprendizaje práctico de la robótica y la programación.

Figura 5. Algoritmo con instrucciones (a) usando piezas de cartón, (b) estudiantes interactuando y (c) entorno de programación por bloques de Lego Minstorms Ev3.



En general, el recorrido de esta feria permitió que todos los estudiantes interactuaran con las actividades preparadas en los

distintos stands, donde el tema central fue el cuidado del medio ambiente y las maneras en que la robótica puede contribuir a mejorarlo. La feria se realizó poco antes de concluir el ciclo escolar 2022-2023.

Actividad 2. Selección y armado de proyectos

La segunda sesión del taller tuvo lugar después del receso escolar, al inicio del ciclo 2023-2024, y participaron exclusivamente los estudiantes del grupo café. Se solicitó que llevaran materiales inservibles que pudieran ser reutilizados, tales como dispositivos con motores en desuso, discos compactos, envases PET, tapas, cajas, cartones, cables, entre otros.

Al inicio de la sesión, los instructores presentaron siete propuestas de proyectos para construir con los materiales disponibles. Tales propuestas fueron: un juguete hecho con discos compactos e impulsado por ligas (Science World Society, 2024), una trampa para mosquitos (Gobierno del Estado de Sonora, 2013), una trampa para ratones (Ecoinventos green technology, 2021), un carrito eléctrico (Ecoinventos green technology, 2022; LXG Design, 2015), una linterna (MN del Golfo, s. f.), un enfriador de aire sin electricidad (Reto Kömmerling, 2017) y un calentador solar de agua (Ecoinventos green technology, 2024). Los participantes se organizaron en equipos de 5 a 6 integrantes y eligieron libremente su proyecto. Sin embargo, todos los equipos optaron por construir un carrito eléctrico, utilizando diferentes materiales y diseños, como se muestra en la Figura 6.

Figura 6. Equipo de estudiantes construyendo su carrito mecánico.



Durante esta sesión, cada equipo recibió apoyo de los estudiantes y profesores universitarios para utilizar herramientas como cortadoras, taladros y equipos de soldadura. Para algunos estudiantes, estas actividades representaron su primera experiencia en el manejo de estas herramientas, lo que les permitió adquirir habilidades prácticas y aumentar su confianza en el uso seguro de equipos tecnológicos. Con la guía de los profesores, los estudiantes soldaron, pegaron y ensamblaron las piezas, cables y motores para hacer funcionar sus carritos. Esta actividad fortaleció la colaboración y el trabajo en equipo entre los estudiantes, todos enfocados en el objetivo compartido de construir el carrito como parte integral del proyecto de la clase.

Al finalizar la sesión, algunos equipos lograron finalizar la construcción de sus carritos, mientras que otros necesitaron más tiempo. Se acordó que los estudiantes completarían la construcción de sus carritos como una actividad extracurricular, promoviendo así la responsabilidad individual y la continuación del aprendizaje práctico fuera del horario regular de clases.

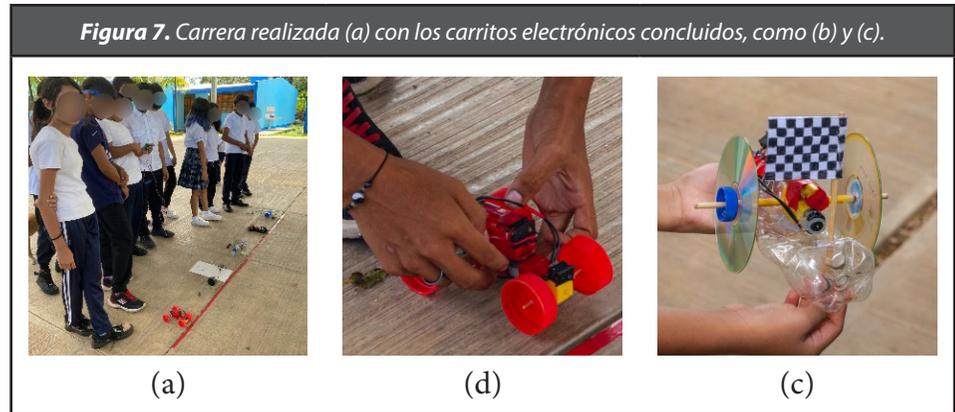
Actividad 3. Finalización de proyectos y competencia.

En la tercera sesión, algunos de los dispositivos previamente construidos ya no estaban disponibles, por lo que fue necesario comenzar de nuevo su construcción. Sin embargo, esta vez el proceso fue más ágil, ya que los estudiantes necesitaron menos apoyo al saber cómo utilizar las herramientas y las piezas disponibles para desarrollar sus diseños. Se observó una mayor autonomía entre los miembros de cada equipo y menos necesidad de ayuda por parte de los profesores.

Mientras los estudiantes trabajaban en la construcción de sus carritos, se discutieron de manera informal los pilares del pensamiento computacional, relacionándolos con el proceso implementado durante las sesiones de este taller. También se abordaron algunos conceptos mecánicos y algorítmicos, fomentando la conciencia ambiental y el trabajo en equipo.

Al concluir la sesión, se llevó a cabo una competencia de carritos, donde se analizaron los materiales y configuraciones de los carritos que lograron moverse más rápido y con mayor precisión. En la Figura

7 se pueden observar los dispositivos participando en la competencia, junto con sus creadores.



En la segunda etapa del proyecto, se han realizado dos ferias de aprendizaje donde los expositores son los estudiantes de la escuela secundaria. En la primera feria, que tuvo lugar el 17 de mayo de 2024, los estudiantes de segundo grado expusieron sus proyectos y experiencias ante sus tutores, con el objetivo de fomentar un mayor involucramiento y apoyo por parte de los tutores hacia sus tutelados. En la segunda feria, realizada el 28 de mayo, los mismos estudiantes presentaron sus aprendizajes y experiencias a los estudiantes de primer año, con la intención de asegurar la continuidad de estas actividades con las generaciones siguientes incluso después de que el proyecto social concluya oficialmente.

En la Figura 9 se pueden observar ambas ferias de aprendizaje: a la izquierda, una madre de familia interactuando con un robot, y a la derecha, un grupo de estudiantes interactuando con un elefante controlado por Bluetooth desde una tableta.

Figura 8. Ferias de aprendizajes (a) con tutores y (b) con pares.



Ambas ferias tuvieron una duración de 2 horas, durante las cuales los visitantes tuvieron la oportunidad de recorrer este y los otros stands correspondientes a los diferentes talleres del proyecto, mencionados anteriormente. De esta manera, se ha completado un ciclo que comenzó cuando los estudiantes protagonistas del proyecto participaron como visitantes en la primera feria ambiental. En estas dos últimas ferias, ellos actuaron como expositores frente a sus tutores, docentes y compañeros de la siguiente generación, mostrando sus proyectos y compartiendo sus experiencias.

Las actividades descritas previamente están relacionadas con los cuatro pilares del pensamiento computacional desde un enfoque mixto (desenchufado y enchufado), como se describe en la Tabla 1.

Tabla 1. Pilares del CT abordados durante el taller Reciclaje con Ciencia

Pilar	Enfoque desenchufado	Enfoque enchufado
Descomposición	En la construcción de carritos con materiales reciclados, los estudiantes descomponían la tarea en pasos más pequeños, como seleccionar los materiales adecuados, diseñar la estructura del carrito y ensamblar las piezas.	Al usar los robots Lego EV3, los estudiantes dividieron un problema complejo en partes más pequeñas y manejables, identificando los bloques de programación que debían ensamblar para lograr lo deseado en el robot.
Reconocimiento de Patrones	En la fase de diseño y construcción de los carritos, los estudiantes reconocieron patrones en los materiales y las estructuras que son similares a un automóvil real, para lograr un mejor rendimiento en velocidad y precisión.	Al observar el comportamiento de los robots Lego EV3, los estudiantes identificaron patrones en el diseño y la estructura de los motores para construir un prototipo similar con sus materiales reciclados.
Abstracción	Al utilizar materiales reciclados para construir los carritos, los estudiantes abstraieron la idea de movilidad y diseño eficiente, aplicando conceptos generales a contextos específicos, como el uso de ejes y tapas para facilitar el movimiento, dejando en segundo término la apariencia y otros detalles de menor importancia.	Trabajar con robots Lego EV3 permitió a los estudiantes abstraer conceptos de programación y mecánica, aplicando estos principios a diferentes tareas y problemas, como programar el movimiento de los motores para lograr la movilidad deseada en el robot.
Algoritmos	En la construcción de los carritos, los estudiantes siguieron una secuencia de pasos al construir sus carritos, ensamblando las piezas y probando diferentes configuraciones para mejorar el rendimiento.	Los estudiantes desarrollaron y refinaron algoritmos simples para programar los robots Lego EV3, secuenciando instrucciones para que los robots realizaran tareas específicas.

El proyecto social está cerca de concluir su segunda etapa, durante la cual se capacitó a los docentes en temas de salud y manejo de emociones en adolescentes. Como continuación, se planea establecer el Club de Niñas y Niños Pensadores, integrado por los estudiantes que participaron como expositores en las ferias y actividades del proyecto. Este club permitirá que los estudiantes sigan capacitándose y participando en actividades similares, donde puedan compartir sus conocimientos y generar nuevos aprendizajes. El objetivo es que puedan aplicar estas habilidades para abordar y resolver problemas específicos de su contexto.

Una vez concluido el taller, se administró el Test de CT de manera impresa y grupal, donde los estudiantes resolvieron los 13 ejercicios de Bebras del instrumento de Rondón (2020). Posteriormente, se llevó a cabo una encuesta que incluyó preguntas abiertas para recabar la opinión de los participantes sobre el taller “Reciclaje con Ciencia”.

Además de recopilar información estadística sobre los participantes, las preguntas de la encuesta exploraron su interés en continuar estudios de bachillerato, particularmente en áreas relacionadas con tecnología o matemáticas. También se solicitó a los estudiantes que identificaran aspectos positivos, negativos y áreas de mejora del taller. Finalmente, se les preguntó cómo planeaban aplicar en su comunidad lo aprendido en el taller y si tenían algún comentario adicional sobre el proyecto en general.

Figura 9. Vista del Test de CT (Rondón, 2020)

The image shows a screenshot of the Bebras Test interface. At the top, there are logos for UADY (Universidad Autónoma del Estado de Yucatán) and W.K. Kellogg Foundation. The title "Test de Bebras" is prominently displayed. Below the logos, the objective of the test is stated: "El objetivo del test es obtener información relacionada con el desarrollo del pensamiento computacional. Los datos estadísticos serán utilizados con fines de investigación y de manera confidencial." The instructions section, titled "INSTRUCCIONES", provides guidelines for answering the questions, emphasizing that answers should be marked on a separate sheet and that all options should be analyzed. The main question, "PREGUNTA 1. PULSERA", describes a broken bracelet and asks the user to identify which of four options (A, B, C, D) shows the bracelet as it was before it broke. The bracelet is shown as a string of six colored beads: a pink square, a green circle, a blue pentagon, a yellow star, an orange triangle, and a light green hexagon. The four options (A, B, C, D) show different arrangements of these six beads in a circular pattern.

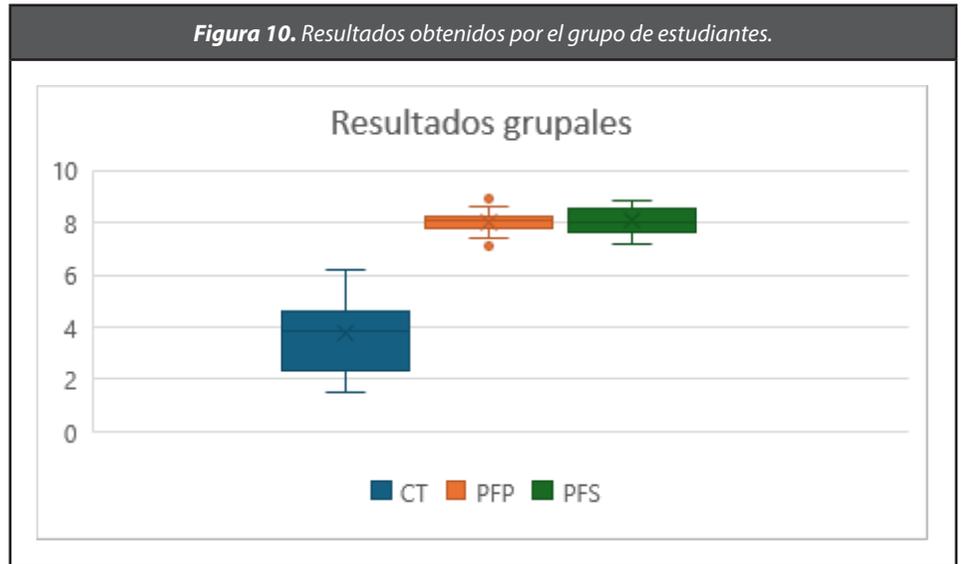
4. Resultados

Con las actividades descritas en la Tabla 1, se logró implementar un enfoque mixto (enchufado y desenchufado), combinando el uso de materiales reciclados con tecnología. Esto facilitó la comprensión de los principios del pensamiento computacional y promovió la creatividad, colaboración y resolución de problemas. Estos resultados se alinean con los objetivos de formación integral y desarrollo comunitario del proyecto.

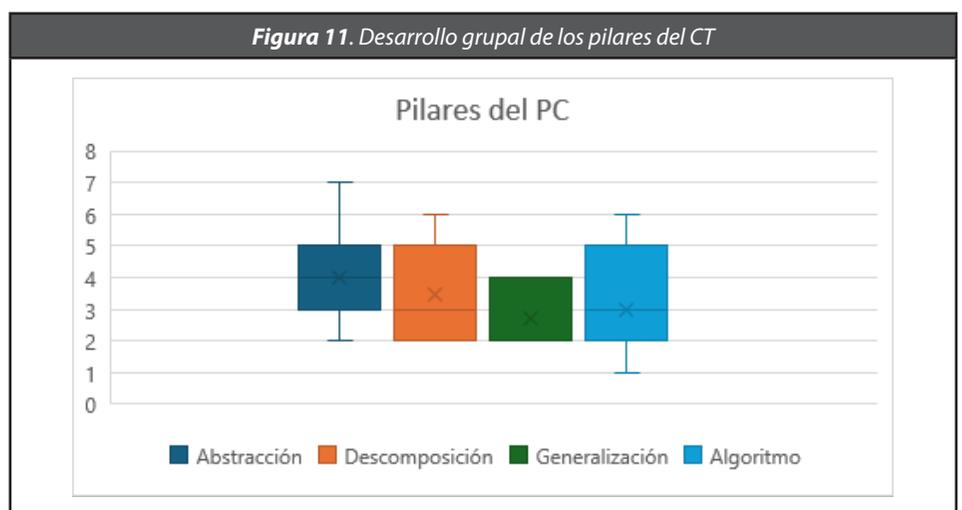
5. Análisis cuantitativo

El Test de Pensamiento Computacional (CT) se aplicó a un grupo de 15 estudiantes, compuesto por 5 mujeres y 10 hombres, con edades entre 13 y 15 años, que asistieron a la última sesión del taller. Los puntajes oscilaron entre un mínimo de 2 y un máximo de 8 aciertos de un total de 13 reactivos. El promedio de aciertos fue de 4.8, lo que refleja una necesidad de fortalecer el desarrollo de habilidades de pensamiento computacional entre los participantes.

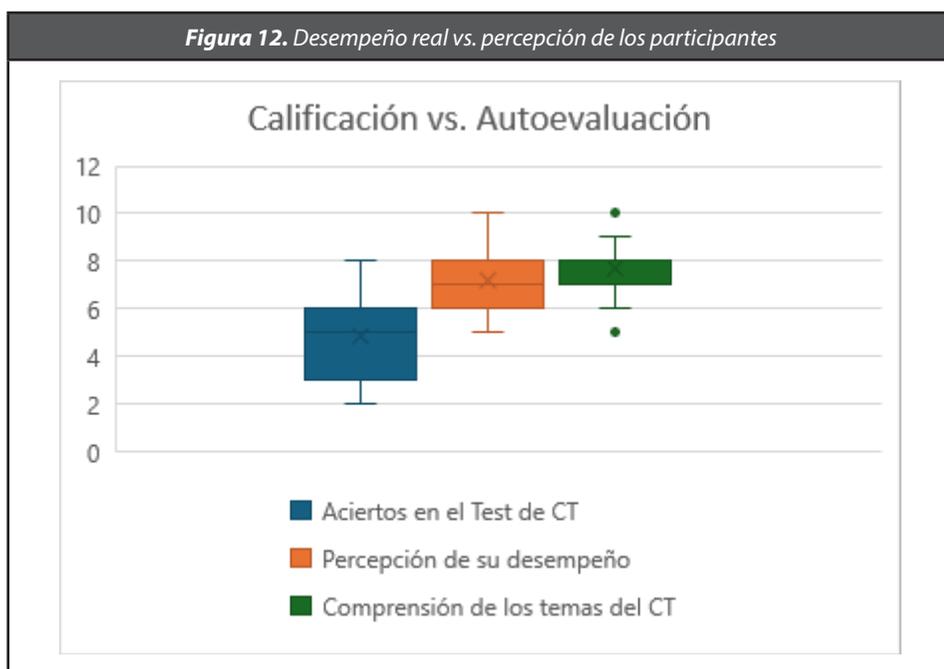
Además, se recopilaron las calificaciones finales promedio del ciclo inmediato anterior de los participantes, correspondientes a la educación primaria (PFP), y se compararon con las calificaciones finales obtenidas al finalizar el primer grado de secundaria (PFS). Los resultados mostraron una mejora en el promedio académico del grupo. El promedio de calificaciones del grupo café aumentó de 7.97 en primaria a 8.06 en secundaria. Estos resultados se presentan gráficamente en la Figura 10, donde CT corresponde a los puntajes del Test de CT aplicado, PFP a las calificaciones promedio previas (educación primaria) y PFS a las calificaciones obtenidas al finalizar el primer grado de educación secundaria. En los tres casos, los valores corresponden a una escala de 1 a 10.



Por otro lado, se analizó el desempeño de cada pilar del Pensamiento Computacional (CT), de acuerdo con la clasificación presentada por Rondón (2020). Los resultados grupales promedio fueron los siguientes: en abstracción, 4.0 puntos; en descomposición, 3.5 puntos; en generalización, 2.5 puntos; y en pensamiento algorítmico, 3.0 puntos. Estos datos se presentan en la Figura 11, proporcionando una visión detallada de las áreas específicas en las que los estudiantes necesitan mejorar dentro del ámbito del pensamiento computacional.



Finalmente, se analizaron las respuestas proporcionadas por los participantes en las últimas dos preguntas del test, las cuales estaban enfocadas en la autoevaluación de los propios estudiantes. La autoevaluación reflejó las calificaciones que los estudiantes se otorgaron a sí mismos en respuesta a las siguientes preguntas: “Del 1 al 10, ¿cómo consideras que has respondido el test anterior?” y “¿Cómo consideras que es tu comprensión de los temas del test?”. Los resultados de estas autoevaluaciones proporcionan una perspectiva adicional sobre la percepción de los estudiantes acerca de su desempeño y comprensión de los temas abordados en el test de CT.



Los resultados obtenidos en el test fueron bajos, contrastando notablemente con la propia percepción de los estudiantes y el entusiasmo demostrado durante la construcción de carritos y la programación de robots. Esta discrepancia se refleja en los comentarios positivos y la alta autoevaluación que los participantes dieron a su desempeño y comprensión de los temas. A pesar de los puntajes bajos en el test, los estudiantes expresaron confianza en sus habilidades y un alto grado de satisfacción con las actividades prácticas realizadas, indicando un compromiso y motivación significativos que no se vieron reflejados en los resultados del test.

6. Análisis cualitativo

Las preguntas abiertas de la encuesta fueron respondidas por los mismos 15 estudiantes. Todos ellos expresaron interés en continuar sus estudios de bachillerato después de la secundaria. Trece estudiantes (87%) manifestaron su deseo de estudiar carreras relacionadas con tecnología o matemáticas, mientras que dos indicaron preferencias por disciplinas como arquitectura, gastronomía y otras áreas variadas.

En cuanto a su opinión sobre el taller “Reciclaje con Ciencia”, los estudiantes destacaron que las clases fueron “interesantes y divertidas”, permitiéndoles aprender sobre motores, desarrollar su creatividad, trabajar con materiales simples y crear dispositivos. No obstante, algunos expresaron que las preguntas del Test de Pensamiento Computacional y el hecho de tener que llegar temprano a la escuela no fueron de su agrado; cabe mencionar que la escuela es del turno vespertino, pero las actividades del proyecto se implementaron en el turno matutino para no afectar las clases. Un estudiante mencionó molestias por el ruido durante las actividades de construcción, sobre todo al taladrar agujeros en los materiales reciclados.

Las sugerencias para mejorar el taller incluyeron la obtención de más materiales interesantes y divertidos, la minimización del ruido durante las actividades, y el fomento de una mayor reflexión en los estudiantes. Además, los participantes indicaron que aplicarán lo aprendido en su comunidad, promoviendo el reciclaje y compartiendo los conocimientos adquiridos. Sus comentarios sobre el proyecto fueron mayoritariamente positivos, agradeciendo las enseñanzas y el apoyo recibido.

Por otro lado, tanto los estudiantes como los profesores han adquirido un entendimiento más profundo de la robótica educativa, el aprendizaje basado en proyectos y el pensamiento computacional. Esto los motivó a participar en la convocatoria “Impulsando Robótica y STEAM en Yucatán”, emitida por la SEGEY en colaboración con la Fundación Kellogg y la Fundación Robotix. Recientemente, la escuela secundaria fue seleccionada para recibir cinco kits robóticos SPIKE Prime, lo que permitirá a los estudiantes continuar fortaleciendo sus competencias STEM bajo la capacitación continua de sus profesores dentro de este programa.

7. Conclusiones

En este documento se han descrito las actividades implementadas en el taller Reciclaje con Ciencia, en el que se implementa el CT desde un enfoque mixto: desenchufado y enchufado. Durante el taller, los estudiantes desarrollaron su CT mediante la construcción de un carrito mecánico (enfoque desenchufado), y la interacción con robots LEGO Ev3 de Minsdtorms. Simultáneamente, se hicieron conscientes de la importancia de cuidar el medio ambiente y aprendieron que hay muchas formas de reutilizar diversos materiales como envases PET, tapas, cajas de cartón, palitos, botones, entre otros.

Para evaluar el impacto de este proyecto, se aplicó una prueba para medir el desarrollo del pensamiento computacional en los estudiantes, aunque los resultados fueron bajos, a diferencia del interés mostrado por realizar actividades prácticas en el aula, mostrando que la mayoría de los participantes prefieren resolver problemas físicos que abstractos. La mayoría de los participantes mostró cierto desinterés al realizar la prueba, tal como algunos de ellos manifestaron en la encuesta final presentada en la Tabla 1, donde mencionaron que no les gustó “la prueba”. Como trabajo futuro, se planea medir nuevamente el CT para observar si hay alguna diferencia después de las últimas actividades realizadas.

Por otro lado, se considera que los estudiantes se beneficiaron de ambos enfoques al aplicar los principios del CT en un contexto sin tecnología, como la construcción de carritos con materiales reciclados, lo que refuerza el aprendizaje mediante la aplicación práctica y tangible de los conceptos abstractos. Además, al usar robots Lego EV3 para aprender conceptos de mecánica y programación, se ha proporcionado una base tecnológica y práctica para entender principios de STEM y CT.

Entre las ventajas observadas en la modalidad conectada, se puede mencionar que con el uso de herramientas de programación y simulaciones interactivas se facilita el aprendizaje de conceptos abstractos y la resolución conjunta de problemas, además de obtener retroalimentación instantánea sobre su trabajo, permitiendo así avanzar a su propio ritmo en el proceso de aprendizaje. Sin embargo, para implementar esta modalidad se requiere tener acceso a

dispositivos electrónicos e internet, lo cual puede ser una limitación en entornos con recursos limitados, como el que aquí se describe.

Por otro lado, la modalidad desconectada no requiere acceso a tecnologías avanzadas, resultando más accesible para todos los estudiantes, quienes pudieron utilizar materiales accesibles y reutilizar algunos deshechos comunes, como envases pet, tapas, etc. Asimismo, el CT desconectado fomenta la manipulación física y la interacción directa con los materiales, lo que puede ser beneficioso para el desarrollo de habilidades motoras y la comprensión tangible de conceptos, además de centrarse en los principios básicos del pensamiento computacional sin la distracción de las interfaces digitales. No obstante, entre las limitaciones se observó que la retroalimentación es más lenta y sería más complicado implementarla con grupos grandes, por el apoyo y supervisión requerida.

De esta manera, con la implementación de ambos enfoques del CT se ha logrado favorecer el aprendizaje académico y la formación integral de los estudiantes de la escuela secundaria, mediante el desarrollo de competencias STEM. Además, se ha logrado incentivar a los docentes a incursionar en la robótica educativa, logrando adquirir cinco kits robóticos a través de una convocatoria local, lo cual les permitirá continuar aprendiendo y enseñando a sus estudiantes con autonomía y creatividad.

Con las actividades descritas se sugiere que la integración de metodologías educativas innovadoras y culturalmente relevantes puede mejorar significativamente la calidad de la educación en comunidades rurales maya hablantes. Al respetar y aprovechar la riqueza cultural de estas comunidades, generando oportunidades de aprendizaje práctico y significativo, se puede contribuir a cerrar la brecha digital y preparar mejor a los estudiantes para el futuro. El taller “Reciclaje con Ciencia” demuestra que es posible implementar con éxito programas educativos en contextos desafiantes, contribuyendo al desarrollo sostenible y al empoderamiento de la comunidad, mientras se siembran las semillas de la curiosidad y el interés por el área STEM. Finalmente, la combinación de ambos métodos permitió proporcionar una experiencia de aprendizaje equilibrada, aprovechando las fortalezas de cada uno y mitigando sus desventajas.

8. Agradecimientos

Los autores de este trabajo agradecen a todo el personal y estudiantes de la escuela secundaria que colabora en el proyecto descrito. A la Fundación Kellogg, la Facultad de Matemáticas y la Unidad de Proyectos Sociales de la Universidad Autónoma de Yucatán, por el financiamiento y las facilidades para la implementación del proyecto con registro SISTPROY FMAT-2022-0023 del cual se desprende este trabajo.

Referencias

- Barrera Ariza, H. M. (2024). Habilidades del Pensamiento Computacional y la Robótica Educativa en Estudiantes de Educación Inicial y Básica: Una Revisión Sistemática Desde la Literatura. *Ciencia Latina: Revista Multidisciplinar*, 8(1), 8798-8809.
- Comisión Económica para América Latina (CEPAL). (2020). *Acerca de la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible | CEPAL* [Informativa]. <https://www.cepal.org/es/temas/agenda-2030-desarrollo-sostenible/acerca-la-agenda-2030-desarrollo-sostenible>
- Ecoinventos green technology. (2021, abril 6). Cómo Hacer Una Trampa Para Ratonés Con Una Botella De Plástico [Blog educativo]. *Ecoinventos green technology*. <https://ecoinventos.com/trampa-ratonés-botella-de-plastico/>
- Ecoinventos green technology. (2022, marzo 3). Cómo Hacer Un Coche Eléctrico Casero De Juguete [Blog educativo]. *Cómo Hacer Un Coche Eléctrico Casero De Juguete*. <https://ecoinventos.com/coche-electrico-casero-juguete/>
- Ecoinventos green technology. (2024). *Calentador Solar De Agua Casero Con Botellas De Gaseosa* [Red social]. Pinterest. <https://www.pinterest.com.mx/pin/747034656959403712/>
- Franco-Giraldo, M. Y., y Vilorio-Lopez, J. E. (2021). *Desarrollo de la Comprensión Lectora en Lengua Castellana Mediante el Pensamiento Computacional con el Método Steam, y Scratch con Estudiantes Grado Quinto Santo Domingo Antioquia* [Tesis de maestría, Universidad de Santander]. <https://repositorio.udes.edu.co/handle/001/6930>

- Gesquière, N., y Hermans, S. (2024). Computational Thinking Integrated within a Social Robot Project. *Colloque Didapro 10 sur la Didactique de l'informatique et des STIC*, 121-125. <https://hal.science/hal-04482148/>
- Gobierno del Estado de Sonora. (2013, mayo 3). *Construye tu propia trampa atrapa mosquitos #TúmbateElDengue #SonoraSaludable* [Red social]. Gobierno del Estado de Sonora en X. <https://x.com/gobiernosonora/status/330343654793285632>
- González-Segura, C. M., García-García, M., y Menéndez-Domínguez, V. H. (2018). Experiencias de una feria itinerante de ciencia y tecnología en comunidades urbanas y rurales del Estado de Yucatán. En *Reducción de Brecha Digital e Inclusión Educativa: Experiencias en el Norte, Centro y Sur de México* (pp. 65-84). Rosa Ma. Porrúa.
- Hernández, M. U. (2024). Educación dual: Una metodología utilizada en la Escuela de Secretariado Profesional para la formación de competencias para la vida laboral durante el año 2023. *rESPaldo: Revista Internacional en Administración de Oficinas y Educación Comercial*, 9(1). <https://doi.org/10.15359/respaldo.9-1.2>
- Hurtado-Morales, M. R., y Adrián-Loor, G. L. (2024). La lecto-escritura y el desempeño escolar en la educación básica de la zona rural. *MQRInvestigar*, 8(1), 4014-4044. <https://doi.org/10.56048/MQR20225.8.1.2024.4014-4044>
- INEGI. (2020a). *Estadísticas a propósito del Día Mundial del Internet (17 DE MAYO)* (Comunicado de prensa NÚM. 216/20). https://www.inegi.org.mx/contenidos/saladeprensa/aproposito/2020/eap_internet20.pdf
- INEGI. (2020b). *Población rural y urbana*. https://cuentame.inegi.org.mx/poblacion/rur_urb.aspx?tema=P
- International Bebras Community. (2022). *Bebras. International Challenge on Informatics and Computational Thinking* [Educativa]. <https://www.bebbras.org/>
- Jiménez, J., y Gutiérrez, Á. (2024). Estrategias de apropiación social del agua en comunidades indígenas: Aportes del análisis socio-técnico en el caso de la comunidad wayuu en la guajira colombiana. En *Aplicações contemporâneas de sustentabilidade em diferentes contextos* (p. 187). Universidade Metodista de São Paulo.
- Lezama Ojeda, A., y Orizaga Trejo, J. A. (2024). Superando el Desafío de la Última Milla y la Brecha Digital: Perspectivas para México en el Horizonte 2030. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 8(1), 1433-1457. https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v8i1.9538
- LXG Design. (2015, junio 22). *How to make a Rubber Band powered Car—Air Car* [Red social]. YouTube. <https://www.youtube.com/watch?v=YSqj1c8fBns>

- Mercado del Collado, R. J., y Martínez Rámila, K. P. (2023). El pensamiento computacional en educación: Ejercicios prácticos. En *Nuevas didácticas en la Educación Media Superior. La Nueva Escuela Mexicana* (Vol. 4, pp. 125-143). Ediciones Cobaev. https://www.uv.mx/personal/albramirez/files/2024/04/nuevas_didacticas4.pdf
- MN del Golfo. (s. f.). ¿Cómo funciona una linterna? [Blog educativo]. *MN Home Center*. Recuperado 14 de julio de 2024, de <https://www.mndelgolfo.com/blog/reportaje/como-funciona-una-linterna/>
- Olabe Basogain, X., Olabe Basogain, M. Á., y Olabe Basogain, J. C. (2015). Pensamiento Computacional a través de la Programación: Paradigma de Aprendizaje. *Revista de educación a distancia (RED)*, 46(6), 1-33.
- Ortiz Yumisaca, A. E. (2024). *Propuesta didáctica para el desarrollo del Pensamiento Computacional mediante la programación visual por bloques*. [B.S. thesis, Riobamba]. <http://dspace.unach.edu.ec/handle/51000/12692>
- Quevedo-Benítez, K. P., Rodríguez-Velandia, D. A., Moran-Borbor, R. A., Niño-Vega, J. A., y Fernández-Morales, F. H. (2024). Fortalecimiento de competencias en innovación tecnológica: Una estrategia didáctica apoyada en el Aprendizaje Basado en Proyectos. *AiBi Revista de Investigación, Administración e Ingeniería*, 12(1), 47-54. <https://doi.org/10.15649/2346030X.3657>
- Reto Kömmerling. (2017, agosto 3). El aire acondicionado gratuito y de DIY [Blog educativo]. *Reto Kömmerling*. <https://retokommerling.com/aire-acondicionado-gratuito-diy/>
- Rondón Barragán, G. A. (2020). *Propuesta para desarrollar habilidades de pensamiento computacional en estudiantes de décimo grado del Colegio Facundo Navas Mantilla* [Tesis de maestría, Universidad Autónoma de Bucaramanga]. <https://repository.unab.edu.co/handle/20.500.12749/11689>
- Salazar Benavides, J. A. (2023). Pensamiento computacional y dispositivos tecnológicos en la educación rural ¿estudiantes conectados o desconectados en ruralidad? Municipio de pasto, departamento de Nariño, república de Colombia. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 7(2), 1258-1272. https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v7i2.5394
- Science World Society. (2024). *Come-Back Can*. Science World. <https://www.scienceworld.ca/resource/come-back-can/>
- Sotaminga, M., y Apolo, D. (2022). Pensamiento computacional, Scratch y educación: Una experiencia colaborativa en Ecuador. En *Pensamiento computacional, programación creativa y ciencias de la computación para la educación. Reflexiones y experiencias desde América Latina* (pp. 43-59).
- Vásquez Acevedo, H. M., Licona Suarez, L. J., y Felizzola Medina, L. D. (2023). Pensamiento Computacional: Una competencia del siglo XXI Revisión sistemática en Scopus. *Revista Latinoamericana Ogmios*, 4(9), 1-16. <https://doi.org/10.53595/rlo.v4.i9.090>

Weintrop, D., Walkoe, J., Walton, M., Bih, J., Moon, P., Elby, A., Bennett, B., y Kantzer, M. (2022). Sphero.Math: A Computational Thinking-Enhanced Fourth Grade Mathematics Curriculum. En *Computational Thinking in PreK-5: Empirical Evidence for Integration and Future Directions* (pp. 39-46). Association for Computing Machinery. <https://doi.org/10.1145/3507951.3519286>

Wing, J. (2006). Computational Thinking. *Communications of the ACM*, 49(3), 33-35. <https://doi.org/10.1145/1118178.1118215>