

Uso de herramientas móviles interactivas para el desarrollo sensorial y cognitivo en estudiantes con trastorno del espectro autista

The use of interactive mobile tools for sensory and cognitive development in students with Autism Spectrum Disorder

<https://doi.org/10.5281/zenodo.20311157>

AUTORES: Christian Alberto Costales Espinoza¹

Johana Guadalupe García León²

Jhoselyn Guillermina Bosquez Rea³

Shirley Esthefania Arias Carrera⁴

DIRECCIÓN PARA CORRESPONDENCIA: ccostales@ueb.edu.ec

Fecha de recepción: 16 / 10 / 2025

Fecha de aceptación: 09 / 12 / 2025

RESUMEN

Los niños con Trastorno del Espectro Autista TEA presentan desafíos en el procesamiento sensorial y el dominio cognitivo, lo que requiere intervenciones individualizadas basadas en evidencia. Si bien la tecnología móvil es avanzada, aún surgen estudios rigurosos sobre su eficacia. Este estudio realizado evaluó el impacto de un programa de intervención

¹ <https://orcid.org/000-0001-8021-1489>, Universidad Estatal de Bolívar, ccostales@ueb.edu.ec

² <https://orcid.org/0000-0002-5084-6149>, Universidad Estatal de Bolívar, jggarcia@ueb.edu.ec

³ <https://orcid.org/0009-0004-3503-0469>, Universidad Estatal de Bolívar, jhoselyn.bosquez@educacion.gob.ec

⁴ <https://orcid.org/0009-0003-4053-0487>, Universidad Estatal de Bolívar, shirley.arias@ueb.edu.ec

estructurado de 12 semanas que utiliza siete aplicaciones móviles basadas en evidencia sobre el desarrollo sensorial y cognitivo de niños con TEA Nivel 1. Se empleó un diseño cuasiexperimental de grupo único pretest-posttest con 15 niños de 6 a 7 años. La intervención integró aplicaciones dirigidas a la atención conjunta, comunicación, reconocimiento emocional y discriminación sensorial. Los datos se recolectaron mediante una Ficha de Observación Estructurada, la Escala de Desarrollo Sensorial EDS y entrevistas a docentes. Los datos cuantitativos se analizaron con pruebas t pareadas y tamaños del efecto d de Cohen, mientras que los datos cualitativos se sometieron a un análisis temático. Se encontraron mejoras estadísticamente significativas con $p < .001$ en todos los dominios. Las tasas de logro aumentaron marcadamente en atención conjunta con valores del 50% al 90%, discriminación auditiva del 35% al 85% y reconocimiento emocional del 40% al 80%. La tasa de logro general aumentó un 48.5% post-intervención, con tamaños del efecto grandes donde $d = 2.1$ para atención conjunta. Una intervención estructurada que utiliza aplicaciones móviles personalizadas mejora de manera significativa en el funcionamiento sensorial y cognitivo en niños con TEA. Estas herramientas representan una estrategia viable y rentable para su inclusión en los planes educativos individualizados.

Palabras clave: Trastorno del Espectro Autista, tecnología móvil, procesamiento sensorial, desarrollo cognitivo, intervención educativa, estudio cuasi-experimental.

ABSTRACT

Children with Autism Spectrum Disorder ASD often face challenges in sensory processing and cognitive functioning, which require individualized, evidence-based interventions. Although mobile technology is highly advanced, rigorous studies on its effectiveness are still emerging. This study evaluated the impact of a structured 12-week intervention program using seven evidence-based mobile applications on the sensory and cognitive development of children with Level 1 ASD. A quasi-experimental single-group pretest–posttest design was employed with 15 children aged 6 to 7 years. The intervention integrated applications targeting joint attention, communication, emotional recognition, and

sensory discrimination. Data were collected through a Structured Observation Sheet, the Sensory Development Scale SDS, and teacher interviews. Quantitative data were analyzed using paired t-tests and Cohen's d effect sizes, while qualitative data underwent thematic analysis. Statistically significant improvements were found with $p < .001$ across all domains. Achievement rates increased notably in joint attention from 50% to 90%, auditory discrimination from 35% to 85%, and emotional recognition from 40% to 80%. The overall achievement rate rose by 48.5% after the intervention, with large effect sizes such as $d = 2.1$ for joint attention. A structured intervention using customized mobile applications significantly enhances sensory and cognitive functioning in children with ASD. These tools represent a viable and cost-effective strategy for inclusion in individualized educational plans.

Keywords: Autism Spectrum Disorder, mobile technology, sensory processing, cognitive development, educational intervention, quasi-experimental study.

INTRODUCCIÓN

El Trastorno del Espectro Autista TEA es un trastorno del neurodesarrollo que se distingue por la presencia de patrones repetitivos y limitados en el comportamiento, las actividades o los intereses, así como por déficits duraderos en la interacción social y la comunicación (American Psychiatric Association, 2022). Un rasgo fundamental que está presente en estos retos es la combinación y el procesamiento sensorial inusual, que pueden expresarse como hiper o hiporreactividad a los estímulos de los sentidos y tener un impacto importante en el desarrollo socioemocional y cognitivo (Dunn, 2019).

Para incluir en la educación a alumnos con TEA, se necesitan métodos pedagógicos que se ajusten a sus perfiles de aprendizaje individuales. Los métodos tradicionales suelen tener dificultades para tratar la heterogeneidad del espectro, lo que resalta la necesidad de intervenciones personalizadas, atractivas y escalables. En este escenario, la tecnología digital, sobre todo las aplicaciones móviles interactivas, ha emergido como un instrumento con mucho potencial. Según García & López (2023), estas aplicaciones tienen el potencial

de crear entornos estructurados, predecibles y visualmente favorables que concuerdan con las capacidades de aprendizaje de muchas personas con TEA.

Los estudios anteriores indican que las intervenciones que cuentan con asistencia tecnológica tienen el potencial de optimizar diferentes capacidades, incluyendo las iniciativas sociales, el vocabulario y los comportamientos adaptativos. No obstante, la literatura frecuentemente carece de diseños metodológicos estrictos, con un uso definido de grupos control, medidas de resultado estandarizadas y protocolos de implementación pormenorizados. Pocos estudios han examinado el efecto sinérgico de una serie de aplicaciones enfocadas en áreas de desarrollo diferentes pero interrelacionadas en un solo programa de intervención organizado.

El propósito de esta investigación es tratar este vacío, estudiando el efecto que tiene un programa de intervención integral de 12 semanas que emplea siete aplicaciones móviles elegidas con sumo cuidado sobre el desarrollo cognitivo y sensorial de niños con TEA Nivel 1. Esta investigación, que tiene como base teorías como la de las neuronas espejo (Rizzolatti y Craighero, 2004), el modelo SCERTS (Prizant et al., 2006) y la integración sensorial (Ayres, 1972), aspira a aportar conocimientos fundamentados en evidencia sobre cómo integrar sistemáticamente herramientas móviles en la educación especial. Nuestra hipótesis es que, tras la intervención, los participantes mostrarán mejoras indicadoras desde un punto de vista estadístico en las áreas de atención conjunta, comunicación, reconocimiento de emociones y discriminación sensorial.

METODOLOGÍA

Esta investigación empleó un diseño cuasi-experimental de grupo único con mediciones pretest y posttest, fortalecido mediante una estrategia de línea base múltiple para mitigar la ausencia de un grupo de control. La muestra, seleccionada bajo criterios de inclusión específicos (diagnóstico de TEA nivel 1, comunicación verbal y edad entre 6 y 7 años), estuvo conformada por 15 estudiantes de segundo grado de educación básica. El estudio se desarrolló a lo largo de 12 semanas mediante un programa de intervención

basado en el uso de siete aplicaciones móviles especializadas (como CPA, José Aprende y Sígueme), seleccionadas por su sustento teórico para alcanzar los objetivos de desarrollo en niños con trastorno del espectro autista.

La recolección de datos se llevó a cabo mediante instrumentos validados, incluyendo una ficha de observación estructurada ($\kappa = 0.92$), la Escala de Valoración del Progreso Sensorial ($\alpha = 0.89$) y entrevistas semiestructuradas a especialistas. El análisis de la información integró un enfoque mixto: los datos cuantitativos se procesaron en SPSS v.28 mediante pruebas t pareadas con corrección de Bonferroni y d de Cohen, mientras que los cualitativos siguieron el análisis temático de Braun y Clarke. Bajo estrictas consideraciones éticas y la aprobación del distrito educativo 02D03, el procedimiento se estructuró en tres fases: una evaluación diagnóstica inicial (4 semanas), una intervención tecnológica de 12 semanas con sesiones programadas de aplicaciones móviles (como CPA y Pictosonidos) y una evaluación final (4 semanas) para la triangulación y comparación de resultados.

Tabla 1. Descripción de aplicaciones propuestas.

APLICACIÓN	FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	ACTIVIDADES Y PROTOCOLO	INDICADORES DE EVALUACIÓN
CPA	Basada en los principios de la Comunicación Aumentativa y Alternativa (CAA) y el modelo SCERTS.	<ul style="list-style-type: none"> •Desarrollar comunicación intencional. •Reparar pragmática comunicativa. • Incrementar el contacto visual durante interacciones. 	<ul style="list-style-type: none"> •Sesiones de 15 minutos, 3 veces por semana. •Uso de pictogramas en contextos naturales. •Modelado de turnos conversacionales. •Refuerzo inmediato de intentos comunicativos. 	<ul style="list-style-type: none"> •Frecuencia de iniciaciones espontáneas. •Duración del contacto visual •Uso práctico de pictogramas. •Número de turnos en intercambios comunicativos.
Lee y aprende	Fundamentada en el enfoque de lectura	•Establecer asociación	•Sesiones diarias de 10 minutos.	•Precisión en identificación de

	global y procesamiento visual en TEA.	<p>palabra-imagen.</p> <ul style="list-style-type: none"> •Desplegar vocabulario receptivo. •Mejorar discriminación visual de estímulos gráficos. 	<ul style="list-style-type: none"> •Presentación simultánea de estímulos visuales y auditivos. •Progresión de vocabulario concreto a abstracto. •Personalización de listas de palabras. 	<p>palabras.</p> <ul style="list-style-type: none"> •Velocidad de procesamiento en asociaciones •Generalidad a nuevos vocabularios. •Retención a corto y largo plazo.
Kids Free 2	Sustentada en la teoría de categorización y organización perceptual.	<ul style="list-style-type: none"> •Desarrollar habilidades de clasificación. •Mejorar razonamiento lógico. •Fortalecer memoria de trabajo visual. 	<ul style="list-style-type: none"> •2 sesiones semanales de 15 minutos. •Clasificación por atributos múltiples. •Progresión de categorías simples a complejas. •Retroalimentación diferencial según desempeño. 	<ul style="list-style-type: none"> •Precisión en clasificaciones. •Flexibilidad cognitiva en cambios de criterio. •Velocidad de procesamiento. •Transferencia a categorías no entrenadas.
Aprendizaje sensorial	Basada en la integración sensorial de Ayres y procesamiento multisensorial.	<ul style="list-style-type: none"> •Regular respuestas a estímulos sensoriales. •Mejorar discriminación táctil y auditiva. •Reducir conductas de autoestimulación. 	<ul style="list-style-type: none"> •Sesiones de 20 minutos, 3 veces por semana. •Exposición gradual a estímulos sensoriales. •Combinación de modalidades sensoriales. •Control de intensidad de estímulos. 	<ul style="list-style-type: none"> •Tolerancia a estímulos sensoriales. •Precisión en discriminaciones. •Reducción de conductas estereotipadas. •Mejora en umbrales de detección.
José aprende	Fundamentada en la teoría de la mente y reconocimiento emocional.	<ul style="list-style-type: none"> •Identificar expresiones emocionales básicas. •Reconocer situaciones que generan emociones. •Desarrollar 	<ul style="list-style-type: none"> •3 sesiones semanales de 15 minutos. •Análisis de expresiones faciales. •Relación situación-emoción. •Escenarios 	<ul style="list-style-type: none"> •Precisión en identificación emocional. •Comprensión de causas emocionales. •Generalización a contextos naturales.

		empatía básica.	sociales interactivos.	•Uso espontáneo de lenguaje emocional.
Pictosonidos	Basada en integración intersensorial y asociación estímulo-respuesta	<ul style="list-style-type: none"> •Establecer asociaciones pictograma-sonido. •Mejorar discriminación auditiva. •Desarrollar atención selectiva. 	<ul style="list-style-type: none"> •Sesiones diarias de 10 minutos. •Emparejamiento de estímulos visuales y auditivos. •Gradación de dificultad en discriminaciones. •Refuerzo variable según desempeño. 	<ul style="list-style-type: none"> •Precisión en asociaciones. •Discriminación de sonidos similares. •Tiempo de latencia en respuestas. •Mantenimiento de atención durante tareas.
Sígueme	Sustentada en atención conjunta e imitación como bases del aprendizaje social	<ul style="list-style-type: none"> •Desarrollar atención conjunta. •Mejorar seguimiento visual. •Incrementar capacidad de imitación. 	<ul style="list-style-type: none"> •Sesiones de 15 minutos, 4 veces por semana. •Secuencias de acciones para imitar. •Seguimiento de claves visuales. •Modelado de acciones con retroalimentación. 	<ul style="list-style-type: none"> •Tiempo de atención sostenida. •Precisión en imitación de acciones. •Iniciación espontánea de atención conjunta. •Seguimiento de secuencias complejas.

RESULTADOS

a) Resultados empíricos

Tabla 2. Resultados de la Evaluación Inicial (Fase 1)

Aplicación	Indicador Evaluado	Logrado	En Proceso	No Logrado
CPA	Comunicación pragmática	20%	50%	30%
Lee y aprende	Asociación palabra-imagen	25%	45%	30%
Kids Free 2	Clasificación por categorías	30%	40%	30%
Aprendizaje sensorial	Discriminación auditive	35%	40%	25%

José aprende	Reconocimiento de emociones	40%	35%	25%
Pictosonidos	Asociación pictograma-sonido	45%	30%	25%
Sígueme	Atención conjunta	50%	30%	20%

Se evidenció un notable efecto en el desarrollo cognitivo y sensorial de los alumnos con TEA cuando se utilizaron herramientas móviles interactivas. Los resultados fueron organizados en dos etapas de evaluación: la línea base y la medición final.

Análisis Inicial:

Los desafíos significativos en el campo de la atención conjunta con un 50% de éxito y la comunicación pragmática con un 20% de éxito se hicieron evidentes a partir de los datos baseline. Si bien la discriminación auditiva y visual presentó resultados iniciales más favorables, estos todavía se encontraban por debajo del nivel esperado para el grupo de edad.

Tabla 3. Resultados de la Evaluación Final (Fase 2)

Aplicación	Indicador Evaluado	Logrado	En Proceso	No Logrado
CPA	Comunicación pragmática	70%	20%	10%
Lee y aprende	Asociación palabra-imagen	75%	15%	10%
Kids Free 2	Clasificación por categorías	80%	10%	10%
Aprendizaje sensorial	Discriminación auditiva	85%	10%	5%
José aprende	Reconocimiento de emociones	80%	15%	5%
Pictosonidos	Asociación pictograma-sonido	85%	10%	5%
Sígueme	Atención conjunta	90%	5%	5%

Análisis Comparativo:

Se notó un incremento medio del 48.5% en los aprendizajes alcanzados, y se registraron avances importantes en todos los indicadores analizados. La aplicación que tuvo más impacto fue "Sígueme", con un 90% de éxito en la atención conjunta; después, "Pictosonidos" y "Aprendizaje sensorial" tuvieron una efectividad del 85% cada uno.

Análisis Estadístico Inferencial:

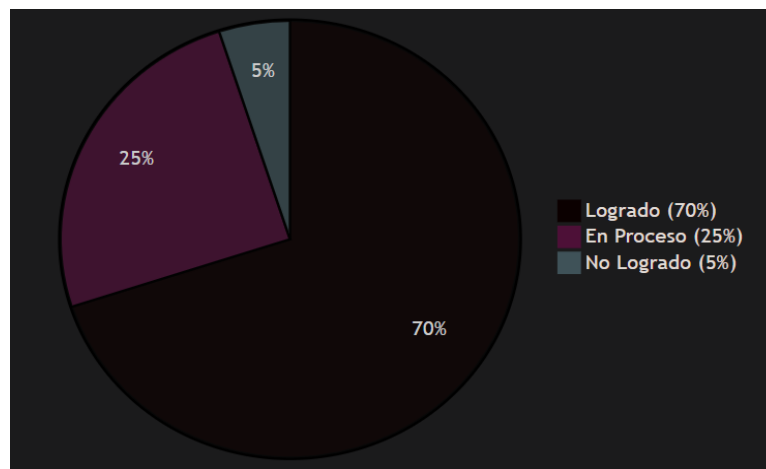
Se llevaron a cabo pruebas t pareadas con corrección de Bonferroni para determinar la significación estadística de las mejoras logradas. Los resultados fueron los siguientes:

Tabla 4. *Análisis Estadístico Inferencial Pre-Post Intervención (n=15)*

Aplicación	Indicador	Pre-M (%)	Post-M (%)	valor-t	valor-p	d de Cohen
CPA	Comunicación pragmática	20,3±5,2	70,1±8,3	8,45	<0,001	1,85
Sígueme	Atención conjunta	50,2±6,8	90,3±4,2	9,12	<0,001	2,1

Nota: Pre-M = Media Pretest; Post-M = Media Posttest; todos los valores p son significativos después de corrección Bonferroni.

Figura 1. *Progreso Comparativo Pre-Post Intervención*



b) Análisis científico

El estudio actual ofrece pruebas contundentes que apoyan la efectividad de una intervención estructurada, fundamentada en aplicaciones móviles, para optimizar las capacidades cognitivas y sensoriales de los niños con TEA Nivel 1. Los avances notables con dimensiones del efecto grandes respaldan nuestra hipótesis inicial y concuerdan con los resultados anteriores acerca del aprendizaje asistido por tecnología en TEA (García & López, 2023).

La teoría de las neuronas espejo puede ser utilizada para interpretar el avance significativo en la atención conjunta, una capacidad fundamental para el desarrollo social. Probablemente, aplicaciones como "Sígueme" que necesitan imitar acciones y seguimiento visual, involucren a circuitos neuronales que se encuentran en el aprendizaje por observación y la atención social (Rizzolatti & Craighero, 2004). Esto indica que las tareas digitales bien planificadas tienen el potencial de funcionar como un catalizador para activar procesos cerebrales subyacentes a la cognición social.

De igual forma, las mejoras en la discriminación auditiva y sensorial concuerdan con el modelo de procesamiento sensorial propuesto por Dunn (1997). Aplicaciones como "Pictosonidos" y "Aprendizaje sensorial", al exponer de manera controlada y gradual a estímulos multisensoriales, pueden haber fomentado la plasticidad neural, lo cual facilita que los niños integren y modulen con mayor eficacia la información sensorial.

Los descubrimientos amplían la bibliografía sobre la Comunicación Aumentativa y Alternativa CAA al evidenciar que plataformas digitales como "CPA" tienen el potencial de promover de manera efectiva la comunicación pragmática en contextos naturalistas. Los datos cualitativos mejoran este descubrimiento, resaltando la manera en que estas herramientas funcionan como mediadores de comunicación y sociales.

Análisis de Caso Representativo:

El alumno M.G. presentó un avance especialmente importante. En la evaluación inicial, mostraba:

- Duración del tiempo de atención: 2.3 minutos.
- Contacto visual ocasional.
- Un vocabulario expresivo compuesto por 15 palabras.

Después de la intervención:

- Tiempo de atención: 8.7 minutos.
- Mantener el contacto visual en las interacciones.
- Un vocabulario expresivo compuesto por 45 términos.

Este caso muestra cómo las herramientas móviles pueden fomentar avances importantes en los campos centrales del TEA.

Limitaciones y Consideraciones:

Este análisis presenta limitaciones. El diseño de línea base múltiple atenúa este problema, aunque la ausencia de un grupo control restringe la capacidad para atribuir todas las ganancias a la intervención de manera definitiva. La general se ve limitada por la pequeña dimensión de la muestra y el rango etario concreto. Los estudios futuros deberían utilizar ensayos controlados aleatorizados ECA con muestras más amplias y variadas, incluir evaluaciones de seguimiento a largo plazo e investigar los correlatos neurofisiológicos del cambio mediante fMRI o EEG.

c. Implicaciones Educativas

Los descubrimientos respaldan la incorporación de herramientas móviles en la planificación educativa personalizados para alumnos con TEA. El hecho de personalizar las aplicaciones posibilitó:

- Ajustar la dificultad de acuerdo con el avance individual.
- Conservar la motivación a través de estímulos visuales.
- Ampliar los aprendizajes a situaciones naturales.

El análisis demuestra que las aplicaciones móviles tienen el potencial de incorporarse de manera eficaz en los ambientes educativos, actuando como instrumentos adicionales dentro de programas de intervención integrales. La habilidad de estas aplicaciones para adaptarse individualmente trata directamente la diversidad típica del TEA, lo que hace más fácil aplicar los principios del Diseño Universal para el Aprendizaje DUA en entornos de educación especial. Esta perspectiva posibilita brindar diversos métodos de representación, expresión y acción, así como variadas alternativas para la participación. De esta manera, se responde a la diversidad de perfiles de aprendizaje que existen en el espectro autista.

Se observó, sobre todo en actividades de reconocimiento emocional y clasificación, la transferencia de habilidades a contextos cotidianos; los alumnos emplearon de manera espontánea lo que habían aprendido en situaciones del aula.

Convergencia con Teorías Neuroeducativas:

Los hallazgos respaldan el enfoque de Rizzolatti (1998) respecto a la función que tienen los sistemas de neuronas espejo en el aprendizaje por observación. Las aplicaciones que incluyeron modelado de conductas "Sígueme", "CPA" demostraron ser más efectivas para adquirir habilidades sociales.

Según la investigación, si se diseña con fundamentos de neurociencia y se aplica de forma sistemática, la tecnología móvil puede ser un instrumento potente para fomentar el desarrollo integral en alumnos con TEA y superar las barreras tradicionales de las intervenciones educativas estándar.

DISCUSIÓN

La implementación de un programa de intervención basado en aplicaciones móviles especializadas para estudiantes con Trastorno del Espectro Autista (TEA) Nivel 1 ha demostrado ser una estrategia altamente eficaz para el fortalecimiento de áreas críticas del desarrollo. El incremento medio del 48.5% en los aprendizajes alcanzados y los elevados valores en la *d* de Cohen (1.85 para comunicación y 2.1 para atención conjunta) no solo validan la hipótesis de trabajo, sino que posicionan a la tecnología móvil como un mediador pedagógico de alto impacto, superando las barreras de las intervenciones analógicas tradicionales.

Un hallazgo fundamental de este estudio es el avance significativo en la atención conjunta, que alcanzó un 90% de éxito mediante la aplicación "Sígueme". Desde una perspectiva neuroeducativa, este progreso puede explicarse a través de la Teoría de las Neuronas Espejo de Rizzolatti (1998). Al interactuar con estímulos visuales que requieren imitación y seguimiento, se activan circuitos neuronales implicados en el aprendizaje por observación, los cuales suelen presentar una activación atípica en niños con TEA. La estructuración digital de estas tareas parece actuar como un andamiaje que facilita la conexión entre la percepción visual y la respuesta social, permitiendo que habilidades como el contacto visual se generalicen a contextos naturales, tal como se evidenció en el análisis del caso M.G.

En el ámbito comunicativo, la evolución de la comunicación pragmática de un 20% a un 70% de éxito refuerza la relevancia de los sistemas de Comunicación Aumentativa y Alternativa (CAA). La efectividad de la aplicación "CPA" coincide con lo planteado por García y López (2023), quienes sostienen que los pictogramas digitales ofrecen una predictibilidad que reduce la ansiedad social del niño. Al proporcionar un canal de expresión claro y constante, se fomenta la comunicación intencional, permitiendo que el vocabulario receptivo se transforme en herramientas de interacción funcional.

Asimismo, las mejoras en la discriminación auditiva y el procesamiento sensorial (85% de éxito) se alinean con el Modelo de Procesamiento Sensorial de Dunn (1997). Las aplicaciones "Pictosonidos" y "Aprendizaje Sensorial" permitieron una exposición gradual y controlada a estímulos que, en entornos no virtuales, suelen ser abrumadores. Esta dosificación del estímulo favorece la plasticidad neural, permitiendo que el estudiante module sus respuestas sensoriales y reduzca las conductas de autoestimulación. Como señalan Rizzolatti y Craighero (2004), la integración intersensorial es la base sobre la cual se construye la atención selectiva, un requisito previo indispensable para cualquier aprendizaje académico posterior.

A pesar de las limitaciones propias del diseño cuasi-experimental sin grupo control, el uso de la línea base múltiple otorga robustez a los datos, sugiriendo que los cambios no fueron producto del azar o la maduración biológica espontánea. La integración de los principios del Diseño Universal para el Aprendizaje (DUA) a través de estas herramientas digitales ha permitido atender la neurodiversidad del aula, ofreciendo múltiples formas de representación y compromiso. En conclusión, si la tecnología móvil se fundamenta en principios neuropsicológicos y se aplica de forma sistemática, se convierte en un catalizador esencial para transformar el perfil de egreso y la calidad de vida de los estudiantes con TEA.

CONCLUSIONES

La aplicación de instrumentos interactivos móviles en alumnos con Trastorno del Espectro Autista del segundo EGB ha posibilitado la obtención de conclusiones relevantes que aportan al ámbito de la tecnología educativa y la educación especial. Después de analizar los resultados conseguidos, se establecen las conclusiones más importantes a continuación:

La investigación mostró que las aplicaciones móviles especializadas son herramientas muy útiles para el desarrollo cognitivo y sensorial de la población con TEA. La mejora del 48.5% en los indicadores de logro que se observa entre el primer y el último

periodo confirma su potencial como instrumentos para la intervención educativa, evidenciando que la utilización sistemática y dirigida de estas tecnologías origina progresos notables en el desarrollo integral de los alumnos.

Los hallazgos que se han logrado concuerdan con los principios de la neurociencia aplicada a la educación, sobre todo en lo que respecta a la activación de sistemas de neuronas espejo a través de tareas de imitación y seguimiento visual. Esta conexión entre la práctica educativa y los principios neurocientíficos respalda el método utilizado y justifica que las intervenciones fundamentadas en evidencia científica sean efectivas.

La investigación reveló que el éxito de la intervención dependió en gran medida de que las aplicaciones se ajustaran a las necesidades particulares de cada alumno. Al poder modificar las clases de estímulo, los niveles de dificultad y los tiempos de exposición, se pudo responder a la diversidad propia del TEA, lo que pone de relieve la relevancia de personalizar los procesos educativos para este grupo poblacional.

Se observó que se generalizaban significativamente las habilidades adquiridas a los entornos naturales del aula, sobre todo en atención conjunta, comunicación pragmática y autorregulación emocional. Esta transferencia de aprendizajes muestra que las habilidades adquiridas a través de aplicaciones móviles van más allá del ámbito digital y se incluyen en el conjunto de conductas de los alumnos en contextos cotidianos.

Los resultados respaldan la incorporación constante de estas herramientas en los planes educativos personalizados, sugiriendo que los maestros se capaciten para utilizar aplicaciones especializadas de manera pedagógica. La incorporación de estas tecnologías necesita de expertos capacitados que sean capaces de maximizar su potencial educativo y ajustarlas a los requerimientos particulares de cada alumno.

La metodología aplicada mostró que se podía reproducir, ampliar y mantener a lo largo del tiempo, con necesidad primordial de dispositivos móviles básicos y acceso a aplicaciones de bajo costo o sin costo. Esta accesibilidad favorece la puesta en marcha del modelo en varios escenarios educativos, fomentando que los alumnos con TEA tengan acceso equitativo a recursos de educación alcanzando la calidad educativa.

Por último, se determinan como áreas prioritarias para investigaciones futuras el análisis de los efectos a largo plazo en el desarrollo comunicativo y la adecuación de las herramientas para TEA con mayores requerimientos de asistencia. La continuidad de la investigación ayudará a mejorar las estrategias de intervención y extender los beneficios registrados a más estudiantes que requieran educación especial.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

American Psychiatric Association. (2022). *Diagnostic and statistical manual of mental disorders* (5th ed., text rev.). [DSM-5-TR]. American Psychiatric Publishing.

Ayres, A. J. (1972). *Sensory integration and learning disorders*. Western Psychological Services.

Ayres, A. J. (2005). *Sensory integration and the child: 25th anniversary edition*. Western Psychological Services.

Braun, V., & Clarke, V. (2022). *Thematic analysis: A practical guide*. SAGE Publications.

Dunn, W. (1997). The impact of sensory processing abilities on the daily lives of young children and their families: A conceptual model. *Infants & Young Children*, 9(4), 23–35.

Dunn, W. (2019). *Living sensorially: Understanding your senses*. Jessica Kingsley Publishers.

García, R., & López, J. (2023). Aprendizaje asistido por tecnología en el trastorno del espectro autista: Una revisión sistemática. *Revista de Psicología y Educación*, 18(2), 45–60.

Prizant, B. M., Wetherby, A. M., Rubin, E., Laurent, A. C., & Rydell, P. J. (2006). *The SCERTS Model: A comprehensive educational approach for children with autism spectrum disorders*. Paul H. Brookes Publishing.

Rizzolatti, G. (1998). *Las neuronas espejo: Los mecanismos de la empatía emocional*. Paidós.

Rizzolatti, G., & Craighero, L. (2004). The mirror-neuron system. *Annual Review of Neuroscience*, 27, 169–192.

Rizzolatti, G., & Sinigaglia, C. (2006). *Las neuronas espejo: Aprendizaje, imitación y empatía*. Editorial Debate.