Estudios y Perspectivas Revista Científica y Académica
ISSN en línea 3005-2599, Julio - Septiembre 2026,
Volumen 6, Número 3.

DOI: https://doi.org/10.61384/r.c.a.v6i3

APLICACIÓN DE ESTRATEGIAS NEUROEDUCATIVAS PARA FORTALECER LAS CAPACIDADES COGNITIVAS Y EL APRENDIZAJE INTEGRAL EN ESTUDIANTES DE EDUCACIÓN SECUNDARIA

APPLICATION OF NEUROEDUCATIONAL STRATEGIES TO STRENGTHEN COGNITIVE ABILITIES AND COMPREHENSIVE LEARNING IN SECONDARY SCHOOL STUDENTS

Erik Mauricio Casagallo Lugmaña
Investigador Independiente, Ecuador

Bertha Elizabeth Jarrín Buitrón
Investigador Independiente, Ecuador

Ana Lucía Nicolalde Tupiza
Investigador Independiente, Ecuador

Christian Fernando Troya Torres
Investigador Independiente, Ecuador

Sandra Verónica Oscullo Ushiña
Investigador Independiente, Ecuador

E. COUTURE
Educación y Ciencias Sociales

Estudios y Perspectivas
Revista Científica y Académica

Estudios y Perspectivas
Revista Científica Multidisciplinaria

DOI: https://doi.org/10.61384/r.c.a..v6i3.2082

Aplicación de Estrategias Neuroeducativas para Fortalecer las Capacidades Cognitivas y el Aprendizaje Integral en Estudiantes de Educación Secundaria

Erik Mauricio Casagallo Lugmaña
e.c.mao@hotmail.com
https://orcid.org/0009-0006-3735-6483
Investigador Independiente, Ecuador

Bertha Elizabeth Jarrín Buitrón
beljabu@hotmail.com
https://orcid.org/0009-0006-7189-0348
Investigador Independiente, Ecuador

Ana Lucía Nicolalde Tupiza
annylu-10@hotmail.com
https://orcid.org/0009-0007-3619-9364
Investigador Independiente, Ecuador

Christian Fernando Troya Torres
christianfernandot@yahoo.com
https://orcid.org/0000-0001-6249-9271
Investigador Independiente, Ecuador

Sandra Verónica Oscullo Ushiña
verooscullo2013@hotmail.com
https://orcid.org/0009-0000-9584-3841
Investigador Independiente, Ecuador

RESUMEN

El estudio analizó los cambios observados en las capacidades cognitivas y socioemocionales de estudiantes de educación secundaria tras la aplicación de estrategias neuroeducativas fundamentadas en los principios de la neuroplasticidad. Se adoptó un enfoque mixto y un diseño preexperimental de un solo grupo con mediciones preintervención y postintervención. Participaron 30 estudiantes de entre 14 y 17 años pertenecientes a una institución educativa pública del sur de Quito, Ecuador. Durante un semestre se desarrollaron actividades de aprendizaje multisensorial, retroalimentación inmediata, práctica espaciada, atención plena y apoyo tecnológico, incluida la realidad virtual. La información se obtuvo mediante evaluaciones cognitivas, observaciones estructuradas en el aula y entrevistas semiestructuradas. Los puntajes medios aumentaron de 65 a 78 en atención, de 60 a 75 en memoria, de 58 a 73 en funciones ejecutivas y de 62 a 80 en autorregulación emocional. Las observaciones y entrevistas indicaron mayor motivación y participación durante las actividades. Los resultados describen mejoras posteriores a la intervención, aunque el diseño empleado no permite atribuirlas exclusivamente a las estrategias aplicadas ni comprobar cambios neurofisiológicos. La experiencia respalda la viabilidad pedagógica de las estrategias en el contexto estudiado

Palabras clave: aprendizaje integral; autorregulación emocional; educación secundaria; estrategias neuroeducativas; neuroplasticidad

Application of Neuroeducational Strategies to Strengthen Cognitive Abilities and Comprehensive Learning in Secondary School Students

ABSTRACT

The study analyzed observed changes in the cognitive and socioemotional abilities of secondary school students following the implementation of neuroeducational strategies grounded in the principles of neuroplasticity. A mixed-methods approach and a single-group pre-experimental design with pre- and post-intervention measurements were adopted. The participants were 30 students aged 14 to 17 from a public educational institution in southern Quito, Ecuador. Over one academic semester, activities involving multisensory learning, immediate feedback, spaced practice, mindfulness, and technological support, including virtual reality, were implemented. Data were collected through cognitive assessments, structured classroom observations, and semi-structured interviews. Mean scores increased from 65 to 78 in attention, from 60 to 75 in memory, from 58 to 73 in executive functions, and from 62 to 80 in emotional self-regulation. Observations and interviews indicated greater motivation and participation during the activities. The results describe improvements following the intervention; however, the study design does not allow these changes to be attributed exclusively to the strategies implemented or provide evidence of neurophysiological changes. The experience supports the pedagogical feasibility of these strategies within the context examined

***Keywords*:** comprehensive learning; emotional self-regulation; neuroeducation strategies; neuroplasticity; secondary education

Recibido: 08- junio-2026 / Aprobado: 13-septiembre-2026

INTRODUCCIÓN

La neuroplasticidad se refiere a la capacidad del sistema nervioso para modificar su organización y funcionamiento en respuesta al desarrollo, la experiencia y las condiciones ambientales. Esta propiedad participa en el aprendizaje y la memoria, pero está influida por factores como la edad, el estrés, las relaciones sociales, la estimulación y las experiencias previas (Kolb & Gibb, 2011). Su aplicación al ámbito educativo requiere cautela, pues los cambios observados en el rendimiento cognitivo o en la conducta no constituyen por sí mismos una medición directa de modificaciones cerebrales.

La adolescencia constituye un periodo relevante para estudiar esta relación. Durante esta etapa continúan los cambios en sistemas cerebrales vinculados con el control cognitivo, la interacción social y la regulación emocional. Estas transformaciones pueden aumentar la sensibilidad de los jóvenes a las experiencias educativas y al entorno, aunque no implican que exista una estrategia pedagógica capaz de producir automáticamente un efecto neurobiológico específico (Fuhrmann et al., 2015). Por esta razón, la neurociencia puede aportar criterios para comprender el aprendizaje, pero su traslado al aula debe apoyarse también en la psicología cognitiva, la pedagogía y la evaluación educativa.

La neuroeducación surge de ese diálogo interdisciplinario. Su propósito no consiste en convertir al docente en especialista en neuroimagen ni en explicar toda dificultad escolar mediante el funcionamiento cerebral. Busca relacionar conocimientos sobre atención, memoria, emoción y funciones ejecutivas con decisiones pedagógicas susceptibles de ser observadas y evaluadas. La construcción de este vínculo exige evitar interpretaciones simplificadas y diferenciar los mecanismos neuronales de los resultados educativos medidos mediante pruebas o comportamientos (Sigman et al., 2014; Bowers, 2016).

Entre las estrategias compatibles con esta perspectiva se encuentran el aprendizaje multisensorial, la retroalimentación y la práctica espaciada. La combinación planificada de información visual, auditiva y motriz puede favorecer la representación y recuperación del conocimiento cuando las modalidades utilizadas guardan relación con la tarea (Shams & Seitz, 2008).

Esto no significa que cada estudiante posea un “estilo de aprendizaje” fijo que deba determinar toda la enseñanza. La adaptación pedagógica debe responder a conocimientos previos, necesidades de apoyo y desempeño observado, no a clasificaciones rígidas sin suficiente respaldo empírico.

La retroalimentación adquiere valor cuando ayuda al estudiante a reconocer la distancia entre su desempeño actual y el resultado esperado, comprender el error y decidir cómo continuar. Su eficacia depende del contenido, el momento y la forma en que se proporciona; por ello, una respuesta inmediata no siempre produce mejores resultados si se limita a indicar aciertos o fallos sin orientar la revisión del procedimiento (Hattie & Timperley, 2007). La práctica distribuida, por su parte, organiza las experiencias de aprendizaje en distintos momentos y evita concentrarlas en una única sesión. La evidencia acumulada indica que espaciar la práctica favorece la retención frente a la repetición continua, aunque el intervalo adecuado varía según el contenido y el tiempo durante el cual se espera conservarlo (Cepeda et al., 2006).

Las herramientas tecnológicas pueden ampliar estas posibilidades mediante entornos interactivos, simulaciones y formas inmediatas de representación. La realidad virtual permite diseñar experiencias inmersivas y controlar ciertos estímulos, pero su presencia no garantiza el aprendizaje. Los resultados dependen de la relación entre la actividad, los objetivos curriculares, la orientación docente y los criterios de evaluación. La literatura sobre realidad virtual educativa también señala limitaciones relacionadas con el diseño pedagógico, la accesibilidad y la diversidad de métodos empleados para valorar sus efectos (Radianti et al., 2020).

El problema abordado en esta investigación surgió de la distancia entre estos aportes y su incorporación en una institución pública de educación secundaria del sur de Quito. El diagnóstico institucional identificó desmotivación académica y diferencias en los conocimientos previos, la participación y las necesidades socioemocionales de estudiantes de entre 14 y 17 años. Frente a esta situación, se diseñó una intervención que combinó aprendizaje multisensorial, práctica espaciada, retroalimentación, actividades de atención plena y apoyo tecnológico.

La propuesta no pretendió demostrar modificaciones neurofisiológicas, sino examinar los cambios registrados en atención, memoria, funciones ejecutivas y autorregulación emocional después de su aplicación.

El estudio se centró en una brecha concreta: existen fundamentos teóricos sobre plasticidad cerebral y estrategias cognitivas de aprendizaje, pero su aplicación educativa exige intervenciones contextualizadas que distingan entre explicación neurobiológica y evidencia pedagógica. También se requiere valorar la experiencia de los participantes, porque una variación en los puntajes no explica por sí sola cómo los estudiantes recibieron las actividades ni qué condiciones favorecieron su participación.

La incorporación de conocimientos neurocientíficos en la educación requiere distinguir los hallazgos comprobados de las interpretaciones simplificadas sobre el cerebro. La presencia de neuromitos entre los profesionales de la enseñanza muestra que la formación docente debe promover una lectura crítica de la evidencia antes de trasladarla al aula (Howard-Jones, 2014). Esta cautela no resta valor a la relación entre cognición y emoción, pues los procesos afectivos intervienen en la atención, la memoria, la toma de decisiones y la aplicación de lo aprendido en situaciones reales (Immordino-Yang & Damasio, 2007). Las intervenciones dirigidas a las funciones ejecutivas también alcanzan resultados diferentes según la intensidad, la continuidad, la dificultad de las actividades y las características de los participantes, por lo que no existe una estrategia aislada que garantice mejoras uniformes (Diamond & Ling, 2016).

Las prácticas de atención plena pueden favorecer algunos procesos atencionales y cognitivos, aunque sus resultados dependen del programa, la población y la forma de evaluación. La evidencia obtenida mediante intervenciones breves respalda su estudio como recurso complementario, pero no autoriza a atribuirle efectos generales o permanentes (Zeidan et al., 2010). Una precaución semejante corresponde al uso de realidad virtual: una mayor sensación de presencia no necesariamente produce mayor aprendizaje y, en determinadas condiciones, la inmersión puede aumentar la carga cognitiva (Makransky et al., 2019).

Estos antecedentes respaldan una intervención que integre recursos pedagógicos, cognitivos y tecnológicos, pero también justifican evaluar sus resultados dentro del contexto específico y evitar atribuir los cambios observados a un solo componente.

El objetivo fue analizar los cambios observados en las capacidades cognitivas y socioemocionales de estudiantes de educación secundaria después de aplicar un programa de estrategias neuroeducativas durante un semestre académico. Se compararon las mediciones anteriores y posteriores de atención, memoria, funciones ejecutivas y autorregulación emocional, complementadas con observaciones en el aula y entrevistas semiestructuradas. El análisis se limitó a la viabilidad pedagógica y a los resultados obtenidos en el grupo participante, sin atribuir los cambios exclusivamente a la intervención ni presentarlos como evidencia directa de neuroplasticidad.

METODOLOGÍA

La investigación adoptó un enfoque mixto, con alcance descriptivo y evaluativo. El componente cuantitativo permitió comparar las puntuaciones obtenidas antes y después de la intervención, mientras que el cualitativo se orientó a comprender la participación, la motivación y las experiencias de los estudiantes durante las actividades. Ambas fuentes se integraron mediante una estrategia de convergencia que relacionó los resultados numéricos con los registros del aula y las percepciones de los participantes (Creswell & Plano Clark, 2018).

El estudio siguió un diseño preexperimental longitudinal de un solo grupo con mediciones preintervención y postintervención. Este diseño evalúa al mismo grupo antes y después de aplicar un programa, sin asignación aleatoria ni grupo de comparación (Campbell & Stanley, 1963). La intervención se desarrolló durante un semestre académico en condiciones habituales de aula. Por las características del diseño, las diferencias registradas se interpretaron como cambios posteriores a la intervención y no como efectos causales atribuibles exclusivamente a las estrategias neuroeducativas.

La población estuvo constituida por estudiantes de educación secundaria de una institución pública ubicada en el sur de Quito, Ecuador. Mediante un muestreo intencional se seleccionaron 30 adolescentes de entre 14 y 17 años.

Los criterios de inclusión fueron estar matriculado en la institución, cumplir con la asistencia requerida y manifestar disposición voluntaria para participar, con el consentimiento informado de los padres o tutores. Se excluyeron los casos de ausentismo frecuente, rechazo a participar o presencia previamente reportada de condiciones neuropsicológicas que pudieran afectar la aplicación de las evaluaciones.

Desarrollo de la intervención

La intervención se desarrolló durante un semestre académico dentro del horario escolar. Comprendió actividades de aprendizaje multisensorial, retroalimentación inmediata, práctica espaciada, atención plena y apoyo tecnológico. Las tareas multisensoriales combinaron recursos visuales, auditivos y prácticos relacionados con las actividades educativas. La retroalimentación se proporcionó durante la ejecución para orientar la revisión de errores, mientras que la práctica se distribuyó a lo largo del periodo de intervención.

Las actividades de atención plena se incorporaron como apoyo para la concentración y la autorregulación antes o durante las tareas. La realidad virtual se utilizó de manera complementaria para presentar experiencias interactivas y favorecer la participación de los estudiantes. No se empleó como instrumento diagnóstico ni como medio para medir cambios neurofisiológicos. Las actividades se ajustaron al desempeño observado y a las necesidades de apoyo de los participantes. Debido a que los registros no consignaron la cantidad, frecuencia o duración de las sesiones ni los contenidos curriculares específicos, el programa se analizó globalmente como una intervención desarrollada durante el semestre.

Instrumentos y recolección de información

El componente cuantitativo comprendió evaluaciones aplicadas al inicio y al término de la intervención para examinar la atención, la memoria, las funciones ejecutivas y la autorregulación emocional. Los resultados de cada dimensión se registraron en una escala común de 0 a 100 puntos. Como la documentación disponible no identifica los instrumentos específicos ni aporta evidencias

sobre su validez y confiabilidad, las puntuaciones se interpretaron como indicadores descriptivos del desempeño del grupo y no como diagnósticos neuropsicológicos.

La información cualitativa se obtuvo mediante observaciones estructuradas en el aula y entrevistas semiestructuradas a participantes vinculados con la intervención. Las guías de observación atendieron comportamientos relacionados con la participación, el compromiso con las tareas, la motivación y la regulación emocional. Las entrevistas exploraron la recepción de las estrategias, el uso de los recursos tecnológicos y las experiencias producidas durante el programa. La información se organizó por categorías temáticas y se comparó con los resultados cuantitativos. Puesto que los registros no precisaron el número ni la distribución de las personas entrevistadas, esta evidencia se empleó para contextualizar la experiencia y no para establecer frecuencias o generalizaciones.

Procesamiento y análisis de la información

El análisis cuantitativo se limitó al cálculo y la comparación de los puntajes medios, así como al cambio porcentual entre las mediciones preintervención y postintervención. No se realizaron pruebas inferenciales ni estimaciones del tamaño del efecto. Por tanto, los resultados describen el comportamiento de los participantes y no permiten generalizar los hallazgos a toda la población estudiantil.

La información cualitativa se organizó alrededor de las categorías de participación, compromiso con las tareas, motivación y regulación emocional. La integración se efectuó durante la interpretación: las puntuaciones permitieron describir las variaciones registradas entre el inicio y el cierre del programa, mientras que las observaciones y entrevistas aportaron elementos para comprender el desarrollo y la recepción de las actividades. Esta comparación no se utilizó para demostrar cambios cerebrales ni inferir mecanismos neurofisiológicos. La neuroplasticidad constituyó el fundamento teórico de la intervención, pero no fue una variable medida directamente.

Consideraciones éticas

La participación de los estudiantes fue voluntaria y contó con el consentimiento informado de sus padres o tutores. Los adolescentes recibieron información comprensible sobre el propósito de las

actividades, las condiciones de participación y la posibilidad de retirarse sin consecuencias académicas. Su aceptación voluntaria se mantuvo durante el proceso.

La identidad y la confidencialidad de los participantes se protegieron mediante el tratamiento reservado de la información y la presentación agregada de los resultados. Las actividades se desarrollaron en el entorno educativo, sin procedimientos invasivos ni mediciones neurofisiológicas, y se procuró evitar presión, exposición innecesaria o situaciones que incrementaran el malestar. La documentación disponible no consigna la evaluación de un comité de ética ni un número de aprobación, por lo que no se atribuyó al estudio una autorización que no pudiera comprobarse.

Limitaciones metodológicas

El diseño presenta limitaciones relacionadas con la selección intencional, el tamaño de la muestra, la ausencia de un grupo de comparación y la imposibilidad de controlar factores familiares, escolares y socioeconómicos externos. La aplicación de una medición inicial también pudo influir en el desempeño posterior. A ello se suman la falta de identificación de los instrumentos, la ausencia de información sobre sus propiedades psicométricas y la descripción limitada de las entrevistas y las sesiones. Estas condiciones restringen la reproducibilidad, la generalización y la atribución causal, aunque permiten valorar descriptivamente la aplicación pedagógica del programa y los cambios observados durante el semestre.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Las mediciones realizadas antes y después de la intervención mostraron aumentos en las cuatro dimensiones evaluadas. Los resultados se presentan de forma descriptiva, debido a que no se aplicaron pruebas inferenciales ni se contó con un grupo de comparación. Por esta razón, las diferencias observadas no se interpretan como estadísticamente significativas ni como efectos atribuibles exclusivamente al programa.

Tabla 1. Cambios en las capacidades cognitivas y socioemocionales evaluadas (n = 30)

Capacidad evaluada	Preintervención	Postintervención	Cambio relativo
Atención	65	78	20 %
Memoria	60	75	25 %
Funciones ejecutivas	58	73	26 %
Autorregulación emocional	62	80	29 %

Nota. Los resultados corresponden a puntuaciones expresadas en una escala de 0 a 100. El cambio relativo se calculó respecto de la medición inicial. Elaboración propia a partir de los registros de evaluación de los 30 participantes.

La autorregulación emocional presentó el mayor cambio relativo, seguida por las funciones ejecutivas y la memoria. La atención también aumentó, aunque en menor proporción. El comportamiento común de las cuatro dimensiones indica una evolución favorable del grupo durante el semestre, pero el diseño no permite determinar cuánto de esa variación corresponde a la intervención y cuánto podría relacionarse con la maduración, la familiaridad con las evaluaciones, la enseñanza regular u otras experiencias ocurridas durante el mismo periodo.

Las observaciones realizadas en el aula registraron mayor participación y disposición para desarrollar las actividades en comparación con las primeras sesiones. Los estudiantes mostraron más constancia frente a las tareas y una recepción favorable de los recursos tecnológicos. Las entrevistas también recogieron percepciones positivas sobre la variedad de las actividades y la posibilidad de recibir orientación durante su ejecución. Estos resultados cualitativos ayudan a comprender el desarrollo de la experiencia, aunque no constituyen una medición independiente del rendimiento ni permiten demostrar cambios neurofisiológicos.

La combinación de estímulos visuales, auditivos y prácticos pudo facilitar distintas formas de aproximación al contenido. Este resultado es compatible con la evidencia que atribuye beneficios al aprendizaje multisensorial cuando las modalidades utilizadas se relacionan entre sí y responden a los objetivos de la tarea (Shams & Seitz, 2008). La interpretación no debe trasladarse a la idea de que cada estudiante posee un estilo de aprendizaje fijo.

La adaptación realizada durante el programa respondió al desempeño y a las necesidades observadas, no a una clasificación permanente de los participantes.

La retroalimentación permitió revisar errores y ajustar la ejecución de las actividades durante el proceso. Su posible contribución debe interpretarse desde la calidad de la información entregada al estudiante, pues señalar únicamente si una respuesta es correcta no garantiza una comprensión posterior. Hattie y Timperley (2007) sostienen que la retroalimentación favorece el aprendizaje cuando aclara el objetivo, informa sobre el desempeño y orienta las acciones necesarias para avanzar. Las observaciones del aula fueron coherentes con este planteamiento, ya que la participación aumentó cuando los estudiantes recibieron indicaciones vinculadas con el procedimiento y no solo con el resultado final.

La práctica espaciada también pudo contribuir a la evolución de las puntuaciones al distribuir las actividades durante el semestre. La revisión de Cepeda et al. (2006) encontró que espaciar las oportunidades de recuperación favorece la retención en comparación con la concentración de la práctica en un solo momento. En el presente estudio, esta estrategia formó parte de una intervención compuesta, junto con actividades multisensoriales, atención plena, retroalimentación y recursos tecnológicos. No es posible aislar su aporte específico ni establecer cuál componente tuvo mayor relación con los cambios registrados.

La realidad virtual se utilizó como apoyo para enriquecer las actividades y estimular la participación. Su incorporación fue valorada favorablemente por los participantes, pero no se evaluó por separado frente a las demás estrategias. La literatura advierte que los beneficios educativos de los entornos inmersivos dependen del diseño de la actividad, la orientación pedagógica y su articulación con los contenidos, mientras que la novedad tecnológica puede influir temporalmente en la motivación (Radianti et al., 2020). Los resultados obtenidos respaldan su factibilidad dentro del programa, no su superioridad frente a recursos menos inmersivos.

Los cambios en atención, memoria y funciones ejecutivas son compatibles con procesos de aprendizaje desarrollados durante experiencias educativas continuadas. Sin embargo, no pueden

presentarse como prueba directa de potenciación a largo plazo, modificación sináptica o neuroplasticidad cerebral. Estos procesos requieren procedimientos neurofisiológicos diferentes de las evaluaciones cognitivas y observaciones pedagógicas utilizadas. La neuroplasticidad ofrece el fundamento que explica la posibilidad de cambio mediante la experiencia, pero no fue una variable medida en este estudio. Esta distinción evita trasladar automáticamente conceptos del nivel neuronal al desempeño escolar, uno de los riesgos señalados en la discusión sobre neurociencia educativa (Sigman et al., 2014; Bowers, 2016).

La experiencia aporta una aplicación contextualizada de estrategias neuroeducativas en una institución pública de educación secundaria. Su contribución reside en integrar componentes con sustento previo dentro de un programa dirigido a un grupo con necesidades diversas y evaluar su desarrollo mediante información cuantitativa y cualitativa. Los resultados apoyan la viabilidad pedagógica de la propuesta en el contexto estudiado, pero no validan todavía un modelo replicable ni justifican su extensión automática a otras instituciones.

La aplicación en otros escenarios requerirá considerar las condiciones tecnológicas, la preparación docente, el tiempo disponible y las características de cada población. También será necesario diferenciar el efecto de los componentes del programa y valorar si los cambios se mantienen después de la intervención. Dentro de los límites del diseño, los hallazgos muestran una evolución favorable de las capacidades evaluadas y una mejor disposición hacia las actividades, sin establecer una relación causal ni afirmar que se produjeron modificaciones neurofisiológicas.

La evolución favorable de las puntuaciones resulta compatible con la posibilidad de que la práctica continuada fortalezca el desempeño en tareas cognitivas entrenadas. La memoria de trabajo puede modificarse mediante la experiencia y el entrenamiento, aunque los resultados varían según la intensidad de la práctica, las características de los participantes y las medidas utilizadas (Klingberg, 2010). Esta interpretación debe limitarse a las capacidades evaluadas, ya que la evidencia sobre entrenamiento cognitivo muestra que las mejoras suelen concentrarse en tareas iguales o semejantes

a las practicadas y no necesariamente se transfieren a la capacidad cognitiva general o a ámbitos alejados de la intervención (Sala & Gobet, 2019).

Las actividades de atención plena ofrecen otro punto de comparación. Una revisión de ensayos controlados con niños y adolescentes encontró efectos pequeños y variables sobre la cognición y la salud mental, además de diferencias metodológicas entre los programas analizados (Dunning et al., 2019). Por ello, el aumento observado en la autorregulación emocional del grupo estudiado no puede atribuirse únicamente a este componente, pues la intervención combinó atención plena, retroalimentación, práctica espaciada, aprendizaje multisensorial y recursos tecnológicos.

La evidencia sobre realidad virtual también muestra que sus resultados dependen del diseño instruccional, la duración de la experiencia y la relación entre el recurso y los objetivos de aprendizaje. El metaanálisis de Merchant et al. (2014) identificó resultados favorables de la enseñanza basada en realidad virtual, pero también variaciones asociadas con el tipo de entorno, la población y las condiciones de aplicación. Desde una perspectiva más amplia, la neurociencia educativa requiere conectar los niveles cerebral, cognitivo y pedagógico sin suponer que una variación conductual constituye automáticamente evidencia de cambio neuronal (Thomas et al., 2019). En el presente estudio, esta literatura respalda la pertinencia de continuar evaluando el programa, pero también confirma que los resultados deben interpretarse como cambios descriptivos registrados en un grupo específico.

CONCLUSIONES

La aplicación de estrategias neuroeducativas durante un semestre se asoció con mejoras en las capacidades evaluadas en los 30 estudiantes participantes. Los puntajes medios aumentaron en atención, memoria, funciones ejecutivas y autorregulación emocional. Las observaciones en el aula y las entrevistas también registraron mayor motivación, participación y disposición para desarrollar las actividades. Estos resultados respaldan la viabilidad pedagógica de combinar aprendizaje multisensorial, retroalimentación inmediata, práctica espaciada, atención plena y recursos tecnológicos en el contexto estudiado.

La experiencia muestra que la integración de principios procedentes de la neurociencia, la pedagogía y la tecnología puede contribuir al desarrollo cognitivo y socioemocional cuando las actividades responden a las características de los estudiantes. Su aporte no reside únicamente en incorporar recursos novedosos, sino en organizar experiencias variadas que favorezcan la atención, la práctica continua, la revisión de errores y la participación activa. Esta orientación puede resultar pertinente para aulas caracterizadas por la diversidad cognitiva y la desmotivación escolar.

Los hallazgos deben interpretarse de acuerdo con el alcance del diseño preexperimental. La ausencia de un grupo de comparación, la selección intencional de una muestra pequeña y la falta de pruebas inferenciales impiden atribuir las mejoras exclusivamente a la intervención o generalizarlas a otras poblaciones. Tampoco se realizaron mediciones neurofisiológicas, por lo que los cambios observados corresponden a capacidades cognitivas, autorregulación emocional y comportamientos escolares, y no constituyen evidencia directa de modificaciones cerebrales o neuroplasticidad.

Futuras investigaciones podrían incorporar grupos de comparación, instrumentos estandarizados claramente identificados, muestras más amplias y evaluaciones de seguimiento para determinar la permanencia de los resultados. La medición directa de posibles cambios neurofisiológicos requeriría métodos especializados y diseños experimentales adecuados. Dentro de sus límites, el estudio aporta una experiencia contextualizada que respalda la continuidad y evaluación rigurosa de estas estrategias en la educación secundaria.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Bowers, J. S. (2016). The practical and principled problems with educational neuroscience. *Psychological Review, 123*(5), 600–612. https://doi.org/10.1037/rev0000025

Campbell, D. T., & Stanley, J. C. (1963). *Experimental and quasi-experimental designs for research*. Rand McNally.

Cepeda, N. J., Pashler, H., Vul, E., Wixted, J. T., & Rohrer, D. (2006). Distributed practice in verbal recall tasks: A review and quantitative synthesis. *Psychological Bulletin, 132*(3), 354–380. https://doi.org/10.1037/0033-2909.132.3.354

Creswell, J. W., & Plano Clark, V. L. (2018). *Designing and conducting mixed methods research* (3rd ed.). SAGE.

Diamond, A., & Ling, D. S. (2016). Conclusions about interventions, programs, and approaches for improving executive functions that appear justified and those that, despite much hype, do not. *Developmental Cognitive Neuroscience, 18*, 34–48. https://doi.org/10.1016/j.dcn.2015.11.005

Dunning, D. L., Griffiths, K., Kuyken, W., Crane, C., Foulkes, L., Parker, J., & Dalgleish, T. (2019). Research review: The effects of mindfulness-based interventions on cognition and mental health in children and adolescents—A meta-analysis of randomized controlled trials. *Journal of Child Psychology and Psychiatry, 60*(3), 244–258. https://doi.org/10.1111/jcpp.12980

Fuhrmann, D., Knoll, L. J., & Blakemore, S.-J. (2015). Adolescence as a sensitive period of brain development. *Trends in Cognitive Sciences, 19*(10), 558–566. https://doi.org/10.1016/j.tics.2015.07.008

Hattie, J., & Timperley, H. (2007). The power of feedback. *Review of Educational Research, 77*(1), 81–112. https://doi.org/10.3102/003465430298487

Howard-Jones, P. A. (2014). Neuroscience and education: Myths and messages. *Nature Reviews Neuroscience, 15*(12), 817–824. https://doi.org/10.1038/nrn3817

Immordino-Yang, M. H., & Damasio, A. (2007). We feel, therefore we learn: The relevance of affective and social neuroscience to education. *Mind, Brain, and Education, 1*(1), 3–10. https://doi.org/10.1111/j.1751-228X.2007.00004.x

Klingberg, T. (2010). Training and plasticity of working memory. *Trends in Cognitive Sciences, 14*(7), 317–324. https://doi.org/10.1016/j.tics.2010.05.002

Kolb, B., & Gibb, R. (2011). Brain plasticity and behaviour in the developing brain. *Journal of the Canadian Academy of Child and Adolescent Psychiatry, 20*(4), 265–276. https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC3222570/

Makransky, G., Terkildsen, T. S., & Mayer, R. E. (2019). Adding immersive virtual reality to a science lab simulation causes more presence but less learning. *Learning and Instruction, 60*, 225–236. https://doi.org/10.1016/j.learninstruc.2017.12.007

Merchant, Z., Goetz, E. T., Cifuentes, L., Keeney-Kennicutt, W., & Davis, T. J. (2014). Effectiveness of virtual reality-based instruction on students' learning outcomes in K–12 and higher education: A meta-analysis. *Computers & Education, 70*, 29–40. https://doi.org/10.1016/j.compedu.2013.07.033

Radianti, J., Majchrzak, T. A., Fromm, J., & Wohlgenannt, I. (2020). A systematic review of immersive virtual reality applications for higher education: Design elements, lessons learned, and research agenda. *Computers & Education, 147*, 103778. https://doi.org/10.1016/j.compedu.2019.103778

Sala, G., & Gobet, F. (2019). Cognitive training does not enhance general cognition. *Trends in Cognitive Sciences, 23*(1), 9–20. https://doi.org/10.1016/j.tics.2018.10.004

Shams, L., & Seitz, A. R. (2008). Benefits of multisensory learning. *Trends in Cognitive Sciences, 12*(11), 411–417. https://doi.org/10.1016/j.tics.2008.07.006

Sigman, M., Peña, M., Goldin, A. P., & Ribeiro, S. (2014). Neuroscience and education: Prime time to build the bridge. *Nature Neuroscience, 17*(4), 497–502. https://doi.org/10.1038/nn.3672

Thomas, M. S. C., Ansari, D., & Knowland, V. C. P. (2019). Annual research review: Educational neuroscience: Progress and prospects. *Journal of Child Psychology and Psychiatry, 60*(4), 477–492. https://doi.org/10.1111/jcpp.12973

Zeidan, F., Johnson, S. K., Diamond, B. J., David, Z., & Goolkasian, P. (2010). Mindfulness meditation improves cognition: Evidence of brief mental training. *Consciousness and Cognition, 19*(2), 597–605. https://doi.org/10.1016/j.concog.2010.03.014