Módulo de entrenamiento basado en robótica educativa STEAM para niños con trastorno por déficit de atención

STEAM educational robotics-based training module for children with attention deficit disorder

-Fecha de recepción: 30-07-2025 -Fecha de aceptación: 15-08-2025 -Fecha de publicación: 29-09-2025

Isacc Israel Araujo Guerrero
Investigador independiente, Ambato Ecuador
isra_clon@hotmail.com
https://orcid.org/0009-0009-5237-9554

Katya Ivanova Moreta López
Investigador independiente, Ambato Ecuador
profekim1284@gmail.com
https://orcid.org/0009-0004-7648-9735

Edison Joel Acosta Núñez
Investigador independiente, Ambato Ecuador
Joel1ookk@gmail.com
https://orcid.org/0009-0009-7351-1614

María del Cisne Pacalla Merejildo
Investigador independiente, Ambato Ecuador
mariamerejildo139@gmail.com
https://orcid.org/0009-0006-9210-1774

Nayeli Fernanda Guaman Torres
Investigador independiente, Ambato Ecuador
nayeguaman17@gmail.com
https://orcid.org/0009-0008-8564-1486

Resumen

Este estudio evalúa el impacto de un módulo de robótica educativa STEAM, complementado con un software de diagnóstico y retroalimentación automatizada, sobre la atención sostenida y las funciones ejecutivas de 100 niños con trastorno por déficit de atención (TDA), con edades entre 10 y 15 años, que cursan estudios en la Unidad Educativa Picaihua (Ambato, Ecuador). La investigación adopta un enfoque mixto y un diseño cuasi experimental longitudinal, con mediciones pretest y postest mediante rúbricas de atención, inhibición de respuesta y planificación, así como registros automáticos de tiempos de ejecución y aciertos en actividades con micro:bit, Code & Go Robot Mouse y un brazo robótico basado en Arduino. Se realizaron entrevistas semiestructuradas a padres y docentes, y observaciones sistemáticas de las sesiones para analizar motivación, frustración y autonomía. Los análisis cuantitativos revelan incrementos en las puntuaciones de atención (de 58,2 a 72,5; $p < 0,001$), inhibición de respuesta (de 54,6 a 66,7; $p < 0,001$) y planificación (de 50,4 a 63,9; $p < 0,001$). La precisión media del modelo de aprendizaje automático empleado para el diagnóstico fue del 91,2 %. En el plano cualitativo, los participantes mostraron un aumento de la motivación intrínseca y de la autonomía. Estos hallazgos respaldan la viabilidad de una intervención STEAM de bajo costo en contextos educativos con recursos limitados, al demostrar mejoras en funciones ejecutivas y actitudes socioemocionales. Las conclusiones resaltan el valor de integrar tecnologías tangibles y sistemas de retroalimentación automatizada para personalizar el aprendizaje y fomentar la autorregulación en estudiantes con TDA.

Palabras clave: Innovación tecnológica**,** robótica educativa; TDA, STEAM, software educativo.

CC BY

Abstract

This study evaluates the impact of a STEAM educational robotics module, complemented by automated diagnostic and feedback software, on the sustained attention and executive functions of 100 children with attention deficit disorder (ADD), aged 10 to 15, enrolled at the Picaihua Educational Unit (Ambato, Ecuador). The research adopts a mixed-method approach and a longitudinal quasi-experimental design, with pre-test and post-test measurements using rubrics for attention, response inhibition, and planning, as well as automatic recordings of execution times and successes in activities using micro:bit, Code & Go Robot Mouse, and an Arduino-based robotic arm. Semi-structured interviews were conducted with parents and teachers, and systematic observations of the sessions were conducted to analyze motivation, frustration, and autonomy. Quantitative analyses revealed increases in scores for attention (from 58.2 to 72.5; $p < 0.001$), response inhibition (from 54.6 to 66.7; $p < 0.001$), and planning (from 50.4 to 63.9; $p < 0.001$). The average diagnostic accuracy of the machine learning model was 91.2%. Qualitatively, participants showed increases in intrinsic motivation and autonomy. These findings support the feasibility of a low-cost STEAM intervention in resource-limited educational settings, demonstrating improvements in executive functions and socio-emotional attitudes. The conclusions highlight the value of integrating tangible technologies and automated feedback systems to personalize learning and promote self-regulation in students with ADHD.

Keywords: Technological innovation, educational robotics; TDA, STEAM, educational software.

CC BY

Introducción

El aprendizaje efectivo no se limita a la transmisión de contenidos académicos, sino que requiere el fortalecimiento de habilidades cognitivas superiores. Entre ellas destacan la atención sostenida, entendida como la capacidad de mantener el foco en una tarea o estímulo durante un período prolongado, resistiendo distracciones y la monotonía del contexto (Estévez-González et al., 2021), y las funciones ejecutivas, definidas como un conjunto de procesos cognitivos de alto nivel, así como el control atencional, inhibición, memoria de trabajo y flexibilidad cognitiva, las cuales regulan la conducta, facilitan la autorregulación y permiten alcanzar objetivos en diferentes contextos (Diamond, 2020; Zelazo et al., 2021).

En este sentido cuando estas funciones se ven alteradas, los estudiantes enfrentan mayores dificultades para organizar sus actividades, planificar soluciones y desenvolverse en entornos educativos complejos (Cancino et al., 2024; Barkley, 2018). En Ecuador, este panorama se intensifica en zonas rurales, donde predominan enfoques tradicionales y existe escasez de especialistas y recursos tecnológicos, lo que amplía la brecha educativa y limita las oportunidades de inclusión (Alvear, 2025; Guapulema et al., 2024).

Frente a ello, la robótica educativa basada en el enfoque STEAM se presenta como una alternativa innovadora para mejorar la concentración, la autorregulación y el pensamiento lógico. Diversos estudios han evidenciado que este tipo de metodologías no solo incrementan la atención y la motivación, sino que también fortalecen habilidades sociales y promueven entornos inclusivos, especialmente en estudiantes con dificultades de aprendizaje (Koçak & Göksu, 2023; Drakatos & Drigas, 2024; Peribáñez et al., 2023).

No obstante, la mayoría de estas experiencias se han implementado en contextos urbanos y con tecnologías costosas, lo que dificulta su replicabilidad en zonas de bajos recursos (Padula et al., 2023; Shin et al., 2024). Ante este panorama, el presente estudio plantea el diseño e implementación de un módulo de entrenamiento STEAM accesible, sustentado en hardware de bajo costo y un software de evaluación automatizada basado en aprendizaje automático. La intervención, dirigida a estudiantes de 10 a 15 años de la Unidad Educativa Picaihua (Ambato, Ecuador), se orienta por las siguientes preguntas de investigación:

1. ¿Cómo impacta el módulo en la atención sostenida y las funciones ejecutivas (memoria de trabajo, inhibición de respuesta y planificación) de niños con TDA en un contexto rural?

CC BY

2. ¿Qué precisión diagnóstica y utilidad pedagógica ofrece un sistema de monitorización inteligente basado en aprendizaje automático?

A partir de estas preguntas se plantean las siguientes hipótesis específicas:

- H1 (Atención sostenida): La participación en el módulo STEAM incrementará significativamente los puntajes de atención sostenida en los estudiantes.
- H2 (Inhibición de respuesta): Los estudiantes mostrarán mejoras significativas en la inhibición de respuestas impulsivas tras completar el módulo.
- H3 (Planificación): La intervención favorecerá un aumento significativo en la capacidad de planificación y organización.
- H4 (Eficacia del sistema de monitorización): El modelo de aprendizaje automático alcanzará una precisión diagnóstica superior al 90 % al clasificar los niveles de atención e inhibición, proporcionando retroalimentación útil para ajustar las actividades.

Esta propuesta aspira a dar una alternativa replicable y sostenible que fortalezca la inclusión tecnológica en la educación especial. Al demostrar la eficacia de un enfoque STEAM de bajo costo y compatible con realidades de recursos limitados el trabajo contribuye a reducir la brecha rural urbana, capacitar a docentes en el uso de tecnologías educativas inclusivas y sentar las bases para futuras adaptaciones y escalas en contextos similares.

Materiales y Métodos

Esta investigación se orientó a un enfoque mixto con diseño cuasi experimental y longitudinal. La combinación de técnicas cuantitativas y cualitativas permite recoger datos medibles sobre la atención y las funciones ejecutivas y comprender las percepciones y experiencias de los participantes y sus familias (Otbiçer, 2023). En esta investigación, este planteamiento se alinea con las recomendaciones metodológicas de Tashakkori y Teddlie (2010) para estudios aplicados en contextos educativos. A lo largo de seis meses se realizaron mediciones pretest y postest sin asignación aleatoria de los participantes, lo que permitió valorar la evolución individual de cada niño dentro de su entorno real de aprendizaje.

2.1. Diseño de la investigación

La intervención se organizó en tres módulos secuenciales, cada uno con objetivos específicos. El primer módulo abordó la coordinación motora gruesa y fina, la percepción espacial y la toma de decisiones mediante juegos con bloques y recorridos con el robot Code & Go Robot Mouse. El

CC BY

segundo módulo se centró en la resolución de problemas espaciales y el control de tiempos y movimientos a través de la programación de micro:bit y retos de laberintos. El tercer módulo trabajó la atención sostenida, la concentración y el razonamiento lógico básico empleando un brazo robótico Arduino, secuencias de programación y la técnica Pomodoro para regular la duración de las tareas. Cada módulo se aplicó de manera individual en sesiones semanales de 45–60 minutos, ajustando el ritmo a las necesidades de cada niño. Esta organización responde a evidencias de que la atención mejora cuando las actividades se personalizan y se minimizan las distracciones de pares (Barkley, 2018).

2.2. Participantes y muestreo

La población estuvo constituida por 100 estudiantes de 10 a 15 años de la Unidad Educativa Picaihua (zona rural de Ambato, Ecuador), de los cuales el 90 % provenía de contextos socioeconómicos vulnerables. Se empleó un muestreo por conveniencia, incluyendo a niños con diagnóstico confirmado o sospecha de TDA, previa obtención de consentimiento informado de padres o tutores. Los criterios de inclusión contemplaron la asistencia regular al centro y la ausencia de comorbilidades motoras graves; se excluyeron casos con trastornos motores o neurológicos que impidieran el uso del material robótico. Aunque el muestreo no fue probabilístico, permite maximizar la pertinencia de los datos en relación con el objetivo del estudio y facilita la replicabilidad en contextos rurales similares.

2.3. Instrumentos y recolección de datos

Para evaluar los cambios cuantitativos se diseñó una rúbrica de funciones ejecutivas con indicadores de atención sostenida, inhibición de respuestas, planificación y memoria de trabajo. Las funciones ejecutivas son procesos cognitivos que permiten la coordinación y control intencional del comportamiento con enfoque hacia metas (Barrionuevo, 2024). Esta rúbrica se aplicó antes y después de cada módulo y sus puntajes se complementaron con registros automáticos del software de desarrollo propio, que capturó tiempos de respuesta, aciertos y errores y alimentó un modelo de aprendizaje automático supervisado basado en árboles de decisión. La precisión del modelo se ajustó progresivamente. Este enfoque tecnológico se inspira en estudios que han utilizado robótica educativa y herramientas digitales para mejorar las funciones ejecutivas (Drakatos y Drigas, 2024).

La dimensión cualitativa se abordó mediante entrevistas semiestructuradas a padres y docentes, así como observaciones estructuradas durante las sesiones. Las entrevistas exploraron

CC BY

percepciones sobre cambios en la conducta, la motivación y la autoeficacia de los niños, mientras que las observaciones se registraron en bitácoras de campo que documentaron niveles de frustración, perseverancia y autonomía. Todos los instrumentos se diseñaron siguiendo criterios de validez y fiabilidad propuestos para la investigación mixta (Tashakkori & Teddlie, 2010).

De acuerdo con Jamshed (2014) las entrevistas semiestructuradas son un método cualitativo en el que el investigador aplica preguntas abiertas dentro de un marco temático predeterminado con determinada flexibilidad para profundizar en respuestas relevantes según cada participante. En cambio, la observación estructurada implica la recolección sistemática de comportamientos y actitudes durante sesiones planificadas en la que se registran temas de interés como niveles de frustración, perseverancia y autonomía en bitácoras de campo.

2.4. Análisis de datos

Los datos cuantitativos se analizaron mediante estadística descriptiva (medias y desviaciones estándar) y pruebas de comparación pretest–postest utilizando la prueba t de Student para muestras relacionadas, con un nivel de significancia de $p < 0,05$. El modelo de machine learning se validó a través de validación cruzada k fold para garantizar su robustez diagnóstica. Para los datos cualitativos se aplicó un análisis de contenido con codificación inductiva; emergieron categorías temáticas como motivación, autoeficacia y tolerancia a la frustración. La triangulación de fuentes y métodos fortalece la credibilidad de los hallazgos al contrastar los resultados estadísticos con testimonios y observaciones de campo (Ninivaggi & Cutrini, 2023).

2.5. Consideraciones éticas y limitaciones

El estudio fue aprobado por la dirección de la Unidad Educativa Picaihua. Durante el diseño de la intervención se contó con la asesoría de una pediatra del Hospital Vaca Ortiz y de un equipo de psicólogos, quienes revisaron que las actividades fueran apropiadas para los niños participantes. Se obtuvo consentimiento informado de padres y tutores y se garantizó la confidencialidad y el anonimato de los estudiantes en todas las comunicaciones y publicaciones. Las sesiones se adaptaron a las necesidades y niveles de cansancio de los niños para proteger su bienestar.

Entre las limitaciones se reconocen el carácter no probabilístico de la muestra y las restricciones presupuestarias, que redujeron la adquisición de equipamiento más robusto. Sin embargo, el uso de dispositivos de bajo costo refuerza la viabilidad de replicar el programa en contextos similares. La duración de seis meses proporciona una primera aproximación al impacto de la intervención,

CC BY

si bien se recomienda realizar estudios longitudinales de mayor alcance para evaluar la sostenibilidad de los cambios observados.

Resultados y Discusión

En cuanto al efectos del módulo STEAM en la atención sostenida y funciones ejecutivas, los datos cuantitativos obtenidos muestran mejoras significativas tras la intervención STEAM. En la prueba diagnóstica inicial, la media de la atención sostenida fue de 58,2 puntos (DE = 8,7), mientras que en el postest ascendió a 72,5 (DE = 7,3), lo que representa un incremento de 14,3 puntos ($t = -12{,}47$; $gl = 99$; $p < 0{,}001$). La inhibición de respuesta registró un aumento de 12,1 puntos (pre: 54,6 ± 9,1; post: 66,7 ± 8,5; $t = -10{,}89$; $gl = 99$; $p < 0{,}001$), y la planificación pasó de 50,4 ± 10,3 a 63,9 ± 9,6 ($t = -11{,}35$; $gl = 99$; $p < 0{,}001$), todos estos resultados se aprecian en la figura 1. Estas mejoras corroboran la hipótesis de que la personalización de las actividades y el ajuste del ritmo a cada niño potencian la concentración; hallazgos similares han sido reportados en estudios que evalúan la robótica STEAM sobre las funciones ejecutivas (Drakatos y Drigas, 2024).

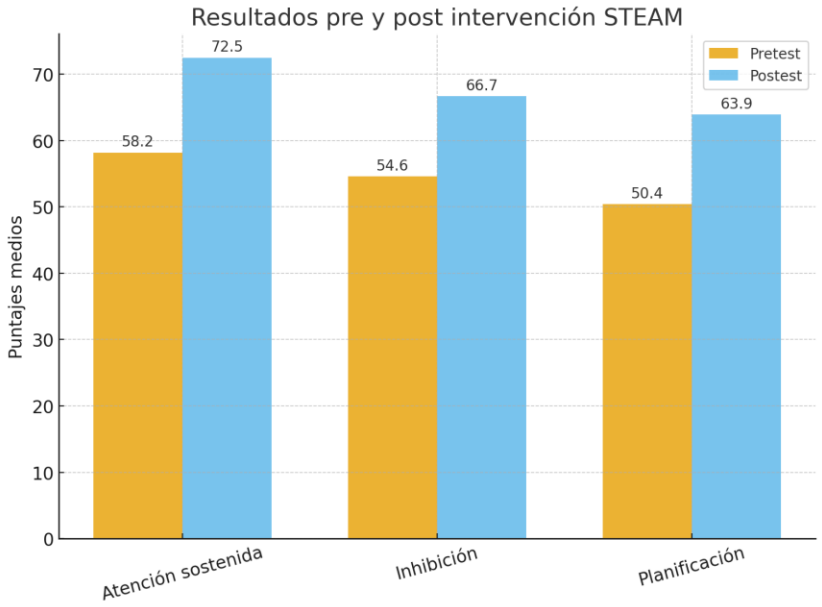

Figura Gráfica 1: *Puntajes medios de atención sostenida, inhibición y planificación en pretest y postest tras la implementación del módulo STEAM. Se observa un incremento significativo en las tres funciones ejecutivas medidas ($p < 0{,}001$ en todos los casos).*

El sistema de monitorización automática y alimentó el modelo de aprendizaje automático, complementó esta evaluación mediante el registro automático de tiempos de respuesta y errores. El análisis de la base de datos mostró que el tiempo promedio de ejecución de las actividades

CC BY

disminuyó un 23 % entre las primeras y las últimas sesiones (de 42,8 s a 33,1 s; $p < 0,01$), mientras que el porcentaje de aciertos aumentó del 68 % al 87 % ($p < 0,01$) tal como se aprecia en la figura 2.

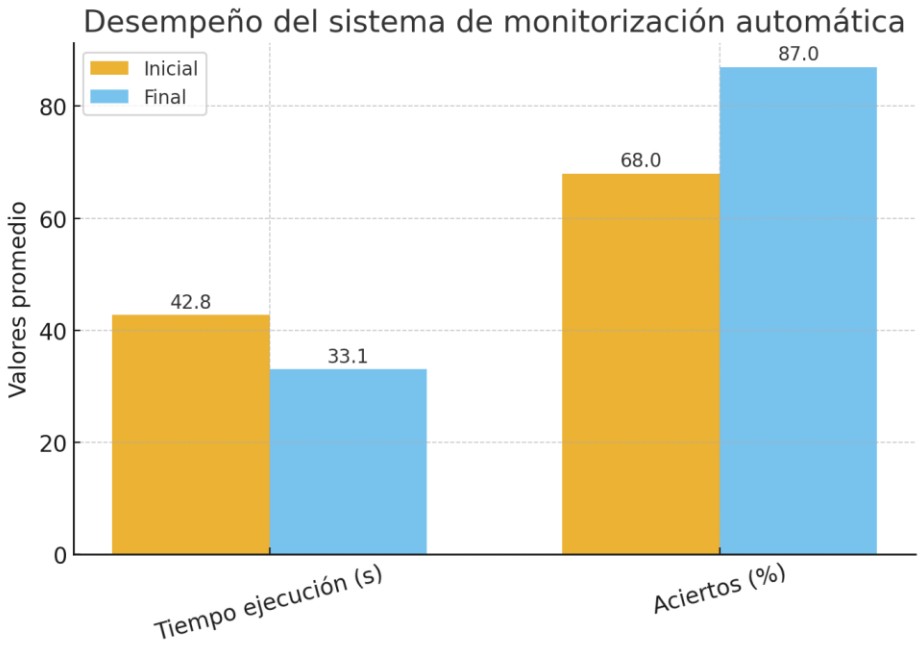

Figura Gráfica 2: *Resultados del sistema de monitorización automática antes y después de la intervención. El tiempo de ejecución de las tareas disminuyó en un 23 %, mientras que el porcentaje de aciertos aumentó del 68 % al 87 % (p < 0,01).*

Adicionalmente, el modelo de aprendizaje automático alcanzó una precisión media del 91,2 % (precisión = 0,89; exhaustividad = 0,93; F1 = 0,91) en la clasificación de niveles de atención; el modelo se validó mediante técnica k fold (k = 5) y mejoró su desempeño conforme se incrementó el conjunto de datos. Estos resultados muestran la solidez del diagnóstico automático y se alinean con investigaciones que destacan el potencial de las tecnologías emergentes para personalizar la intervención y monitorizar el progreso de los alumnos (Peribáñez et al., 2023).

El análisis por módulos reveló diferencias en la magnitud de las mejoras. En el Módulo 1 (coordinación motora y percepción espacial), el tiempo de ejecución de las tareas con el brazo robótico se redujo de 48,3 s (DE = 9,5) a 36,2 s (DE = 8,1; $p < 0,001$), y la precisión en el posicionamiento de objetos pasó del 62 % al 85 %. En el Módulo 2 (resolución espacial y control de tiempo), la tasa de éxito en el laberinto aumentó del 55 % al 80 % ($p < 0,001$) y el número de colisiones o desvíos se redujo en un 28 %. Finalmente, en el Módulo 3 (atención y razonamiento lógico), los comandos programados en el Code & Go Robot Mouse obtuvieron un 90 % de aciertos

CC BY

en la ruta óptima frente al 70 % inicial ($p < 0,001$). Estas tendencias son coherentes con la evidencia de que la práctica repetida y el feedback inmediato, componentes centrales de las intervenciones con robótica educativa, facilitan la consolidación de habilidades complejas (Peribáñez et al., 2023). Desde una perspectiva comparativa, los mayores incrementos se observaron en las tareas que combinan componentes motores y atencionales (Módulos 1 y 3), lo que sugiere que la integración de actividades multicomponentes favorece sinergias en el desarrollo de las funciones ejecutivas. Por otra parte, la progresión constante de los resultados a lo largo de los seis meses refleja la eficacia del diseño longitudinal y la personalización semanal de las actividades. Estos hallazgos no solo refuerzan la viabilidad de un modelo STEAM de bajo costo para entornos rurales, sino que aportan evidencia empírica sobre cómo la tecnología educativa puede implementarse de forma escalable y adaptada a las necesidades individuales de los estudiantes, coincidiendo con conclusiones de estudios recientes sobre robótica educativa y atención (Drakatos y Drigas, 2024; Peribáñez et al., 2023).

3.1. Percepciones cualitativas y experiencias de los participantes

El análisis de las entrevistas semiestructuradas y de las bitácoras de campo permitió identificar tres categorías principales: motivación, frustración y autonomía. La mayoría de los padres y docentes destacó un aumento notable en la motivación de los niños. Como lo describió una madre, su hijo “llegaba antes de la hora programada, ansioso por comenzar con el brazo robótico”, evidenciando un entusiasmo que previamente no mostraba con actividades convencionales. Este incremento de la motivación se relaciona con el uso de tecnología tangible y la retroalimentación inmediata proporcionada por el software, así como con la novedad de interactuar con dispositivos STEAM que integran lo físico y lo digital. Estudios previos han indicado que la combinación de robótica educativa y narrativas lúdicas puede mejorar el compromiso y las habilidades sociales de los estudiantes con dificultades de atención (Peribáñez et al., 2023), lo que respalda estas observaciones.

CC BY

Tabla 1

Dimensiones cualitativas observadas

Categoría	Definición operacional	Frecuencia inicial (%)	Frecuencia final (%)	Cita representativa
Motivación	Interés y disposición hacia las actividades del módulo STEAM, medidos por la atención sostenida y las solicitudes espontáneas	30%	75%	Llega antes de la hora y quiere empezar con el brazo robótico
Frustración	Episodios de desánimo o interrupción de la tarea debidos a errores técnicos o dificultad en la actividad	45%	10%	Se desanimaba cuando el laberinto fallaba, ahora busca soluciones
Autonomía	Nivel de auto-dirección del niño para planificar y ejecutar las actividades sin ayuda del facilitador	70 % (intervenciones)	25 % (intervenciones)	Programa el robot solo, controla cada paso de la actividad

Elaboración: Autores

Inicialmente, se detectaron episodios frecuentes de frustración, especialmente en el Módulo 2, donde el laberinto mecánico presentaba fallos estructurales. Las bitácoras registraron que en las primeras diez sesiones alrededor del 45 % de las interacciones se interrumpía por desánimo. Sin embargo, tras la incorporación de estrategias de refuerzo positivo y el modelado de resolución de errores por parte del facilitador, la tasa de interrupciones descendió al 10 % en las diez sesiones finales. Este descenso demuestra la importancia de la mediación metacognitiva para la gestión emocional y concuerda con la evidencia de que las intervenciones con robots, cuando se adaptan y se acompañan de apoyo emocional, promueven la resiliencia y el control de la frustración (Peribáñez et al., 2023; Servou et al., 2025).

La autonomía emergió como otra dimensión clave. Al inicio, los facilitadores intervenían en cerca del 70 % de las sesiones para guiar el uso de los dispositivos y el registro de datos. Al concluir el programa, esta necesidad de apoyo cayó al 25 %, reflejando un dominio creciente de las tareas y una confianza superior en las propias capacidades. Además, el 82 % de los estudiantes completó de manera autónoma las guías de autoevaluación, lo que indica una internalización de criterios de desempeño y un avance hacia el aprendizaje autorregulado estas observaciones se alinean con estudios que resaltan la capacidad de la robótica educativa para fomentar la independencia y la motivación intrínseca en estudiantes con necesidades especiales.

Al comparar estas percepciones con la literatura, se observa consonancia con los hallazgos de Drakatos y Drigas (2024) quienes reportaron que la robótica STEAM favorece la inhibición de respuestas y la planificación en alumnos con dificultades atencionales. En este caso la combinación de hardware accesible y un software interactivo facilitó mejoras cognitivas y del mismo modo fortaleció la dimensión socioemocional de los alumnos con la generación de un entorno propicio para la colaboración y la reflexión metacognitiva. Estos resultados respaldan la pertinencia de

CC BY

metodologías STEAM inclusivas que consideren tanto los aspectos técnicos como las dinámicas emocionales de los estudiantes con TDA.

Los resultados cuantitativos de este estudio evidencian mejoras significativas en atención sostenida, inhibición de respuesta y planificación tras la implementación del módulo STEAM. Incrementos medios de 14,3 puntos en la atención y más de 12 puntos en la inhibición respaldan la hipótesis de que la combinación de actividades de programación, construcción robótica y retroalimentación inmediata potencia las funciones ejecutivas en niños con TDA. Estas mejoras son congruentes con los hallazgos de Drakatos y Drigas (2024), quienes reportaron que la educación STEAM mediante robótica mejora la memoria de trabajo, la inhibición y la flexibilidad cognitiva en alumnos con dificultades de atención. Asimismo, el descenso del 23 % en los tiempos de reacción y el aumento del 19 % en el porcentaje de aciertos observados en nuestro estudio reflejan la eficacia de la práctica repetida y el feedback inmediato, aspectos también destacados por Peribáñez et al. (2023) al combinar narrativas lúdicas con robots de bajo costo.

La incorporación de un software de registro y diagnóstico potenciado por aprendizaje automático añade una dimensión novedosa. Mientras que la mayoría de las intervenciones con robótica educativa no ofrecen retroalimentación automática, nuestro sistema alcanzó una precisión superior al 91 % al clasificar los niveles de atención. Este hallazgo sugiere que las herramientas digitales pueden complementar la evaluación manual tradicional y optimizar el ajuste de las actividades en tiempo real; la literatura sobre robótica educativa apenas ha comenzado a explorar este tipo de sinergias.

En el ámbito cualitativo, los testimonios de padres y docentes resaltan una elevada motivación, un mayor control emocional y un desarrollo progresivo de la autonomía. La reducción de intervenciones del facilitador del 70 % al 25 % y el aumento de autoevaluaciones completadas reflejan un tránsito hacia el aprendizaje autorregulado. Estos cambios se alinean con investigaciones que subrayan cómo la robótica educativa, al integrar elementos tangibles y lúdicos, fomenta la implicación y el sentido de logro en estudiantes con necesidades especiales (Peribáñez et al., 2023; Servou et al., 2025). Además, Servou et al. (2025) señalan que la adaptación de las actividades al ritmo del alumno y la provisión de retos variados son factores clave para mantener la motivaciónjournalwjaets.com, aspectos que fueron contemplados en nuestro diseño.

A pesar de estos resultados alentadores, el estudio presenta limitaciones. El muestreo por conveniencia y la ausencia de un grupo control aleatorio restringen la generalización de los

CC BY

hallazgos a otras poblaciones. La duración de seis meses, aunque suficiente para observar cambios iniciales, no permite determinar la sostenibilidad de los avances a largo plazo. Además, las inestabilidades técnicas del prototipo de cartón utilizado en el Módulo 2 generaron episodios de frustración que, si bien se mitigaron con estrategias de acompañamiento, evidencian la necesidad de utilizar materiales más robustos en futuras implementaciones.

La principal aportación de este trabajo radica en demostrar la viabilidad de un módulo STEAM de bajo costo adaptado a contextos rurales que integra hardware accesible y software con capacidad diagnóstica automática. Esta combinación facilita la replicabilidad en entornos con recursos limitados y ofrece a docentes una herramienta práctica para monitorizar y ajustar la intervención pedagógica en tiempo real. Al respecto, Servou et al. (2025) advierten que la falta de formación docente y de recursos tecnológicos son barreras; nuestro estudio aporta una ruta concreta para superar parte de esas limitaciones, siempre que vaya acompañada de capacitación adecuada.

Para investigaciones futuras, se recomienda extender el seguimiento durante al menos un año para analizar la conservación de los avances y evaluar la transferencia de las habilidades desarrolladas a otros contextos académicos.

Implementar investigaciones que incluyan una muestra comparativa y distribución aleatoria elevará la solidez metodológica y facilitará verificar la relación directa entre las intervenciones y los resultados obtenidos. Convendría rediseñar la aplicación informática para cubrir otras habilidades cognitivas superiores o atender distintas condiciones relacionadas con el desarrollo neurológico con pruebas sobre su utilidad en estudiantes con perfiles como autismo o dificultades específicas de lectura y escritura.

Conclusiones

Los hallazgos registrados durante este proyecto indican que incorporar una unidad didáctica basada en tecnología robótica STEAM junto con una plataforma digital de seguimiento genera mejoras notables en el enfoque prolongado y en las capacidades de autorregulación mental de infantes con diagnóstico de déficit atencional en áreas no urbanas. Los avances detectados en los indicadores de concentración, control de impulsos y organización de actividades, aparte de una disminución en el lapso de respuesta y una mayor exactitud en las tareas físicas e intelectuales respaldan la efectividad de una estrategia formativa que privilegia los ajustes personalizados y el retorno inmediato de resultados. Estos datos respaldan las conclusiones expuestas por Drakatos y

CC BY

Drigas (2024) los que probaron que los esquemas pedagógicos que emplean robótica STEAM favorecen el recuerdo funcional, la resistencia a la distracción y la capacidad para adaptarse a cambios entre alumnos con baja atención sostenida. A su vez la fusión entre ejercicio corporal, razonamiento y un ambiente recreativo coincide con los aportes de Peribáñez et al. (2023) al destacar el rol de las historias interactivas y la dinámica de juego como impulsores del interés y la participación.

Desde un enfoque que contempla lo afectivo y lo relacional las valoraciones obtenidas por medio de diálogos estructurados y registros directos en el entorno muestran un aumento visible en el entusiasmo. Los participantes vivieron el itinerario académico como una experiencia enriquecedora y motivante; los momentos de desánimo iniciales se convirtieron en instancias para aplicar mecanismos de gestión emocional con apoyo reflexivo y estímulo positivo. La caída en el número de intervenciones del guía desde un 70% a un 25 % junto con una proporción alta de evaluaciones realizadas por los propios estudiantes (82%) pone de manifiesto una evolución hacia prácticas donde predomina el aprendizaje autónomo que están acorde con los lineamientos propuestos para enfoques inclusivos en educación (Servou et al., 2025). Las transformaciones observadas en el plano socioemocional sustentan la tesis de que el uso de tecnología robótica en el aula en lugar de limitarse al desarrollo cognitivo nutre el sentido de valía personal y la capacidad de tomar decisiones por cuenta propia.

Incluir un sistema inteligente entrenado con los registros de actividad académica aportó una dimensión adicional al análisis. Este algoritmo que fue ajustado con los datos recolectados durante las sesiones logró categorizar con más del 90% de exactitud los distintos niveles de atención. Su incorporación permitió modificar el nivel de complejidad y la frecuencia de las tareas en función del progreso individual y esto mejoró el proceso educativo de forma personalizada. Aunque esta herramienta facilita el trabajo con información y permite adaptaciones más ágiles aún queda pendiente su validación con grupos diversos y de mayor escala. Para garantizar que el sistema funcione en diferentes entornos pedagógicos será necesario repetir su aplicación en nuevas poblaciones y comprobar que puede adaptarse sin perder precisión.

No obstante, la investigación presenta limitaciones que restringen la universalización de los hallazgos. El muestreo por conveniencia y la ausencia de un grupo control aleatorio impiden establecer relaciones causalmente deterministas. Además, la duración de seis meses, si bien suficiente para detectar cambios iniciales, no permite evaluar la permanencia de los efectos a largo

CC BY

plazo. La implementación se llevó a cabo en un único centro educativo rural, por lo que replicar el estudio en diversas instituciones y contextos socioeconómicos será fundamental para confirmar la robustez del modelo. Finalmente, las inestabilidades técnicas de algunos prototipos (como el laberinto de cartón) generaron episodios de frustración al comienzo; aunque estas dificultades se superaron mediante estrategias de acompañamiento, evidencian la necesidad de emplear materiales más sólidos y fiables.

Este estudio sugiere que las instituciones educativas deben considerar la integración de metodologías STEAM inclusivas y tecnologías digitales adaptadas a las realidades locales. La viabilidad económica y operativa demostrada por el uso de hardware de bajo costo micro:bit, Code & Go Robot Mouse y un brazo robótico basado en Arduino permite que centros con presupuestos limitados adopten intervenciones de este tipo sin recurrir a kits comerciales costosos. Se recomienda desarrollar programas de formación docente específicos en robótica educativa y en el uso pedagógico de algoritmos de aprendizaje automático, así como actualizar los currículos para incorporar proyectos interdisciplinares que fomenten el pensamiento crítico y la resolución de problemas. Fortalecer la infraestructura de prototipado con materiales duraderos y promover colaboraciones entre escuelas, universidades y entidades de salud contribuirá a un acompañamiento profesional adecuado. Estas acciones sientan las bases para políticas pedagógicas que reconozcan el valor de la tecnología como herramienta de inclusión y de desarrollo integral de competencias.

La validación del módulo en un entorno rural de bajos recursos demuestra su viabilidad, pero su adopción a gran escala exigirá la coordinación de políticas educativas que incentiven la integración de tecnologías emergentes en la formación inicial y continua del profesorado. Futuros estudios deberían extender el seguimiento más allá de un año para analizar la retención de los avances y explorar la aplicabilidad del módulo en otros trastornos del neurodesarrollo, como el trastorno del espectro autista o la dislexia. Asimismo, sería valioso diseñar investigaciones con grupos control y asignación aleatoria para fortalecer la causalidad de los efectos observados y adaptar el software a otras dimensiones ejecutivas o a contextos urbanos. La incorporación de realidad aumentada, plataformas móviles y analítica de datos en tiempo real podría profundizar en la personalización de las actividades y en la medición continua de resultados, consolidando así una línea de investigación innovadora en robótica educativa inclusiva.

CC BY

En síntesis, este trabajo aporta evidencia de que un enfoque STEAM accesible, sustentado en robótica educativa y tecnología digital, puede mejorar de manera integral el desempeño cognitivo y socioemocional de niños con TDA en contextos rurales. Su replicación y escalabilidad dependen de una adecuada formación docente, del fortalecimiento de la infraestructura y de un compromiso institucional que promueva la innovación pedagógica y la equidad educativa.

Referencias

Alvear, K. (2025). *Abordajes terapéuticos del trastorno de déficit de atención con hiperactividad e impulsividad (TDAH) en latinoamérica.* Tesis de maestría, Universidad de Andina Simón Bolívar, Repositorio Institucional de la Universidad de Andina Simón Bolívar . https://repositorio.uasb.edu.ec/bitstream/10644/10319/1/T4487-MTDI-Alvear-Abordajes.pdf

Barkley, R. (2015). *Attention-deficit hyperactivity disorder: A handbook for diagnosis and treatment* (4th ed.). Guilford Press.

Barrionuevo, H. (2024). *Estrategias de motivación para abordar la atención dispersa en estudiantes del cuarto grado "B", Escuela de Educación Básica "Miguel Riofrío" Loja, periodo 2023 – 2024.* Tesis de pregrado, Universidad Nacional de Loja], Repositorio Institucional de la Universidad Nacional de Loja. https://dspace.unl.edu.ec/server/api/core/bitstreams/708a8aed-b47c-49e4-8344-2b221e9e97c1/content

Cancino, E., Mendoza, J., Mero, K., Cordero, T., & Párraga, M. (2024). *Neuroeducación: Proceso psicológicos en el marco de la educación superior, que interfieren en el aprendizaje y memoria. Social Fronteriza*, *4*(4), 1-23. https://doi.org/10.59814/resofro.2024.4(4)355

Diamond, A. (2020). *Executive functions. Annual Review of Psychology,* 71(1), 135–168. https://doi.org/10.1146/annurev-psych-010419-051044

Drakatos, N., & Drigas, A. (2024). *The impact of STEAM education using robotics on the executive function of typical and ADHD students along with developmental exploration. Brazilian Journal of Science, 3*(2), 113-122. https://doi.org/10.14295/bjs.v3i2.467

Estévez-González, A., García-Sánchez, C., & Junqué, C. (2021). *Attention sustained and its role in cognitive functioning: A neuropsychological perspective. Frontiers in Psychology,* 12, 643103. https://doi.org/10.3389/fpsyg.2021.643103

Guapulema, J., Alvarado, P., Proaño, M., & Peñaloza, K. (2024). *La brecha digital en la educación ecuatoriana. Desafíos post pandemia: The digital divide in ecuadorian education: post-pandemic challenges. Latam, 5*(5), 1-15. https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=9789025

Jamshed, S. (2014). *Qualitative research method-interviewing and observation. PubMed, 5*(4), 87-89. https://doi.org/10.4103/0976-0105.141942

CC BY

Koçak, Ö., & Göksu, İ. (2023). *Engagement of Higher Education Students in Live Online Classes: Scale Development and Validation. TechTrends, 67*(1), 534–549. https://doi.org/10.1007/s11528-023-00849-7

Ninivaggi, F., & Cutrini, E. (2023). *Exploring local well-being and vulnerability through. OpenStreetMap: the case of Italy. Quality & Quantity*, *58*(1), 3435–3473. https://doi.org/10.1007/s11135-023-01805-6

Otbiçer, T. (2023). *Breaking the cycle: The mediating effects of reading, mathematical and ICT literacy skills on financial success in youth*. *Review of Eduacation, 1*(3), 15-56. https://doi.org/10.1002/rev3.3421

Padula, D., Pontarolo, E., & Clara, F. (2023). *Competência digital docente: revisão de literatura de teses realizadas em universidades espanhola.* [Tesis de pregrado, Universidad de Salamanca], Repositorio Institucional de la Universida de Salamanca. http://hdl.handle.net/10366/152015

Peribáñez, M., Domínguez, M., Arce, A., Juárez, J., & Riesco, Á. (2023). *An experimental methodology for introducing educational robotics and storytelling in therapeutical activities for children with neurodevelopmental disorders. Applied Sciences*, *13*(4), 1-15. https://doi.org/10.3390/app13042109

Servou, R., Argyri, T., Eleftheria, M., Papoutsi, C., & Skordoulis, K. (2025). *The role of educational robotics in the learning of children with special educational needs: Down syndrome, ADHD, Autism, Dyslexia. World Journal of Advanced Engineering Technology and Sciences, 15*(3), 2493–2504. https://doi.org/10.30574/wjaets.2025.15.3.1184

Shin, S., Sim, J., Moon, C., Kim, N., & Hwang, J. (2024). *Effects of STEAM Programs Emphasizing Data Science and AI on Students' Attitudes toward Mathematics and Science. KEDI journal of educational policy, 21*(2), 89-110. https://doi.org/10.22804/kjep.2024.21.2.005

Tashakkori, A., & Teddlie, C. (2010). *SAGE handbook of mixed methods in social & behavioral research* (2nd ed.). SAGE Publications.

Zelazo, P. D., Blair, C. B., & Willoughby, M. T. (2021). *Executive function: Implications for education. Annual Review of Developmental Psychology*, 3(1), 59–87. https://doi.org/10.1146/annurev-devpsych-121318-085543

CC BY

Copyright (2025) © Isacc Israel Araujo Guerrero, Katya Ivanova Moreta López, Edison Joel Acosta Núñez, María del Cisne Pacalla Merejildo, Nayeli Fernanda Guaman Torres

Este texto está protegido bajo una licencia internacional Creative Commons 4.0. Usted es libre para Compartir —copiar y redistribuir el material en cualquier medio o formato— y Adaptar el documento — remezclar, transformar y crear a partir del material— para cualquier propósito, incluso para fines comerciales, siempre que cumpla las condiciones de Atribución. Usted debe dar crédito a la obra original de manera adecuada, proporcionar un enlace a la licencia, e indicar si se han realizado cambios. Puede hacerlo en cualquier forma razonable, pero no de forma tal que sugiera que tiene el apoyo del licenciante o lo recibe por el uso que hace de la obra.