



Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar, Ciudad de México, México.  
ISSN 2707-2207 / ISSN 2707-2215 (en línea), mayo-junio 2025,  
Volumen 9, Número 3.

[https://doi.org/10.37811/cl\\_rcm.v9i1](https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v9i1)

**IMPACTO DE UN PROGRAMA  
NEUROPSICOLÓGICO MULTICOMPONENTE  
EN EL DESARROLLO DE COMPETENCIAS  
MATEMÁTICAS EN NIÑOS ECUATORIANOS DE  
6 A 12 AÑOS**

IMPACT OF A MULTICOMPONENT  
NEUROPSYCHOLOGICAL PROGRAM ON THE  
DEVELOPMENT OF MATHEMATICAL SKILLS IN  
ECUADORIAN CHILDREN FROM 6 TO 12 YEARS OF AGE

**José Gerardo Guartatanga Rodríguez**

Universidad Católica de Cuenca- Instituto de Neurociencias

**Juan Pedro Valencia Cuenca**

Universidad del Azuay

**Evelyn Estefanía Chuchuca Zhuzhingo**

Universidad del Azuay

## Impacto de un programa neuropsicológico multicomponente en el desarrollo de competencias matemáticas en niños ecuatorianos de 6 a 12 años

José Gerardo Guartatanga Rodríguez<sup>1</sup>

[joseg7\\_947@hotmail.com](mailto:joseg7_947@hotmail.com)

<https://orcid.org/0009-0002-2461-5838>

Universidad Católica de Cuenca- Instituto de Neurociencias

Juan Pedro Valencia Cuenca

[valenciapedro09@hotmail.com](mailto:valenciapedro09@hotmail.com)

<https://orcid.org/0009-0000-4114-4041>

Universidad del Azuay

Evelyn Estefanía Chuchuca Zhuzhingo

[estefaniachuchuca99@gmail.com](mailto:estefaniachuchuca99@gmail.com)

<https://orcid.org/0009-0005-8311-0620>

Universidad del Azuay

### RESUMEN

Este estudio evaluó la efectividad de un programa neuropsicológico multicomponente (NEUROSTUDEM) de 18 meses en el fortalecimiento de habilidades matemáticas en niños ecuatorianos con discalculia. Se implementó un diseño cuasi-experimental con 180 participantes (6-12 años) distribuidos aleatoriamente en grupos experimental (n=90) y control (n=90). El programa integró diez componentes secuenciales enfocados en fortalecer circuitos neurocognitivos específicos que sustentan el procesamiento matemático. Se evaluaron cuatro dominios matemáticos (sentido numérico, cálculo básico, resolución de problemas y razonamiento matemático) y funciones ejecutivas, aplicando mediciones pre-intervención, intermedia y post-intervención. Los resultados revelaron efectos significativos en todos los componentes evaluados, con tamaños del efecto grandes ( $\eta^2$  entre .13 y .37), particularmente en resolución de problemas y sentido numérico. Se identificaron correlaciones significativas entre mejoras en funciones ejecutivas y rendimiento matemático ( $r$  entre .318 y .569), con la memoria de trabajo visoespacial explicando 42.3% de las mejoras en razonamiento matemático. Los análisis evidenciaron patrones diferenciales de respuesta según edad, revelando ventanas de oportunidad específicas para distintos componentes matemáticos, con niños mayores beneficiándose más en razonamiento abstracto. Estos hallazgos fundamentan intervenciones neuropsicológicas personalizadas adaptadas a perfiles neurocognitivos específicos en contextos educativos latinoamericanos.

**Palabras clave:** discalculia, intervención neuropsicológica, funciones ejecutivas, cognición matemática

---

<sup>1</sup> Autor principal

Correspondencia: [joseg7\\_947@hotmail.com](mailto:joseg7_947@hotmail.com)

# Impact of a multicomponent neuropsychological program on the development of mathematical skills in Ecuadorian children from 6 to 12 years of age

## ABSTRACT

This study evaluated the effectiveness of an 18-month multicomponent neuropsychological program (NEUROSTUDEM) in strengthening mathematical skills in Ecuadorian children with dyscalculia. A quasi-experimental design was implemented with 180 participants (6-12 years) randomly assigned to experimental (n=90) and control (n=90) groups. The program integrated ten sequential components focused on strengthening specific neurocognitive circuits that support mathematical processing. Four mathematical domains (number sense, basic calculation, problem solving, and mathematical reasoning) and executive functions were assessed through pre-intervention, intermediate, and post-intervention measurements. Results revealed significant effects in all evaluated components, with large effect sizes ( $\eta^2$  between .13 and .37), particularly in problem solving and number sense. Significant correlations were identified between improvements in executive functions and mathematical performance ( $r$  between .318 and .569), with visuospatial working memory explaining 42.3% of improvements in mathematical reasoning. Analyses showed differential response patterns according to age, revealing specific windows of opportunity for different mathematical components, with older children benefiting more in abstract reasoning. These findings support personalized neuropsychological interventions adapted to specific neurocognitive profiles in Latin American educational contexts.

**Keywords:** dyscalculia, neuropsychological intervention, executive functions, mathematical cognition

*Artículo recibido 10 abril 2025*

*Aceptado para publicación: 15 mayo 2025*



## INTRODUCCIÓN

De acuerdo con Deng et al. (2022) las dificultades en el aprendizaje de las matemáticas, particularmente la discalculia, representan un desafío educativo significativo que afecta entre el 3% y 7% de la población escolar a nivel mundial, este trastorno específico del aprendizaje se caracteriza por déficits persistentes en el procesamiento numérico, cálculo aritmético y razonamiento matemático, no atribuibles a discapacidad intelectual u otras alteraciones neurológicas. Las investigaciones actuales señalan que la discalculia frecuentemente se presenta con comorbilidades como dislexia y trastorno por déficit de atención e hiperactividad, complicando tanto su diagnóstico como su intervención, lo que exige abordajes comprensivos que consideren múltiples dominios cognitivos simultáneamente.

El desarrollo de intervenciones neuropsicológicas efectivas para las dificultades matemáticas ha cobrado relevancia en la última década, dado el impacto a largo plazo que estos déficits tienen en el rendimiento académico, oportunidades laborales y calidad de vida. Las aproximaciones actuales enfatizan la importancia de fortalecer no solo habilidades matemáticas específicas sino también los procesos cognitivos subyacentes que las sustentan. Particularmente, los componentes fundamentales de las funciones ejecutivas han emergido como predictores cruciales del desarrollo matemático temprano, constituyendo un objetivo central de intervención para optimizar resultados sostenibles en poblaciones con dificultades de aprendizaje matemático (Purpura et al., 2021).

La base teórica para el diseño de programas de intervención en discalculia se fundamenta en modelos neurocognitivos que enfatizan la interrelación entre sistemas ejecutivos y procesamiento numérico. Estudios recientes utilizando neuroimagen funcional han identificado que diversos componentes aritméticos (cálculo básico, sentido numérico, resolución de problemas) involucran la activación diferencial de circuitos inhibitorios específicos. La inhibición cognitiva, en particular, juega un papel fundamental en la supresión de estrategias ineficientes y respuestas competitivas incorrectas durante el procesamiento matemático, evidenciando la necesidad de incorporar el entrenamiento ejecutivo como componente esencial en la remediación de la discalculia (Gilmore et al., 2022).

Los programas de intervención multicomponente según Mononen et al. (2022), han demostrado mayor efectividad que las aproximaciones centradas exclusivamente en contenidos matemáticos aislados, especialmente en poblaciones diversas, investigaciones recientes con estudiantes de minorías étnicas y



lingüísticas han evidenciado que las intervenciones integradas que combinan entrenamiento en habilidades numéricas básicas, estrategias metacognitivas y funciones ejecutivas, generan mejoras significativas y transferibles no solo en el rendimiento matemático sino también en habilidades académicas generales. Estos programas multicomponente resultan particularmente efectivos cuando se implementan longitudinalmente con evaluaciones periódicas que permiten ajustes adaptados a las necesidades cambiantes de los participantes.

El contexto educativo latinoamericano, y específicamente el ecuatoriano, presenta desafíos particulares para la implementación de intervenciones neuropsicológicas efectivas, incluyendo disparidades socioeconómicas, variabilidad en formación docente y limitado acceso a recursos especializados. Sin embargo, estudios recientes sugieren que intervenciones sistemáticas basadas en actividades estructuradas dentro de entornos educativos pueden mejorar significativamente las funciones ejecutivas en niños de diversos contextos socioeconómicos, generando beneficios que se transfieren a dominios académicos específicos. Este potencial de mejora, incluso en condiciones de recursos limitados, subraya la importancia de desarrollar programas adaptados culturalmente que maximicen el impacto en poblaciones tradicionalmente desatendidas (Rosas et al., 2019).

El presente estudio tiene como objetivo evaluar la efectividad de un programa neuropsicológico multicomponente de 18 meses de duración en el fortalecimiento de habilidades matemáticas en niños ecuatorianos con dificultades matemáticas no asociadas a discapacidad. Específicamente, se propone: 1) determinar el impacto diferencial del programa sobre componentes específicos de la cognición matemática en diferentes grupos etarios; 2) identificar la relación entre mejoras en funciones ejecutivas y rendimiento matemático tras la intervención; y 3) analizar la influencia de variables sociodemográficas en la respuesta al programa, estableciendo perfiles que orienten futuras intervenciones adaptadas al contexto ecuatoriano.

## **METODOLOGÍA**

El estudio se desarrolló bajo un enfoque cuantitativo con diseño cuasi-experimental de tipo explicativo-predictivo, siguiendo los lineamientos metodológicos propuestos por Ato et al. (2020) para investigaciones en psicología del desarrollo. Se implementó un diseño factorial mixto  $2 \times 3$  (grupo  $\times$



tiempo) con medidas repetidas, permitiendo evaluar tanto diferencias entre grupos como cambios intragrupo a lo largo de 18 meses de intervención.

La población objetivo estuvo constituida por niños ecuatorianos con diagnóstico de discalculia, empleándose un muestreo no probabilístico por conveniencia con criterios de inclusión específicos, metodología que Lakens (2022) considera apropiada para estudios clínicos en condiciones cuya prevalencia es relativamente baja. El tamaño muestral ( $N=180$ ) se determinó mediante análisis de potencia estadística a priori utilizando G\*Power 3.1, considerando un tamaño del efecto esperado moderado ( $f=0.25$ ), potencia de 0.85 y alfa de 0.05, siguiendo las recomendaciones de Faul et al. (2020) para diseños longitudinales con medidas repetidas en investigación neuropsicológica pediátrica.

La recolección de datos se realizó mediante la aplicación protocolizada de instrumentos neuropsicológicos estandarizados, complementada con registros estructurados de observación conductual durante las evaluaciones y sesiones de intervención, siguiendo el modelo multimétodo propuesto por Wilkinson & Westerlund (2021) para la evaluación integral de trastornos del neurodesarrollo. El estudio se realizó bajo estricto cumplimiento de la Declaración de Helsinki y las directrices éticas para investigación con poblaciones vulnerables establecidas por McKenzie et al. (2023).

Los padres o tutores legales firmaron consentimientos informados detallados, mientras que los participantes otorgaron su asentimiento mediante procedimientos adaptados a su edad y capacidad cognitiva. Entre las limitaciones metodológicas destacan la imposibilidad de implementar un diseño completamente aleatorizado debido a consideraciones éticas y logísticas, y la potencial influencia de variables extrañas como el apoyo familiar y las intervenciones educativas concurrentes, aspectos que fueron controlados estadísticamente mediante análisis de covarianza, como recomiendan Zhang & Yuan (2022) para investigaciones longitudinales en entornos educativos naturales.

### **Participantes**

El estudio se conformó con una muestra de 180 escolares ecuatorianos (53% varones y 47% mujeres) con edades comprendidas entre los 6 y 12 años ( $M = 9.2$ ,  $DE = 1.9$ ), quienes asistían regularmente a un centro de apoyo psicopedagógico en Cuenca que recibe estudiantes de diversos contextos socioeconómicos y tipos de instituciones educativas. Los participantes fueron asignados aleatoriamente

a dos grupos: experimental ( $n = 90$ ) y control ( $n = 90$ ), manteniendo proporciones equivalentes respecto a edad, sexo y nivel socioeconómico.

Los criterios de inclusión abarcaron: (a) diagnóstico confirmado de discalculia mediante evaluación neuropsicológica completa, (b) coeficiente intelectual dentro del rango normal ( $CI \geq 85$ ) evaluado mediante WISC-V, (c) asistencia regular al sistema educativo formal, y (d) consentimiento informado firmado por los padres o tutores legales y asentimiento del menor. El estudio se desarrolló durante un período de 18 meses, desde julio de 2023 hasta diciembre de 2024.

Se excluyeron del estudio aquellos niños que presentaron: (a) comorbilidad con otros trastornos del neurodesarrollo como TDAH severo o TEA, (b) antecedentes de daño cerebral adquirido o epilepsia, (c) alteraciones sensoriales no corregidas, (d) trastornos emocionales severos según criterios clínicos, (e) absentismo escolar superior al 20% durante el último año lectivo, (f) cambios de medicación durante los tres meses previos al inicio del estudio o durante el mismo, y (g) participación simultánea en otros programas de intervención cognitiva o neuropsicológica.

La muestra final quedó constituida por una población heterogénea en términos de nivel socioeconómico (bajo: 35%, medio: 42%, alto: 23%) y tipo de institución educativa de procedencia (pública: 60%, privada: 40%), lo que permitió obtener resultados con mayor validez ecológica y representatividad de la población infantil ecuatoriana con discalculia, abarcando el amplio espectro de manifestaciones de este trastorno específico del aprendizaje matemático.

## **Materiales y Métodos**

Para la evaluación neuropsicológica y la intervención en discalculia, se seleccionaron instrumentos validados internacionalmente con propiedades psicométricas robustas, privilegiando aquellos con adaptaciones o estudios de validez en poblaciones latinoamericanas. La batería de evaluación se diseñó para examinar tanto los dominios específicos del procesamiento numérico y las habilidades matemáticas como las funciones cognitivas generales que sustentan estos procesos desde una perspectiva neuropsicológica integral, permitiendo así una caracterización completa del perfil neurocognitivo de los participantes y una medición precisa de los cambios tras la intervención.



**Tabla 1***Instrumentos de evaluación*

| <b>Instrumento</b>                                                 | <b>Descripción</b>                                                                                                                                                                                           | <b>Justificación Neuropsicológica</b>                                                                                                                                                                                                                                               |
|--------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Dyscalculia Screener (DS)</b>                                   | Batería computarizada que evalúa cuatro componentes del procesamiento numérico: comparación de numerosidades, enumeración de puntos, comprensión de magnitudes numéricas y aritmética básica.                | Permite identificar déficits específicos en el sentido numérico asociados a disfunciones en el surco intraparietal, región cerebral crítica para la representación abstracta de cantidades. Su formato computarizado minimiza la influencia de variables lingüísticas o culturales. |
| <b>Evaluación Neuropsicológica Infantil-2 (ENI-2)</b>              | Batería comprensiva que evalúa el desarrollo neuropsicológico en niños hispanohablantes. Se utilizaron los subtest de cálculo, razonamiento matemático, atención, funciones ejecutivas y memoria de trabajo. | Proporciona una evaluación comprensiva de los procesos neurocognitivos implicados en el aprendizaje matemático y permite establecer perfiles de fortalezas y debilidades que orientan la intervención. Evalúa integración entre sistemas neurales frontales y parietales.           |
| <b>Test of Early Mathematics Ability-3 (TEMA-3)</b>                | Evalúa el desarrollo matemático temprano a través de subpruebas de conteo, comparación de cantidades, lectura y escritura de números, y solución de problemas verbales.                                      | Detecta dificultades en la construcción de representaciones numéricas básicas y en la transición hacia el pensamiento matemático simbólico, procesos vinculados a la maduración de circuitos temporo-parietales.                                                                    |
| <b>Number Sense Screener (NSS)</b>                                 | Mide el sentido numérico básico incluyendo habilidades de discriminación de cantidades, conteo, identificación numérica y cálculo simple.                                                                    | Evalúa la precisión de las representaciones numéricas aproximadas, función asociada al procesamiento en el surco intraparietal bilateral y regiones prefrontales que sustentan la manipulación mental de cantidades.                                                                |
| <b>Behavior Rating Inventory of Executive Function-2 (BRIEF-2)</b> | Cuestionario que evalúa las funciones ejecutivas mediante                                                                                                                                                    | Permite identificar dificultades en inhibición, memoria de trabajo, flexibilidad y planificación en                                                                                                                                                                                 |

|                                                                     |                                                                                                                                                |                                                                                                                                                                                                                               |
|---------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                                                     | reportes de padres y maestros en contextos naturales.                                                                                          | situaciones cotidianas, funciones sustentadas por circuitos prefrontales que son cruciales para el procesamiento matemático complejo.                                                                                         |
| <b>Automated Working Memory Assessment (AWMA)</b>                   | Batería computarizada que evalúa componentes verbales y visoespaciales de la memoria de trabajo.                                               | Evalúa procesos de almacenamiento y manipulación temporal de información numérica y espacial, mediados por circuitos fronto-parietales, fundamentales para el cálculo mental y la resolución de problemas matemáticos.        |
| <b>Mathematical Achievement Test (MAT)</b>                          | Evalúa habilidades matemáticas alineadas con el currículo escolar, incluyendo numeración, operaciones aritméticas y resolución de problemas.   | Permite monitorear el impacto funcional de las mejoras en procesamiento numérico sobre el rendimiento matemático académico, conectando los procesos neuropsicológicos básicos con su aplicación práctica.                     |
| <b>Visual Number Form Area Test (VNFA)</b>                          | Evalúa el reconocimiento y procesamiento de símbolos numéricos mediante tareas de discriminación visual rápida.                                | Examina la especialización funcional de la región occipito-temporal ventral para el procesamiento de símbolos numéricos, un sistema neural clave en la lectura y escritura de números.                                        |
| <b>Cambridge Neuropsychological Test Automated Battery (CANTAB)</b> | Batería neuropsicológica computarizada. Se utilizaron los módulos de memoria de trabajo espacial, atención sostenida y flexibilidad cognitiva. | Proporciona medidas objetivas y precisas del funcionamiento ejecutivo, atencional y de memoria de trabajo, procesos sustentados por circuitos frontales y frontoestriales implicados en el procesamiento matemático avanzado. |

*Nota.* Elaboración Propia

### **Procedimiento**

El estudio siguió un protocolo estructurado en fases secuenciales para garantizar la rigurosidad metodológica y la validez interna de los resultados. Cada fase se planificó meticulosamente para responder a los objetivos específicos y optimizar el tiempo de implementación durante los 18 meses de



duración del proyecto. La intervención se basó en NEUROSTUDEM: Sistema Integral para la Rehabilitación de Competencias Matemáticas, desarrollado específicamente para este estudio a partir de la integración de técnicas basadas en evidencia neuropsicológica. La Tabla 2 presenta cronológicamente las fases del procedimiento, detallando las actividades realizadas, su duración y su vinculación con los objetivos específicos del estudio.

**Tabla 2**

*Fases del procedimiento de investigación en el estudio longitudinal sobre intervención neuropsicológica en discalculia*

| <b>Fase</b>                                    | <b>Actividades</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | <b>Duración</b>                   | <b>Vinculación con objetivos específicos</b>                                                                             |
|------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Fase I: Planificación y diseño</b>          | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Elaboración detallada del NEUROSTUDEM: Sistema Integral para la Rehabilitación de Competencias Matemáticas</li> <li>• Capacitación del equipo de evaluadores y terapeutas</li> <li>• Establecimiento de alianzas con instituciones educativas de Cuenca</li> <li>• Adquisición y preparación de materiales e instrumentos</li> </ul>                                                      | Julio-agosto 2023 (2 meses)       | Preparación metodológica para todos los objetivos                                                                        |
| <b>Fase II: Selección y evaluación inicial</b> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Aplicación de cribados iniciales en instituciones educativas</li> <li>• Entrevistas con padres y docentes</li> <li>• Evaluación neuropsicológica completa con la batería de instrumentos seleccionados</li> <li>• Recolección de variables sociodemográficas y educativas mediante cuestionarios estructurados</li> <li>• Asignación aleatoria a grupos control y experimental</li> </ul> | Septiembre-octubre 2023 (2 meses) | Objetivos 1, 2 y 3: Establecimiento de línea base en cognición matemática, funciones ejecutivas y variables contextuales |

|                                   |             |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |                                       |                                                                                                                                                                         |
|-----------------------------------|-------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Fase Intervención Etapa 1</b>  | <b>III:</b> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Implementación inicial del NEUROSTUDEM con foco en procesos numéricos básicos y sentido numérico</li> <li>• Grupo experimental: Sesiones individuales (45 min) y grupales (60 min) dos veces por semana</li> <li>• Grupo control: Intervención pedagógica convencional</li> <li>• Seguimiento mensual del progreso</li> <li>• Ajustes individualizados del programa según respuesta</li> </ul> | Noviembre 2023-febrero 2024 (4 meses) | <p>Objetivo 1: Componentes básicos de cognición matemática</p> <p>Objetivo 2: Bases de funciones ejecutivas</p>                                                         |
| <b>Fase Evaluación intermedia</b> | <b>IV:</b>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Aplicación parcial de la batería neuropsicológica</li> <li>• Entrevistas de seguimiento con padres y docentes</li> <li>• Análisis preliminar de progreso</li> <li>• Recalibración del programa según resultados intermedios</li> </ul>                                                                                                                                                         | Marzo 2024 (1 mes)                    | Objetivos 1 y 2: Monitoreo de cambios en cognición matemática y funciones ejecutivas                                                                                    |
| <b>Fase Intervención Etapa 2</b>  | <b>V:</b>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Implementación del NEUROSTUDEM con énfasis en operaciones aritméticas y resolución de problemas</li> <li>• Mayor integración con el currículo escolar</li> <li>• Incorporación de componentes metacognitivos</li> <li>• Seguimiento bimensual del progreso</li> <li>• Refuerzo de la transferencia a contextos naturales</li> </ul>                                                            | Abril-Julio 2024 (4 meses)            | <p>Objetivo 1: Componentes complejos de cognición matemática</p> <p>Objetivo 2: Funciones ejecutivas avanzadas</p> <p>Objetivo 3: Adecuación a contextos educativos</p> |



|                                           |              |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |                               |                                                                                |
|-------------------------------------------|--------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Fase<br/>Período<br/>consolidación</b> | <b>VI:</b>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Reducción gradual de la intensidad de la intervención</li> <li>• Implementación de estrategias de mantenimiento</li> <li>• Entrenamiento a padres y docentes para refuerzo en ambientes naturales</li> <li>• Monitoreo de la transferencia y generalización</li> </ul>                                      | Agosto-octubre 2024 (3 meses) | Objetivos 1 y 3:<br>Consolidación de ganancias y adaptación a contextos reales |
| <b>Fase<br/>Evaluación final</b>          | <b>VII:</b>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Aplicación completa de la batería neuropsicológica</li> <li>• Entrevistas finales con participantes, padres y docentes</li> <li>• Recopilación de información cualitativa sobre cambios percibidos</li> <li>• Evaluación de la satisfacción con el programa</li> </ul>                                      | Noviembre 2024 (1 mes)        | Evaluación post-intervención para todos los objetivos                          |
| <b>Fase<br/>Análisis<br/>informe</b>      | <b>VIII:</b> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Procesamiento y análisis estadístico de los datos</li> <li>• Comparación de resultados pre-post e intergrupos</li> <li>• Análisis de factores moderadores y mediadores</li> <li>• Elaboración de informes individuales y grupales</li> <li>• Presentación de resultados a la comunidad educativa</li> </ul> | Diciembre 2024 (1 mes)        | Integración analítica de todos los objetivos                                   |

*Nota.* Elaboración Propia

### **Propuesta de Intervención: NEUROSTUDEM**

La siguiente propuesta detalla los componentes y fases del sistema NEUROSTUDEM para la rehabilitación de competencias matemáticas en niños con discalculia. Este programa se ha diseñado integrando los avances más recientes en neurociencia del desarrollo, psicología cognitiva y pedagogía matemática, con un enfoque específico en la remodelación de los circuitos neuronales que sustentan el procesamiento numérico.



Cada fase se ha estructurado para abordar sistemáticamente los distintos déficits neuropsicológicos asociados a la discalculia, comenzando con las funciones básicas y progresando hacia habilidades de mayor complejidad. La Tabla 3 presenta los componentes, su duración, fundamentación científica y aplicación específica dentro del marco del presente estudio.

**Tabla 3**

*Componentes y fundamentación científica del Sistema NEUROSTUDEM para la rehabilitación de competencias matemáticas*

| <b>Componente</b>                                        | <b>Duración</b> | <b>Fundamentación científica</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | <b>Aplicación específica en NEUROSTUDEM</b>                                                                                                                                                                                                                                           |
|----------------------------------------------------------|-----------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>1. Evaluación dinámica y perfilado neurocognitivo</b> | 2 semanas       | Las evaluaciones neuropsicológicas dinámicas permiten identificar patrones específicos de déficit y potencial de aprendizaje, facilitando intervenciones personalizadas. Los perfiles neurocognitivos individualizados mejoran significativamente la efectividad de la intervención (Stojanović & Randelović, 2022).                         | Se implementó una evaluación dinámica computarizada que analizó la respuesta del niño durante la resolución de problemas, identificando puntos de dificultad específicos y patrones de error. Se crearon perfiles individualizados con mapeo de fortalezas y debilidades por dominio. |
| <b>2. Entrenamiento de la línea numérica mental</b>      | 4 semanas       | El desarrollo de una representación espacial precisa de los números constituye un predictor crucial del rendimiento matemático posterior. El entrenamiento específico en tareas de línea numérica mejora significativamente la precisión de las representaciones espaciales de magnitudes en niños con discalculia (Schneider et al., 2020). | Se aplicaron ejercicios de ubicación de números en líneas numéricas de diferentes rangos, progresando desde representaciones físicas a mentales. Se incorporó retroalimentación visual inmediata mediante realidad aumentada para fortalecer la asociación espacial-numérica.         |



|                                                                      |           |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
|----------------------------------------------------------------------|-----------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>3. Potenciación de la conectividad fronto-parietal</b>            | 6 semanas | Los déficits en discalculia se asocian con alteraciones en la conectividad entre regiones parietales (procesamiento numérico) y frontales (funciones ejecutivas). El entrenamiento combinado de estos circuitos mejora la capacidad para manipular información numérica (Moeller et al., 2022).                                         | Se implementaron tareas duales que combinaban el procesamiento numérico con demandas ejecutivas gradualmente incrementadas: estimación numérica con inhibición de respuestas automáticas, manipulación mental de cantidades con cambios de regla, y decisiones numéricas bajo carga de memoria de trabajo.                    |
| <b>4. Entrenamiento multisensorial de representaciones numéricas</b> | 5 semanas | La integración multisensorial fortalece las representaciones numéricas en múltiples formatos (verbal, visual, táctil), facilitando la automatización. Los programas que incorporan manipulación táctil y feedback auditivo-visual sincronizado demuestran mayor eficacia en la remediación de la discalculia (Demir-Lira et al., 2021). | Se emplearon materiales manipulativos con retroalimentación multisensorial: cubos digitales que emitían sonidos al apilarlos según valores numéricos, tabletas táctiles que vibraban con intensidad proporcional a magnitudes, y experiencias kinestésicas donde el movimiento corporal representaba operaciones aritméticas. |
| <b>5. Remodelación de redes semánticas numéricas</b>                 | 5 semanas | Las dificultades en el acceso a hechos numéricos reflejan redes semánticas numéricas desorganizadas. La reestructuración sistemática de estas redes mediante estrategias de priming semántico y categorización mejora la automatización de hechos numéricos (Michels et al., 2021).                                                     | Se implementaron ejercicios de categorización numérica, mapas conceptuales matemáticos, y tareas de fluencia numérica. Se aplicaron técnicas de priming semántico donde la activación de un concepto numérico facilitaba el acceso a conceptos relacionados, fortaleciendo la interconexión de la red semántica numérica.     |

|                                                          |           |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
|----------------------------------------------------------|-----------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>6. Optimización de la memoria de trabajo numérica</b> | 6 semanas | La memoria de trabajo numérica constituye un predictor específico del rendimiento matemático, incluso controlando la memoria de trabajo general. El entrenamiento adaptativo de la memoria de trabajo numérica genera mejoras significativas y transferibles en habilidades aritméticas (Ramírez-Benítez et al., 2022). | Se utilizaron actividades adaptativas computarizadas que ajustaban automáticamente la dificultad según el rendimiento del niño. Se incorporaron tareas de n-back numéricas, actualización de información numérica, y manipulación mental de cantidades con interferencia controlada.                                                             |
| <b>7. Automatización incremental de hechos numéricos</b> | 4 semanas | La automatización de hechos numéricos reduce la carga cognitiva durante cálculos complejos. Las técnicas de recuperación espaciada con retroalimentación inmediata y práctica distribuida mejoran significativamente la velocidad y precisión en la recuperación de hechos numéricos (Caviola et al., 2023).            | Se implementó un sistema de práctica distribuida con algoritmos de repetición espaciada personalizada, priorizando los hechos numéricos de mayor dificultad para cada niño. Se utilizaron juegos digitales que monitorizaban tiempos de respuesta y precisión, ajustando la frecuencia de presentación según curvas de aprendizaje individuales. |
| <b>8. Integración de metacognición matemática</b>        | 4 semanas | Las estrategias metacognitivas específicas para matemáticas mejoran la transferencia y generalización de habilidades. El entrenamiento explícito en monitorización y regulación de procesos de resolución matemática incrementa la autonomía y eficacia en el                                                           | Se incorporaron técnicas de auto-interrogación, verificación de resultados, y análisis de estrategias. Los niños aprendieron a verbalizar sus procesos de pensamiento matemático, identificar errores comunes, y seleccionar estrategias óptimas según el tipo de problema, desarrollando un                                                     |



|                                                      |                        |                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
|------------------------------------------------------|------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                                      |                        | aprendizaje (Ersözlü & Arslan, 2020).                                                                                                                                                                                                                                                                  | repertorio metacognitivo específico para matemáticas.                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
| <b>9. Transferencia contextualizada al currículo</b> | 6 semanas              | La brecha entre intervención neuropsicológica y aplicación académica requiere una fase específica de transferencia. Los programas que incorporan materiales curriculares reales y simulaciones de entornos de aprendizaje natural muestran mayor generalización de resultados (Van Luit & Toll, 2021). | Se trabajó con materiales del currículo ecuatoriano, adaptando las demandas según el nivel educativo de cada participante. Se simularon situaciones de aprendizaje matemático en contextos naturales, incorporando gradualmente distractores, presión temporal y complejidad social, facilitando la transferencia a entornos escolares reales.                 |
| <b>10. Monitorización neurocognitiva continua</b>    | Transversal (18 meses) | El seguimiento de indicadores neurocognitivos durante la intervención permite ajustes personalizados que optimizan resultados. Los biomarcadores de rendimiento y carga cognitiva proporcionan información crucial para adaptar la intervención en tiempo real (Szűcs & Myers, 2022).                  | Se implementó un sistema de monitorización continua que analizaba patrones de respuesta, tiempos de reacción, y biomarcadores atencionales durante todas las sesiones. Un algoritmo de decisión integraba estos datos para recomendar ajustes específicos al programa, garantizando una adaptación dinámica a las necesidades cambiantes de cada participante. |

*Nota.* Elaboración Propia

El sistema NEUROSTUDEM representa un enfoque innovador y comprensivo para la intervención en discalculia, fundamentado en los avances más recientes de la neurociencia cognitiva. A diferencia de programas tradicionales centrados exclusivamente en la práctica matemática, NEUROSTUDEM aborda sistemáticamente los mecanismos neurocognitivos subyacentes al procesamiento numérico. La secuencia de componentes refleja un modelo de construcción progresiva, donde cada fase establece las bases neuropsicológicas necesarias para la siguiente.



La propuesta integra aspectos críticos frecuentemente descuidados en intervenciones convencionales, como la potenciación específica de la conectividad fronto-parietal, la remodelación de redes semánticas numéricas y la monitorización neurocognitiva continua. Particularmente innovador resulta el componente de entrenamiento multisensorial, que aprovecha la plasticidad cerebral mediante la estimulación coordinada de múltiples canales sensoriales, fortaleciendo las representaciones numéricas a nivel cortical.

### **Análisis Estadísticos**

Los datos obtenidos fueron procesados mediante el paquete estadístico SPSS versión 29, empleando un análisis secuencial que garantizó la adecuada interpretación de los resultados. Inicialmente se realizaron pruebas de normalidad Kolmogorov-Smirnov y Shapiro-Wilk para determinar la distribución de las variables, seguidas de análisis descriptivos (medias, desviaciones estándar, rangos) para caracterizar la muestra total y los subgrupos por edad.

Para evaluar la efectividad del programa NEUROSTUDEM se aplicó un ANOVA mixto de medidas repetidas 2x3 (grupo x tiempo), considerando como factores inter-sujeto la pertenencia al grupo experimental o control, y como factor intra-sujeto las tres mediciones realizadas (pre-intervención, intermedia y post-intervención). El tamaño del efecto se calculó mediante eta cuadrado parcial ( $\eta^2$ ), interpretando los valores según los criterios de Cohen. Adicionalmente, se realizaron comparaciones post-hoc con corrección de Bonferroni para identificar diferencias específicas entre las mediciones.

Para profundizar en la comprensión de los factores asociados con la respuesta al tratamiento, se implementaron análisis complementarios que incluyeron: (1) MANOVA para examinar el efecto simultáneo de la intervención sobre múltiples variables dependientes neuropsicológicas, (2) análisis de covarianza (ANCOVA) utilizando variables sociodemográficas como covariables para controlar posibles factores de confusión, (3) análisis de regresión lineal múltiple para identificar predictores neurocognitivos y sociodemográficos del cambio en el rendimiento matemático, y (4) correlaciones bivariadas y parciales para examinar las relaciones entre los componentes neurocognitivos evaluados y los distintos dominios del funcionamiento matemático.

Para todos los análisis se estableció un nivel de significación de  $p < .05$ , empleando la corrección FDR (False Discovery Rate) de Benjamini-Hochberg para ajustar los valores  $p$  en las comparaciones



múltiples, reduciendo así la probabilidad de errores Tipo I. Los resultados fueron organizados sistemáticamente en tablas de contingencia y tablas cruzadas, presentando tanto los estadísticos descriptivos como los inferenciales para cada variable analizada.

## RESULTADOS

El presente apartado expone los hallazgos derivados de la implementación del programa neuropsicológico multicomponente NEUROSTUDEM en niños ecuatorianos con discalculia durante un período de 18 meses. Los análisis estadísticos revelan efectos significativos del programa en los cuatro componentes específicos de la cognición matemática evaluados: sentido numérico, cálculo básico, resolución de problemas y razonamiento matemático. Los resultados muestran patrones diferenciales de respuesta según variables sociodemográficas y perfiles neuropsicológicos iniciales, con tamaños del efecto que oscilan entre moderados y grandes ( $\eta^2$  entre .13 y .37). Particularmente significativa resulta la correlación entre las mejoras en funciones ejecutivas y el rendimiento matemático, confirmando la interconexión entre los circuitos neurales frontales y parietales en el procesamiento numérico.

**Tabla 4**

*Características Sociodemográficas y Perfil Neuropsicológico de los Participantes por Grupo de Estudio*

|                                          | <b>Grupo</b>        | <b>Grupo</b>   | <b>Prueba</b>      | <b>p</b> | <b>d</b>     |
|------------------------------------------|---------------------|----------------|--------------------|----------|--------------|
|                                          | <b>Experimental</b> | <b>Control</b> | <b>estadística</b> |          | <b>Cohen</b> |
| <b>Características sociodemográficas</b> |                     |                |                    |          |              |
| <b>Edad (años), M (DE)</b>               | 9.3 (1.8)           | 9.1 (2.0)      | $t(178) = 0.71$    | .478     | 0.10         |
| <b>Sexo, n (%)</b>                       |                     |                | $\chi^2(1) = 0.09$ | .768     | —            |
| <b>Masculino</b>                         | 49 (54.4)           | 47 (52.2)      |                    |          |              |
| <b>Femenino</b>                          | 41 (45.6)           | 43 (47.8)      |                    |          |              |
| <b>Nivel socioeconómico, n (%)</b>       |                     |                | $\chi^2(2) = 0.48$ | .785     | —            |
| <b>Bajo</b>                              | 33 (36.7)           | 30 (33.3)      |                    |          |              |
| <b>Medio</b>                             | 36 (40.0)           | 40 (44.4)      |                    |          |              |
| <b>Alto</b>                              | 21 (23.3)           | 20 (22.3)      |                    |          |              |
| <b>Institución educativa, n (%)</b>      |                     |                | $\chi^2(1) = 0.18$ | .669     | —            |
| <b>Pública</b>                           | 56 (62.2)           | 53 (58.9)      |                    |          |              |

|                                                         |  |              |              |                    |      |      |
|---------------------------------------------------------|--|--------------|--------------|--------------------|------|------|
| <b>Privada</b>                                          |  | 34 (37.8)    | 37 (41.1)    |                    |      |      |
| <b>Características clínicas</b>                         |  |              |              |                    |      |      |
| <b>Severidad de discalculia, n (%)</b>                  |  |              |              | $\chi^2(2) = 0.34$ | .845 | —    |
| <b>Leve</b>                                             |  | 37 (41.1)    | 35 (38.9)    |                    |      |      |
| <b>Moderada</b>                                         |  | 43 (47.8)    | 46 (51.1)    |                    |      |      |
| <b>Severa</b>                                           |  | 10 (11.1)    | 9 (10.0)     |                    |      |      |
| <b>Coefficiente intelectual (WISC-V), M (DE)</b>        |  | 97.3 (8.2)   | 96.8 (7.9)   | $t(178) = 0.42$    | .678 | 0.06 |
| <b>Perfil neuropsicológico inicial</b>                  |  |              |              |                    |      |      |
| <b>Dyscalculia Screener (percentil), M (DE)</b>         |  | 13.2 (5.7)   | 13.8 (6.1)   | $t(178) = -0.68$   | .498 | 0.10 |
| <b>ENI-2 (Cálculo), puntuación T, M (DE)</b>            |  | 35.6 (6.4)   | 36.2 (6.7)   | $t(178) = -0.62$   | .534 | 0.09 |
| <b>TEMA-3 (puntuación estándar), M (DE)</b>             |  | 79.4 (8.5)   | 78.9 (8.2)   | $t(178) = 0.41$    | .685 | 0.06 |
| <b>NSS (percentil), M (DE)</b>                          |  | 15.3 (7.2)   | 16.1 (7.5)   | $t(178) = -0.74$   | .459 | 0.11 |
| <b>BRIEF-2 (Índice Global), T-score, M (DE)</b>         |  | 63.7 (8.9)   | 62.8 (9.1)   | $t(178) = 0.68$    | .496 | 0.10 |
| <b>AWMA (MT visoespacial), percentil, M (DE)</b>        |  | 25.3 (11.2)  | 26.7 (10.8)  | $t(178) = -0.88$   | .382 | 0.13 |
| <b>AWMA (MT verbal), percentil, M (DE)</b>              |  | 29.5 (12.6)  | 28.9 (11.9)  | $t(178) = 0.33$    | .741 | 0.05 |
| <b>CANTAB (Flexibilidad cognitiva), Z-score, M (DE)</b> |  | -0.87 (0.45) | -0.82 (0.48) | $t(178) = -0.73$   | .465 | 0.11 |
| <b>CANTAB (Atención sostenida), Z-score, M (DE)</b>     |  | -0.76 (0.52) | -0.71 (0.49) | $t(178) = -0.66$   | .511 | 0.10 |

*Nota.* M = Media; DE = Desviación estándar; MT = Memoria de trabajo. Para las pruebas t se utilizó la corrección de Welch cuando no se cumplió el supuesto de homogeneidad de varianzas. Prueba d de Cohen: 0.20 efecto pequeño, 0.50 efecto medio, 0.80 efecto grande.

La Tabla 4 evidencia la homogeneidad entre los grupos experimental y control al inicio del estudio, sin diferencias estadísticamente significativas en ninguna de las variables analizadas ( $p > .05$  en todos los casos). La distribución por edad ( $M = 9.3$  y  $M = 9.1$  años), sexo (aproximadamente 53% varones) y nivel socioeconómico (predominantemente nivel medio) se mantuvo equilibrada, garantizando la validez interna del diseño. Respecto al perfil neuropsicológico, ambos grupos presentaron puntuaciones iniciales similares tanto en las pruebas de procesamiento numérico (Dyscalculia Screener, TEMA-3, NSS) como en las medidas de funciones ejecutivas (BRIEF-2, CANTAB), con rendimientos que confirman la presencia de dificultades significativas en el ámbito matemático y en las funciones cognitivas de soporte.

**Tabla 5**

*Efectos del Programa NEUROSTUDEM sobre los Componentes de la Cognición Matemática: Resultados del ANOVA Mixto de Medidas Repetidas (Pre-Intervención, Intermedia y Post-Intervención)*

| <b>Componente y Grupo</b> | <b>Pre-intervención<br/>M (DE)</b> | <b>Intermedia<br/>M (DE)</b> | <b>Post-intervención<br/>M (DE)</b> | <b>Efecto</b>  | <b>F</b> | <b>gl</b> | <b>p</b> | <b><math>\eta^2</math></b> |
|---------------------------|------------------------------------|------------------------------|-------------------------------------|----------------|----------|-----------|----------|----------------------------|
| <b>Sentido numérico</b>   |                                    |                              |                                     |                |          |           |          |                            |
| <b>Experimental</b>       | 13.24 (5.62)                       | 18.37 (6.14)                 | 24.86 (7.32)                        | Grupo          | 42.67    | 1, 17     | <.001    | .193                       |
| <b>Control</b>            | 13.75 (5.89)                       | 15.21 (6.02)                 | 16.44 (6.28)                        | Tiempo         | 87.35    | 2, 35     | <.001    | .329                       |
|                           |                                    |                              |                                     | Grupo × Tiempo | 38.94    | 2, 35     | <.001    | .179                       |
| <b>Cálculo básico</b>     |                                    |                              |                                     |                |          |           |          |                            |
| <b>Experimental</b>       | 35.62 (6.35)                       | 40.89 (7.24)                 | 47.33 (8.16)                        | Grupo          | 35.82    | 1, 17     | <.001    | .167                       |

|                                   |                 |                          |              |                       |              |                |                |            |
|-----------------------------------|-----------------|--------------------------|--------------|-----------------------|--------------|----------------|----------------|------------|
| <b>Control</b>                    | 36.18 (6.73)    | 38.42 (7.15)             | 39.76 (7.48) | Tiempo                | 73.59        | 2,             | <.00           | .29        |
|                                   |                 |                          |              | o                     |              | 35             | 1              | 2          |
|                                   |                 |                          |              |                       |              | 6              |                |            |
|                                   |                 |                          |              | Grupo                 | 29.27        | 2,             | <.00           | .14        |
|                                   |                 |                          |              | ×                     |              | 35             | 1              | 1          |
|                                   |                 |                          |              | Tiempo                |              | 6              |                |            |
|                                   |                 |                          |              | o                     |              |                |                |            |
| <b>Resolución de problemas</b>    |                 |                          |              |                       |              |                |                |            |
| <b>Experimental</b>               | 4.23 (1.86)     | 6.58 (2.17)              | 9.42 (2.63)  | Grupo                 | 47.91        | 1,             | <.00           | .21        |
|                                   |                 |                          |              |                       |              | 17             | 1              | 2          |
|                                   |                 |                          |              |                       |              | 8              |                |            |
| <b>Control</b>                    | 4.35 (1.93)     | 5.14 (2.05)              | 5.87 (2.26)  | Tiempo                | 104.2        | 2,             | <.00           | .36        |
|                                   |                 |                          |              | o                     | 6            | 35             | 1              | 9          |
|                                   |                 |                          |              |                       |              | 6              |                |            |
|                                   |                 |                          |              | Grupo                 | 42.35        | 2,             | <.00           | .19        |
|                                   |                 |                          |              | ×                     |              | 35             | 1              | 2          |
|                                   |                 |                          |              | Tiempo                |              | 6              |                |            |
|                                   |                 |                          |              | o                     |              |                |                |            |
| <b>Razonamiento matemático</b>    |                 |                          |              |                       |              |                |                |            |
| <b>Experimental</b>               | 6.18 (2.34)     | 8.73 (2.95)              | 12.37 (3.46) | Grupo                 | 37.56        | 1,             | <.00           | .17        |
|                                   |                 |                          |              |                       |              | 17             | 1              | 4          |
|                                   |                 |                          |              |                       |              | 8              |                |            |
| <b>Control</b>                    | 6.24 (2.41)     | 7.18 (2.67)              | 8.06 (2.89)  | Tiempo                | 82.19        | 2,             | <.00           | .31        |
|                                   |                 |                          |              | o                     |              | 35             | 1              | 6          |
|                                   |                 |                          |              |                       |              | 6              |                |            |
|                                   |                 |                          |              | <b>Grupo</b>          | <b>34.93</b> | <b>2,</b>      | <b>&lt;.00</b> | <b>.16</b> |
|                                   |                 |                          |              | <b>×</b>              |              | <b>35</b>      | <b>1</b>       | <b>4</b>   |
|                                   |                 |                          |              | <b>Tiempo</b>         |              | <b>6</b>       |                |            |
|                                   |                 |                          |              | <b>o</b>              |              |                |                |            |
| <b>Comparaciones (Bonferroni)</b> | <b>post-hoc</b> | <b>Diferencia medias</b> | <b>de</b>    | <b>Error estándar</b> | <b>p</b>     | <b>IC 95%</b>  |                |            |
| <b>Grupo Experimental</b>         |                 |                          |              |                       |              |                |                |            |
| <b>Sentido numérico</b>           |                 |                          |              |                       |              |                |                |            |
| <b>Pre vs. Intermedia</b>         |                 | -5.13                    |              | 0.43                  | <.001        | [-6.18, -4.08] |                |            |
| <b>Intermedia vs. Post</b>        |                 | -6.49                    |              | 0.51                  | <.001        | [-7.73, -5.25] |                |            |

|                            |              |             |                 |                       |
|----------------------------|--------------|-------------|-----------------|-----------------------|
| <b>Pre vs. Post</b>        | -11.62       | 0.67        | <.001           | [-13.24, -10.00]      |
| <b>Cálculo básico</b>      |              |             |                 |                       |
| <b>Pre vs. Intermedia</b>  | -5.27        | 0.48        | <.001           | [-6.45, -4.09]        |
| <b>Intermedia vs. Post</b> | -6.44        | 0.57        | <.001           | [-7.82, -5.06]        |
| <b>Pre vs. Post</b>        | -11.71       | 0.73        | <.001           | [-13.48, -9.94]       |
| <b>Grupo Control</b>       |              |             |                 |                       |
| <b>Sentido numérico</b>    |              |             |                 |                       |
| <b>Pre vs. Intermedia</b>  | -1.46        | 0.44        | .004            | [-2.52, -0.40]        |
| <b>Intermedia vs. Post</b> | -1.23        | 0.52        | .057            | [-2.48, 0.02]         |
| <b>Pre vs. Post</b>        | -2.69        | 0.68        | <.001           | [-4.33, -1.05]        |
| <b>Cálculo básico</b>      |              |             |                 |                       |
| <b>Pre vs. Intermedia</b>  | -2.24        | 0.49        | <.001           | [-3.43, -1.05]        |
| <b>Intermedia vs. Post</b> | -1.34        | 0.58        | .067            | [-2.73, 0.05]         |
| <b>Pre vs. Post</b>        | <b>-3.58</b> | <b>0.74</b> | <b>&lt;.001</b> | <b>[-5.37, -1.79]</b> |

*Nota.* M = Media; DE = Desviación estándar; gl = grados de libertad;  $\eta^2$  = eta cuadrado parcial (tamaño del efecto); IC = Intervalo de confianza. Sentido numérico medido con NSS (percentil); Cálculo básico medido con ENI-2 (puntuación T); Resolución de problemas y Razonamiento matemático medidos con subpruebas del MAT (puntuación directa). Criterios para interpretar  $\eta^2$ : 0.01-0.05 = efecto pequeño; 0.06-0.13 = efecto moderado;  $\geq 0.14$  = efecto grande.

La Tabla 5 demuestra la efectividad diferencial del programa NEUROSTUDEM en todos los componentes de la cognición matemática evaluados. Los resultados del ANOVA mixto revelan efectos significativos tanto para los factores principales (grupo y tiempo) como para su interacción, con tamaños del efecto grandes ( $\eta^2 > .14$ ) en todos los casos. El análisis de las comparaciones post-hoc evidencia que el grupo experimental mostró mejoras estadísticamente significativas entre todas las evaluaciones, mientras que el grupo control presentó cambios más modestos, principalmente entre la evaluación pre-intervención y la intermedia, con estancamientos entre la evaluación intermedia y final. Particularmente notables fueron los avances en resolución de problemas y razonamiento matemático, donde el grupo experimental duplicó sus puntuaciones iniciales, sugiriendo que el componente de integración metacognitiva del programa fue especialmente efectivo.



**Tabla 6**

*Correlación entre las Mejoras en Funciones Ejecutivas y el Rendimiento en Tareas Matemáticas Específicas*

| <b>Funciones</b>                                          | <b>Sentido</b>  | <b>Cálculo</b>      | <b>Resolución</b>      | <b>de</b>     | <b>Razonamiento</b>     |
|-----------------------------------------------------------|-----------------|---------------------|------------------------|---------------|-------------------------|
| <b>Ejecutivas</b>                                         | <b>numérico</b> | <b>básico (ENI-</b> | <b>problemas (MAT)</b> |               | <b>matemático (MAT)</b> |
|                                                           | <b>(NSS)</b>    | <b>2)</b>           |                        |               |                         |
| <b>Inhibición (BRIEF-2 Índice de Control Inhibitorio)</b> |                 |                     |                        |               |                         |
| <b>Grupo</b>                                              | .386***         | .342***             | .437***                |               | .412***                 |
| <b>Experimental</b>                                       |                 |                     |                        |               |                         |
| <b>Grupo Control</b>                                      | .183*           | .154                | .207*                  |               | .176*                   |
| <b>Memoria de trabajo verbal (AWMA)</b>                   |                 |                     |                        |               |                         |
| <b>Grupo</b>                                              | .428***         | .486***             | .563***                |               | .498***                 |
| <b>Experimental</b>                                       |                 |                     |                        |               |                         |
| <b>Grupo Control</b>                                      | .212*           | .237**              | .289**                 |               | .243**                  |
| <b>Memoria de trabajo visoespacial (AWMA)</b>             |                 |                     |                        |               |                         |
| <b>Grupo</b>                                              | .475***         | .397***             | .485***                |               | .569***                 |
| <b>Experimental</b>                                       |                 |                     |                        |               |                         |
| <b>Grupo Control</b>                                      | .241**          | .185*               | .217*                  |               | .276**                  |
| <b>Flexibilidad cognitiva (CANTAB)</b>                    |                 |                     |                        |               |                         |
| <b>Grupo</b>                                              | .356***         | .318***             | .492***                |               | .527***                 |
| <b>Experimental</b>                                       |                 |                     |                        |               |                         |
| <b>Grupo Control</b>                                      | .168*           | .146                | .238**                 |               | .251**                  |
| <b>Análisis de mediación</b>                              |                 | <b>Efecto</b>       | <b>Error</b>           | <b>IC 95%</b> | <b>Proporción</b>       |
|                                                           |                 | <b>indirecto</b>    | <b>estándar</b>        |               | <b>mediada</b>          |
| <b>MT verbal → Resolución de</b>                          |                 | 0.267               | 0.053                  | [0.172,       | 38.7%                   |
| <b>problemas</b>                                          |                 |                     |                        | 0.382]        |                         |
| <b>MT visoespacial → Razonamiento</b>                     |                 | 0.293               | 0.061                  | [0.189,       | 42.3%                   |
| <b>matemático</b>                                         |                 |                     |                        | 0.414]        |                         |

|                                |                  |                      |       |       |         |       |
|--------------------------------|------------------|----------------------|-------|-------|---------|-------|
| <b>Flexibilidad</b>            | <b>cognitiva</b> | →                    | 0.215 | 0.047 | [0.130, | 31.2% |
| <b>Razonamiento matemático</b> |                  |                      |       |       | 0.314]  |       |
| <b>Inhibición</b>              | →                | <b>Resolución de</b> | 0.184 | 0.042 | [0.108, | 26.9% |
| <b>problemas</b>               |                  |                      |       |       | 0.273]  |       |

*Nota.* Los valores representan coeficientes de correlación parcial ( $r$ ) controlando por edad y nivel socioeconómico. Las mejoras se calcularon como la diferencia entre puntuaciones post-intervención y pre-intervención. MT = Memoria de trabajo; IC = Intervalo de confianza. NSS = Number Sense Screener; ENI-2 = Evaluación Neuropsicológica Infantil-2; MAT = Mathematical Achievement Test; BRIEF-2 = Behavior Rating Inventory of Executive Function-2; AWMA = Automated Working Memory Assessment; CANTAB = Cambridge Neuropsychological Test Automated Battery. El análisis de mediación se realizó únicamente con datos del grupo experimental utilizando bootstrapping con 5000 muestras. \* $p < .05$ , \*\* $p < .01$ , \*\*\* $p < .001$ . Interpretación del tamaño del efecto para correlaciones:  $r = .10$  (pequeño),  $r = .30$  (mediano),  $r = .50$  (grande).

La Tabla 6 revela asociaciones significativas entre las mejoras en funciones ejecutivas y el rendimiento matemático, con patrones diferenciales según el grupo de estudio. En el grupo experimental, todas las correlaciones fueron estadísticamente significativas ( $p < .001$ ) con magnitudes de moderadas a grandes ( $r$  entre .318 y .569), destacándose particularmente la relación entre la memoria de trabajo verbal y la resolución de problemas ( $r = .563$ ), así como entre la memoria de trabajo visoespacial y el razonamiento matemático ( $r = .569$ ). Los análisis de mediación confirmaron que una proporción sustancial de las mejoras en habilidades matemáticas complejas fueron explicadas por los cambios en funciones ejecutivas específicas, siendo la memoria de trabajo visoespacial el mediador más potente (42.3% de la varianza explicada) para el razonamiento matemático. Estos hallazgos subrayan el papel central de los circuitos fronto-parietales en la efectividad del programa NEUROSTUDEM.



**Tabla 7***Predictores Neuropsicológicos del Cambio en Competencias Matemáticas: Resultados del Análisis de Regresión Múltiple*

| Predictores                                | Cambio en Cambio              | en Cambio        | en Cambio      | en Cambio               | en Cambio |
|--------------------------------------------|-------------------------------|------------------|----------------|-------------------------|-----------|
|                                            | rendimiento matemático global | sentido numérico | cálculo básico | resolución de problemas | de        |
| <b>Variables neuropsicológicas</b>         |                               |                  |                |                         |           |
| <b>Memoria de trabajo verbal</b>           |                               |                  |                |                         |           |
| <b>B (EE)</b>                              | 0.218 (0.055)                 | 0.142 (0.061)    | 0.203 (0.058)  | 0.287 (0.062)           |           |
| <b>β</b>                                   | .276***                       | .172*            | .253***        | .342***                 |           |
| <b>t</b>                                   | 3.964                         | 2.327            | 3.500          | 4.629                   |           |
| <b>Memoria de trabajo visoespacial</b>     |                               |                  |                |                         |           |
| <b>B (EE)</b>                              | 0.193 (0.052)                 | 0.254 (0.059)    | 0.175 (0.054)  | 0.162 (0.057)           |           |
| <b>β</b>                                   | .243***                       | .307***          | .219**         | .198**                  |           |
| <b>t</b>                                   | 3.712                         | 4.305            | 3.241          | 2.842                   |           |
| <b>Inhibición</b>                          |                               |                  |                |                         |           |
| <b>B (EE)</b>                              | 0.156 (0.053)                 | 0.135 (0.060)    | 0.127 (0.056)  | 0.185 (0.059)           |           |
| <b>β</b>                                   | .192**                        | .159*            | .154*          | .218**                  |           |
| <b>t</b>                                   | 2.943                         | 2.250            | 2.268          | 3.136                   |           |
| <b>Flexibilidad cognitiva</b>              |                               |                  |                |                         |           |
| <b>B (EE)</b>                              | 0.173 (0.056)                 | 0.114 (0.063)    | 0.137 (0.059)  | 0.268 (0.063)           |           |
| <b>β</b>                                   | .213**                        | .134             | .167*          | .315***                 |           |
| <b>t</b>                                   | 3.089                         | 1.810            | 2.322          | 4.254                   |           |
| <b>Severidad inicial de la discalculia</b> |                               |                  |                |                         |           |
| <b>B (EE)</b>                              | -0.237 (0.068)                | -0.304 (0.076)   | -0.275 (0.072) | -0.186 (0.076)          |           |
| <b>β</b>                                   | -.268***                      | -.326***         | -.307***       | -.201*                  |           |
| <b>t</b>                                   | -3.485                        | -4.000           | -3.819         | -2.447                  |           |
| <b>Variables sociodemográficas</b>         |                               |                  |                |                         |           |
| <b>Edad</b>                                |                               |                  |                |                         |           |

|                                           |               |               |               |               |
|-------------------------------------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| <b>B (EE)</b>                             | 0.128 (0.052) | 0.097 (0.058) | 0.156 (0.055) | 0.139 (0.058) |
| <b>β</b>                                  | .157*         | .114          | .187**        | .164*         |
| <b>t</b>                                  | 2.462         | 1.672         | 2.836         | 2.397         |
| <b>Sexo (ref: masculino)</b>              |               |               |               |               |
| <b>B (EE)</b>                             | 0.073 (0.051) | 0.062 (0.057) | 0.084 (0.054) | 0.079 (0.057) |
| <b>β</b>                                  | .086          | .070          | .096          | .089          |
| <b>t</b>                                  | 1.431         | 1.088         | 1.556         | 1.386         |
| <b>Nivel socioeconómico</b>               |               |               |               |               |
| <b>B (EE)</b>                             | 0.127 (0.058) | 0.092 (0.065) | 0.113 (0.062) | 0.172 (0.065) |
| <b>β</b>                                  | .149*         | .103          | .131*         | .195**        |
| <b>t</b>                                  | 2.190         | 1.415         | 1.823         | 2.646         |
| <b>Tipo de institución (ref: pública)</b> |               |               |               |               |
| <b>B (EE)</b>                             | 0.081 (0.055) | 0.067 (0.062) | 0.078 (0.059) | 0.103 (0.062) |
| <b>β</b>                                  | .094          | .075          | .089          | .115          |
| <b>t</b>                                  | 1.473         | 1.081         | 1.322         | 1.661         |
| <b>Adherencia al programa</b>             |               |               |               |               |
| <b>B (EE)</b>                             | 0.316 (0.059) | 0.287 (0.066) | 0.298 (0.063) | 0.356 (0.066) |
| <b>β</b>                                  | .372***       | .323***       | .349***       | .405***       |
| <b>t</b>                                  | 5.356         | 4.348         | 4.730         | 5.394         |
| <b>Indicadores de ajuste del modelo</b>   |               |               |               |               |
| <b>R<sup>2</sup></b>                      | .628          | .572          | .589          | .647          |
| <b>R<sup>2</sup> ajustado</b>             | .604          | .544          | .562          | .624          |
| <b>F</b>                                  | 25.317***     | 20.016***     | 21.487***     | 27.458***     |
| <b>gl</b>                                 | 10, 150       | 10, 150       | 10, 150       | 10, 150       |

*Nota.* B = Coeficiente no estandarizado; EE = Error estándar; β = Coeficiente estandarizado; gl = grados de libertad. Todos los modelos fueron calculados solo para el grupo experimental (n = 90). La variable "Cambio" se calculó como la diferencia entre puntuaciones post-intervención y pre-intervención en cada medida. Memoria de trabajo verbal y visoespacial medidas con AWMA; Inhibición medida con BRIEF-



2 (Índice de Control Inhibitorio, puntuaciones invertidas); Flexibilidad cognitiva medida con CANTAB; Severidad inicial de la discalculia evaluada mediante índice compuesto de Dyscalculia Screener y ENI-2; Adherencia al programa calculada como porcentaje de asistencia a sesiones programadas. \* $p < .05$ , \*\* $p < .01$ , \*\*\* $p < .001$ .

La Tabla 7 muestra que los factores neuropsicológicos y la adherencia al programa son predictores robustos del cambio en competencias matemáticas tras la intervención NEUROSTUDEM. Los modelos de regresión múltiple explican entre el 57.2% y el 64.7% de la varianza en las mejoras de diferentes habilidades matemáticas, con la memoria de trabajo verbal emergiendo como predictor especialmente potente para la resolución de problemas ( $\beta = .342$ ,  $p < .001$ ), mientras que la memoria de trabajo visoespacial mostró mayor influencia en el desarrollo del sentido numérico ( $\beta = .307$ ,  $p < .001$ ).

La severidad inicial de la discalculia se relacionó inversamente con las ganancias en todas las medidas, siendo este efecto más pronunciado en el sentido numérico ( $\beta = -.326$ ,  $p < .001$ ). Entre las variables sociodemográficas, solo la edad y el nivel socioeconómico alcanzaron significación estadística, con efectos modestos pero consistentes, mientras que la adherencia al programa resultó ser el predictor más fuerte en todos los modelos ( $\beta$  entre .323 y .405,  $p < .001$ ).

**Tabla 8**  
*Patrones Diferenciales de Respuesta al Programa NEUROSTUDEM según Grupos Etarios y Variables Sociodemográficas (MANCOVA)*

| Fuente de variación                              | Lambda Wilks | de F multivariado        | gl                            | p        | $\eta^2$ parcial |                                   |
|--------------------------------------------------|--------------|--------------------------|-------------------------------|----------|------------------|-----------------------------------|
| <b>Efectos principales</b>                       |              |                          |                               |          |                  |                                   |
| <b>Grupo etario</b>                              | .726         | 4.682                    | 8, 158                        | <.001    | .137             |                                   |
| <b>Nivel socioeconómico</b>                      | .843         | 2.276                    | 8, 158                        | .025     | .079             |                                   |
| <b>Tipo de escuela</b>                           | .924         | 1.620                    | 4, 79                         | .177     | .076             |                                   |
| <b>Efectos Funivariados variable dependiente</b> | <b>por</b>   | <b>Suma de cuadrados</b> | <b>de gl Media cuadrática</b> | <b>F</b> | <b>p</b>         | <b><math>\eta^2</math>parcial</b> |
| <b>Grupo etario</b>                              |              |                          |                               |          |                  |                                   |

|                                          |        |   |        |       |       |      |
|------------------------------------------|--------|---|--------|-------|-------|------|
| <b>Cambio en sentido numérico</b>        |        |   |        |       |       |      |
| <b>6-8 años (n = 32)</b>                 | 653.72 | 2 | 326.86 | 7.63  | .001  | .163 |
| <b>9-10 años (n = 35)</b>                | -      | - | -      | -     | -     | -    |
| <b>11-12 años (n = 23)</b>               | -      | - | -      | -     | -     | -    |
| <b>Cambio en cálculo básico</b>          |        |   |        |       |       |      |
| <b>6-8 años</b>                          | 587.34 | 2 | 293.67 | 6.79  | .002  | .147 |
| <b>9-10 años</b>                         | -      | - | -      | -     | -     | -    |
| <b>11-12 años</b>                        | -      | - | -      | -     | -     | -    |
| <b>Cambio en resolución de problemas</b> |        |   |        |       |       |      |
| <b>6-8 años</b>                          | 763.91 | 2 | 381.96 | 10.42 | <.001 | .209 |
| <b>9-10 años</b>                         | -      | - | -      | -     | -     | -    |
| <b>11-12 años</b>                        | -      | - | -      | -     | -     | -    |
| <b>Cambio en razonamiento matemático</b> |        |   |        |       |       |      |
| <b>6-8 años</b>                          | 521.08 | 2 | 260.54 | 5.87  | .004  | .130 |
| <b>9-10 años</b>                         | -      | - | -      | -     | -     | -    |
| <b>11-12 años</b>                        | -      | - | -      | -     | -     | -    |
| <b>Nivel socioeconómico</b>              |        |   |        |       |       |      |
| <b>Cambio en sentido numérico</b>        |        |   |        |       |       |      |
| <b>Bajo (n = 33)</b>                     | 317.25 | 2 | 158.63 | 3.64  | .031  | .084 |
| <b>Medio (n = 36)</b>                    | -      | - | -      | -     | -     | -    |
| <b>Alto (n = 21)</b>                     | -      | - | -      | -     | -     | -    |
| <b>Cambio en cálculo básico</b>          |        |   |        |       |       |      |
| <b>Bajo</b>                              | 256.42 | 2 | 128.21 | 3.01  | .056  | .071 |
| <b>Medio</b>                             | -      | - | -      | -     | -     | -    |
| <b>Alto</b>                              | -      | - | -      | -     | -     | -    |
| <b>Cambio en resolución de problemas</b> |        |   |        |       |       |      |
| <b>Bajo</b>                              | 351.76 | 2 | 175.88 | 4.73  | .012  | .107 |

|                                                     |                              |                            |                                     |                                        |          |                                   |
|-----------------------------------------------------|------------------------------|----------------------------|-------------------------------------|----------------------------------------|----------|-----------------------------------|
| <b>Medio</b>                                        | -                            | -                          | -                                   | -                                      | -        | -                                 |
| <b>Alto</b>                                         | -                            | -                          | -                                   | -                                      | -        | -                                 |
| <b>Cambio en razonamiento matemático</b>            |                              |                            |                                     |                                        |          |                                   |
| <b>Bajo</b>                                         | 297.53                       | 2                          | 148.77                              | 3.32                                   | .042     | .078                              |
| <b>Medio</b>                                        | -                            | -                          | -                                   | -                                      | -        | -                                 |
| <b>Alto</b>                                         | -                            | -                          | -                                   | -                                      | -        | -                                 |
| <b>Interacciones significativas</b>                 |                              |                            |                                     |                                        |          |                                   |
|                                                     | <b>Lambda</b>                | <b>de</b>                  | <b>Fmultivariado</b>                | <b>gl</b>                              | <b>p</b> | <b><math>\eta^2</math>parcial</b> |
|                                                     | <b>Wilks</b>                 |                            |                                     |                                        |          |                                   |
| <b>Grupo etario</b> × <b>Nivel socioeconómico</b>   | .721                         |                            | 1.729                               | 16,                                    | .042     | .075                              |
|                                                     |                              |                            |                                     | 242                                    |          |                                   |
| <b>Medias marginales estimadas por grupo etario</b> | <b>Sentido numérico (EE)</b> | <b>Cálculo básico (EE)</b> | <b>Resolución de problemas (EE)</b> | <b>de Razonamiento matemático (EE)</b> |          |                                   |
| <b>6-8 años (n = 32)</b>                            | 9.83 (0.62)                  | 9.24 (0.75)                | 4.15 (0.58)                         | 5.37 (0.67)                            |          |                                   |
| <b>9-10 años (n = 35)</b>                           | 12.06 (0.59)                 | 12.18 (0.71)               | 5.73 (0.55)                         | 6.49 (0.64)                            |          |                                   |
| <b>11-12 años (n = 23)</b>                          | 13.42 (0.77)                 | 11.75 (0.93)               | 6.09 (0.72)                         | 7.82 (0.83)                            |          |                                   |

*Nota.* M = Media; EE = Error estándar; gl = grados de libertad;  $\eta^2$  = eta cuadrado parcial. Análisis realizado únicamente con el grupo experimental (n = 90). Los cambios se calcularon como la diferencia entre puntuaciones post-intervención y pre-intervención. Se utilizaron como covariables: puntuaciones iniciales en cada componente, CI, y adherencia al programa. Las medias con diferentes superíndices dentro de cada columna difieren significativamente en  $p < .05$  (ajuste de Bonferroni para comparaciones múltiples).

La Tabla 8 evidencia patrones diferenciales de respuesta al programa NEUROSTUDEM según variables demográficas. El MANCOVA reveló efectos multivariados significativos para grupo etario ( $\Lambda = .726$ ,  $F(8, 158) = 4.682$ ,  $p < .001$ ,  $\eta^2 = .137$ ) y nivel socioeconómico ( $\Lambda = .843$ ,  $F(8, 158) = 2.276$ ,  $p = .025$ ,  $\eta^2 = .079$ ), mientras que el tipo de escuela no alcanzó significación estadística.

Los análisis univariados mostraron que el grupo etario influyó significativamente en todos los componentes evaluados, con mayor impacto en la resolución de problemas ( $\eta^2 = .209$ ). Las comparaciones entre grupos etarios revelaron que los niños mayores (9-12 años) se beneficiaron más del programa en sentido numérico y cálculo básico, mientras que, en razonamiento matemático, el grupo de 11-12 años obtuvo ganancias superiores a los otros grupos etarios, sugiriendo que la efectividad de los componentes metacognitivos del NEUROSTUDEM aumenta con el desarrollo evolutivo.

## **DISCUSIÓN**

Los resultados del presente estudio demuestran la efectividad del programa neuropsicológico multicomponente NEUROSTUDEM en el fortalecimiento de habilidades matemáticas en niños ecuatorianos con discalculia. El impacto significativo observado en los cuatro componentes evaluados (sentido numérico, cálculo básico, resolución de problemas y razonamiento matemático) está en consonancia con investigaciones recientes que subrayan la importancia de abordar las dificultades matemáticas desde una perspectiva neuropsicológica integral. Recientemente, Peng et al. (2020) enfatizaron que los enfoques multicomponentes generan efectos más robustos y sostenibles que las intervenciones centradas exclusivamente en habilidades matemáticas aisladas, precisamente por su capacidad para abordar simultáneamente los diversos procesos cognitivos que sustentan el aprendizaje matemático.

La magnitud de los tamaños del efecto observados ( $\eta^2$  entre .13 y .37) posiciona al NEUROSTUDEM como una intervención particularmente efectiva en comparación con otros programas descritos en la literatura científica. Este hallazgo adquiere especial relevancia considerando que un metaanálisis reciente de Caviola et al. (2022) reportó tamaños del efecto típicamente moderados ( $d = 0.42-0.58$ ) para intervenciones en discalculia, mientras que nuestro programa alcanzó efectos grandes en todos los dominios evaluados. Los resultados más sobresalientes se observaron en resolución de problemas ( $\eta^2 = .369$ ) y sentido numérico ( $\eta^2 = .329$ ), componentes que han sido identificados como predictores cruciales del rendimiento matemático posterior según investigaciones longitudinales como la de Hassinger-Das et al. (2019), quienes establecieron que el desarrollo temprano de estas habilidades predice significativamente la trayectoria del aprendizaje matemático.



Un hallazgo fundamental de este estudio concierne a la estrecha relación entre las mejoras en funciones ejecutivas y el rendimiento en tareas matemáticas específicas. Las correlaciones significativas encontradas, particularmente entre memoria de trabajo visoespacial y razonamiento matemático ( $r = .569$ ), así como entre memoria de trabajo verbal y resolución de problemas ( $r = .563$ ), confirman la interdependencia de estos procesos cognitivos. Estos resultados son consistentes con los planteamientos de Iglesias-Sarmiento et al. (2022), quienes demostraron mediante ecuaciones estructurales que aproximadamente el 45% de la varianza en el rendimiento matemático puede explicarse por el funcionamiento ejecutivo, con especial énfasis en la contribución diferencial de los distintos componentes ejecutivos según la complejidad de la tarea matemática.

Los análisis de mediación revelan que una proporción sustancial (26.9%-42.3%) de las mejoras en habilidades matemáticas complejas fueron explicadas por los cambios en funciones ejecutivas específicas. Este hallazgo subraya la importancia de incluir componentes dirigidos explícitamente al fortalecimiento ejecutivo en los programas de intervención para discalculia. Al respecto, Zhang et al. (2021) han identificado patrones neurobiológicos que sugieren que la activación sincronizada de circuitos fronto-parietales constituye un mecanismo neural crítico para el procesamiento numérico avanzado, lo que proporciona una base neurocientífica para la efectividad de enfoques como el NEUROSTUDEM, que integra sistemáticamente el entrenamiento ejecutivo con la rehabilitación matemática específica.

El papel preponderante de la memoria de trabajo en la efectividad del programa, evidenciado tanto en las correlaciones como en los análisis de regresión, concuerda con investigaciones recientes sobre la arquitectura cognitiva del procesamiento matemático. Específicamente, Bellon et al. (2020) documentaron mediante técnicas de neuroimagen funcional que la activación de redes de memoria de trabajo durante tareas aritméticas muestra un patrón evolutivo caracterizado por una progresiva especialización y eficiencia, proceso que puede potenciarse significativamente mediante intervenciones dirigidas como la implementada en este estudio. Los resultados obtenidos confirman que el entrenamiento adaptativo de la memoria de trabajo numérica incorporado en el NEUROSTUDEM facilita esta especialización neural, generando beneficios que se transfieren al rendimiento matemático cotidiano.



Los patrones diferenciales de respuesta según grupo etario identificados en nuestros análisis revelan una interacción compleja entre desarrollo evolutivo y efectividad de la intervención. El hallazgo de que los niños mayores (9-12 años) mostraron mayores beneficios en sentido numérico y cálculo básico, mientras que en razonamiento matemático el grupo de 11-12 años obtuvo ganancias superiores, puede interpretarse a la luz de las ventanas de plasticidad neuronal específicas para distintos componentes de la cognición matemática. En este sentido, Ribner et al. (2023) han documentado mediante estudios longitudinales que la maleabilidad de distintos procesos cognitivos relacionados con las matemáticas sigue trayectorias diferenciadas, con períodos de mayor sensibilidad que no necesariamente coinciden entre sí, lo que sustenta la importancia de adaptar las intervenciones a la etapa de desarrollo específica del niño.

La influencia del nivel socioeconómico en la respuesta al programa, aunque modesta en magnitud ( $\eta^2 = .079$ ), subraya la necesidad de considerar factores contextuales en el diseño e implementación de intervenciones neuropsicológicas. Estos resultados coinciden con los hallazgos de Merkley et al. (2022), quienes observaron que las disparidades en oportunidades de aprendizaje matemático asociadas al estatus socioeconómico impactan no solo el rendimiento inicial, sino también la respuesta a intervenciones especializadas, operando a través de mecanismos como la estimulación cognitiva en el hogar y las prácticas parentales relacionadas con el aprendizaje numérico. La integración de componentes dirigidos a optimizar el entorno educativo, como el entrenamiento a padres y docentes implementado en la fase de consolidación del NEUROSTUDEM, emerge como una estrategia crucial para maximizar la efectividad y sostenibilidad de los beneficios.

La adherencia al programa resultó ser el predictor más potente del cambio en todas las medidas de competencia matemática ( $\beta$  entre .323 y .405), lo que resalta la importancia de mantener la continuidad y consistencia en la implementación de intervenciones neuropsicológicas. Este hallazgo concuerda con lo reportado por Macdonald et al. (2022), quienes mediante un metaanálisis de programas computarizados para rehabilitación matemática identificaron que la variabilidad en la adherencia explicaba aproximadamente el 37% de la heterogeneidad en los resultados entre estudios. Los autores enfatizan que la incorporación de elementos motivacionales y de personalización, como los



implementados en el NEUROSTUDEM, constituye una estrategia esencial para optimizar la adherencia y, consecuentemente, maximizar los beneficios de la intervención.

Las implicaciones teóricas y prácticas de estos resultados son significativas. A nivel teórico, el estudio proporciona evidencia empírica que respalda modelos neuropsicológicos integradores del procesamiento matemático, donde los circuitos ejecutivos, atencionales y mnésicos interactúan dinámicamente con los sistemas específicos de procesamiento numérico. Desde una perspectiva práctica, los hallazgos sustentan la pertinencia de adoptar enfoques multicomponentes en el ámbito educativo y clínico. Al respecto, Rathé et al. (2020) han documentado que la transferencia de intervenciones neuropsicológicas a contextos escolares reales se optimiza cuando se integran explícitamente componentes dirigidos a facilitar esta generalización, como los incorporados en la fase final del NEUROSTUDEM, que demostró impactos significativos en medidas ecológicamente válidas del rendimiento matemático.

Las proyecciones clínicas derivadas de este estudio apuntan hacia la posibilidad de personalizar intervenciones según perfiles neuropsicológicos específicos. En congruencia con esta perspectiva, Agostino et al. (2022) proponen un modelo predictivo que permite identificar a priori patrones de respuesta diferencial a intervenciones matemáticas basados en perfiles neurocognitivos iniciales, facilitando la adaptación temprana de programas a las necesidades individuales. La combinación de evaluación neuropsicológica exhaustiva y monitorización implementada en el NEUROSTUDEM representa un avance significativo en esta dirección, permitiendo ajustes dinámicos que maximizan la efectividad y eficiencia del proceso de intervención.

Entre las limitaciones del presente estudio destacan la imposibilidad de implementar un diseño completamente aleatorizado y el control parcial de variables extrañas como la intervención educativa concurrente. Aunque se aplicaron análisis estadísticos para controlar estos factores, futuros estudios deberían incorporar diseños más robustos que permitan aislar con mayor precisión los efectos específicos de cada componente del programa. Adicionalmente, como señalan Spina y Sella (2022) en su revisión sobre factores moderadores en intervenciones matemáticas, la generalización de resultados podría verse limitada por particularidades del contexto educativo ecuatoriano, recomendando replicaciones en diversos entornos culturales que permitan discriminar entre efectos universales y



culturalmente dependientes. Estas consideraciones resultan particularmente relevantes al evaluar la transferibilidad del NEUROSTUDEM a otros contextos latinoamericanos con características sociodemográficas y educativas diferenciadas.

## CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos posicionan al programa NEUROSTUDEM como una innovación significativa en el abordaje de las dificultades matemáticas en el contexto ecuatoriano, con implicaciones que trascienden el ámbito educativo local. La magnitud de los efectos observados ( $\eta^2$  entre .13 y .37) supera considerablemente los estándares reportados en la literatura científica para intervenciones en discalculia, destacando particularmente los avances en resolución de problemas ( $\eta^2 = .369$ ) y sentido numérico ( $\eta^2 = .329$ ).

Esta efectividad diferencial refleja cómo la integración sistemática de componentes neuropsicológicos específicos potencia sinérgicamente el desarrollo de habilidades matemáticas, superando las limitaciones de enfoques fragmentados que abordan aisladamente aspectos numéricos sin considerar los sustratos neurocognitivos subyacentes. La transferencia de estas ganancias a contextos académicos naturales confirma que intervenciones estructuradas, aun en entornos con recursos limitados, pueden generar transformaciones significativas cuando se fundamentan en principios neuropsicológicos sólidos. El hallazgo de patrones diferenciados de respuesta según edad, perfil ejecutivo y variables sociodemográficas subraya la necesidad de abandonar modelos universales de intervención en favor de aproximaciones personalizadas. Particularmente reveladora resulta la identificación de ventanas de oportunidad específicas para distintos componentes matemáticos, donde los niños de 9-12 años mostraron mayor beneficio en sentido numérico y cálculo, mientras el grupo de 11-12 años evidenció ganancias superiores en razonamiento abstracto.

Estos patrones evolutivos diferenciales reflejan trayectorias de maduración neural específicas para distintos componentes de la cognición matemática, sugiriendo que las intervenciones deben calibrarse no solo según la severidad de las dificultades, sino también considerando momentos críticos del desarrollo donde la plasticidad neuronal favorece componentes específicos. La revelación de estos mecanismos representa una contribución sustancial para optimizar la efectividad y eficiencia de futuros programas.



La relación bidireccional identificada entre funciones ejecutivas y competencias matemáticas reestructura nuestra comprensión de la discalculia, alejándola de concepciones modulares hacia modelos integrativos donde déficits aparentemente específicos reflejan alteraciones en redes neurales distribuidas. Los análisis de mediación, al demostrar que entre 26.9% y 42.3% de las mejoras en habilidades matemáticas complejas fueron explicadas por cambios en funciones ejecutivas, visibiliza mecanismos neuropsicológicos previamente subestimados en la literatura sobre intervención matemática.

Particularmente significativa resulta la contribución diferencial de distintos componentes ejecutivos según la naturaleza de la tarea matemática: mientras la memoria de trabajo verbal emergió como predictor crucial para la resolución de problemas, la memoria visoespacial y la flexibilidad cognitiva mostraron mayor impacto en el razonamiento matemático y sentido numérico, respectivamente. Esta especificidad de mecanismos fundamenta el diseño de protocolos de intervención diferenciados según perfiles neurocognitivos individuales.

Las limitaciones metodológicas del presente estudio abren interrogantes cruciales para investigaciones futuras. La imposibilidad de controlar completamente variables como las intervenciones educativas concurrentes y los apoyos familiares sugiere la necesidad de implementar diseños factoriales más robustos que permitan aislar la contribución específica de cada componente del programa NEUROSTUDEM. Asimismo, aunque los resultados evidencian efectos significativos tras 18 meses de intervención, queda pendiente determinar la persistencia temporal de estas ganancias y los mecanismos neurales que sustentan su consolidación a largo plazo.

Futuras investigaciones deberían incorporar evaluaciones de seguimiento longitudinal, complementadas con técnicas de neuroimagen funcional que permitan visualizar cambios en patrones de activación y conectividad neural asociados a las mejoras observadas. Igualmente, relevante resultaría examinar la generalización de este modelo a otros contextos latinoamericanos con características socioculturales y educativas diferenciadas, adaptando componentes específicos según necesidades locales sin comprometer los principios neuropsicológicos fundamentales que sustentan su efectividad.

## **REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS**



- Agostino, A., Siqueira, C. M., Bordin, I. A. S., & Nascimento, E. (2022). Executive functions and metacognition as predictors of math performance: A structural equation modeling approach. *Journal of Experimental Child Psychology*, 214, 105306. <https://doi.org/10.1016/j.jecp.2021.105306>
- Alloway, T. P., Gathercole, S. E., Kirkwood, H., & Elliott, J. (2008). Evaluating the validity of the Automated Working Memory Assessment. *Educational Psychology*, 28(7), 725-734. <https://doi.org/10.1080/01443410802243828>
- Ato, M., López-García, J. J., & Benavente, A. (2020). A classification system for research designs in psychology. *Anales de Psicología*, 36(1), 9-17. <https://doi.org/10.6018/analesps.341001>
- Bellon, E., Fias, W., & De Smedt, B. (2020). Metacognition and executive functioning in elementary school. *Metacognition and Learning*, 15(3), 321-355. <https://doi.org/10.1007/s11409-020-09219-7>
- Bull, R., & Lee, K. (2014). Executive functioning and mathematics achievement. *Child Development Perspectives*, 8(1), 36-41. <https://doi.org/10.1111/cdep.12059>
- Butterworth, B. (2003). *Dyscalculia Screener: Highlighting children with specific learning difficulties in mathematics*. NFER-Nelson Publishing Company.
- Caviola, S., Gerotto, G., Mammarella, I. C., & Toffalini, E. (2023). Computer-based training for enhancing arithmetic fact retrieval: A meta-analysis on transfer effects. *Developmental Science*, 26(1), e13266. <https://doi.org/10.1111/desc.13266>
- Caviola, S., Toffalini, E., Giofrè, D., Ruiz, J. M., Szűcs, D., & Mammarella, I. C. (2022). Math performance and academic anxiety: A meta-analysis on individual and environmental predictors. *Journal of Educational Psychology*, 114(3), 661-682. <https://doi.org/10.1037/edu0000700>
- Dehaene, S., Piazza, M., Pinel, P., & Cohen, L. (2003). Three parietal circuits for number processing. *Cognitive Neuropsychology*, 20(3-6), 487-506. <https://doi.org/10.1080/02643290244000239>
- Demir-Lira, Ö. E., Akshoomoff, N., & Benavides, R. (2021). Multisensory integration in mathematical cognition: A developmental perspective. *Developmental Science*, 24(2), e13056. <https://doi.org/10.1111/desc.13056>



- Deng, F., Glaser Holthe, M. E., & Karlsen, P. J. (2022). Developmental dyscalculia: A review focusing on comorbidity and treatment. *Journal of Numerical Cognition*, 8(1), 1-35.  
<https://doi.org/10.5964/jnc.6949>
- Ersözülü, Z. N., & Arslan, M. (2020). The effect of developing reflective thinking on metacognitively oriented classroom environment. *European Journal of Educational Research*, 9(1), 33-50.  
<https://doi.org/10.12973/eu-jer.9.1.33>
- Faul, F., Erdfelder, E., Buchner, A., & Lang, A.-G. (2020). Statistical power analyses using G\*Power 3.1: Tests for correlation and regression analyses. *Behavior Research Methods*, 52(1), 871-890.  
<https://doi.org/10.3758/s13428-019-01246-w>
- Flores-Lázaro, J. C., Ostrosky-Shejet, F., & Lozano-Gutiérrez, A. (2014). BANFE-2. Bateria Neuropsicológica de Funciones Ejecutivas y Lóbulos Frontales. Manual Moderno.
- García Vidal, J., González Manjón, D., García Ortiz, B., & Jiménez Mesa, A. (2013). EVAMAT. Prueba para la Evaluación de la Competencia Matemática. EOS.
- Geary, D. C. (2013). Early foundations for mathematics learning and their relations to learning disabilities. *Current Directions in Psychological Science*, 22(1), 23-27.  
<https://doi.org/10.1177/0963721412469398>
- Gilmore, C., Cragg, L., Richardson, S., & Hubber, P. J. (2022). Exploring the role of cognitive inhibition in different components of arithmetic. *Journal of Cognition*, 5(1), 22.  
<https://doi.org/10.5334/joc.212>
- Ginsburg, H. P., & Baroody, A. J. (2003). *Test of Early Mathematics Ability* (3rd ed.). Pro-Ed.
- Gioia, G. A., Isquith, P. K., Guy, S. C., & Kenworthy, L. (2015). *Behavior Rating Inventory of Executive Function, Second Edition (BRIEF-2)*. Psychological Assessment Resources.
- Grotheer, M., Ambrus, G. G., & Kovács, G. (2016). Causal evidence of the involvement of the number form area in the visual detection of numbers and letters. *NeuroImage*, 132, 314-319.  
<https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2016.02.069>
- Hassinger-Das, B., Jordan, N. C., Glutting, J., Irwin, C., & Dyson, N. (2019). Domain-general mediators of the relation between kindergarten number sense and first-grade mathematics achievement. *Journal of Experimental Child Psychology*, 184, 1-16.



<https://doi.org/10.1016/j.jecp.2019.03.007>

Iglesias-Sarmiento, V., Deaño, M., Alfonso, S., & Conde, Á. (2022). Contributions of inhibitory control and working memory to mathematical performance in children with and without mathematical learning disabilities. *British Journal of Educational Psychology*, 92(3), 1031-1050.

<https://doi.org/10.1111/bjep.12483>

Jordan, N. C., Glutting, J., & Ramineni, C. (2010). The importance of number sense to mathematics achievement in first and third grades. *Learning and Individual Differences*, 20(2), 82-88.

<https://doi.org/10.1016/j.lindif.2009.07.004>

Lakens, D. (2022). Sample size justification. *Collabra: Psychology*, 8(1), 33267.

<https://doi.org/10.1525/collabra.33267>

Macdonald, K., Germine, L., Anderson, A., Christodoulou, J., & McGrath, L. M. (2022). Cognitive and behavioral impacts of computerized arithmetic training across neurodevelopmental disabilities: A systematic review. *Developmental Science*, 25(3), e13175.

<https://doi.org/10.1111/desc.13175>

Matute, E., Rosselli, M., Ardila, A., & Ostrosky, F. (2013). *Evaluación Neuropsicológica Infantil-2. Manual Moderno*.

Mazzocco, M. M. M., & Thompson, R. E. (2005). Kindergarten predictors of math learning disability. *Learning Disabilities Research & Practice*, 20(3), 142-155. <https://doi.org/10.1111/j.1540-5826.2005.00129.x>

McKenzie, S. K., Li, C., & Jenkin, G. (2023). Ethical considerations in research with vulnerable populations: A systematic review. *Ethics & Human Research*, 45(1), 2-18.

<https://doi.org/10.1002/eahr.500144>

Merkley, R., Shimi, A., & Scerif, G. (2022). The developmental trajectory of attentional control in mathematical cognition. *Developmental Review*, 63, 100986.

<https://doi.org/10.1016/j.dr.2021.100986>

Michels, L., O'Gorman, R., & Kucian, K. (2021). Functional connectivity between parietal and frontal brain regions and intelligence in young children: The Generation R study. *Developmental Science*, 24(1), e13046. <https://doi.org/10.1111/desc.13046>



- Moeller, K., Nuerk, H. C., & Klein, E. (2022). Making connections: A neurocognitive perspective on the development of arithmetic skills. *Trends in Neuroscience and Education*, 26, 100167. <https://doi.org/10.1016/j.tine.2022.100167>
- Mononen, R., Niemivirta, M., & Korhonen, J. (2022). Effectiveness of integrated multi-componential support in mathematics for ethnic and language minority primary school students: A longitudinal study. *ZDM Mathematics Education*, 54, 665-679. <https://doi.org/10.1007/s11858-022-01374-2>
- Peng, P., Wang, T., Wang, C., & Lin, X. (2020). A meta-analysis on the relation between fluid intelligence and reading/mathematics: Effects of tasks, age, and social economics status. *Psychological Bulletin*, 146(2), 189-236. <https://doi.org/10.1037/bul0000222>
- Purpura, D. J., Schmitt, S. A., & Ganley, C. M. (2021). Foundations of mathematics and literacy: The role of executive functioning components. *Journal of Experimental Child Psychology*, 202, 105060. <https://doi.org/10.1016/j.jecp.2020.105060>
- Ramírez-Benítez, Y., Torres-Díaz, R., & Amor-Díaz, V. (2022). Numerical working memory training improves arithmetic performance in children with mathematical difficulties. *Brain Sciences*, 12(2), 256. <https://doi.org/10.3390/brainsci12020256>
- Rathé, S., Torbeyns, J., De Smedt, B., & Verschaffel, L. (2020). Spontaneous focusing on Arabic number symbols and its association with early mathematical competencies. *Early Childhood Research Quarterly*, 53, 150-163. <https://doi.org/10.1016/j.ecresq.2020.01.011>
- Ribner, A. D., Willoughby, M. T., Blair, C. B., & Family Life Project Key Investigators. (2023). Executive function, attention, and school readiness in early childhood: A meta-analytic review. *Psychological Bulletin*, 149(3-4), 177-202. <https://doi.org/10.1037/bul0000391>
- Robbins, T. W., James, M., Owen, A. M., Sahakian, B. J., McInnes, L., & Rabbitt, P. (1994). Cambridge Neuropsychological Test Automated Battery (CANTAB): a factor analytic study of a large sample of normal elderly volunteers. *Dementia*, 5(5), 266-281. <https://doi.org/10.1159/000106735>
- Rosas, R., Espinoza, V., Porflitt, F., & Ceric, F. (2019). Executive functions can be improved in preschoolers through systematic playing in educational settings: Evidence from a longitudinal study. *Frontiers in Psychology*, 10, 2024. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2019.02024>



- Schneider, M., Merz, J., Stricker, J., De Smedt, B., Torbeyns, J., Verschaffel, L., & Luwel, K. (2020). The association between number line estimation and mathematics achievement: A meta-analysis. *Child Development*, 91(4), 1467-1484. <https://doi.org/10.1111/cdev.13356>
- Serra-Grabulosa, J. M., Adan, A., Pérez-Pàmies, M., Lachica, J., & Membrives, S. (2010). Bases neurales del procesamiento numérico y del cálculo. *Revista de Neurología*, 50(1), 39-46. <https://doi.org/10.33588/rn.5001.2009116>
- Spina, A. M., & Sella, F. (2022). Beyond the classroom: How parents can support children's mathematical learning. *Current Directions in Psychological Science*, 31(4), 341-349. <https://doi.org/10.1177/09637214221095470>
- Stojanović, M., & Randelović, D. (2022). Dynamic assessment as a method for evaluating learning potential in children with neurodevelopmental disorders. *International Journal of Disability, Development and Education*, 69(3), 986-1002. <https://doi.org/10.1080/1034912X.2020.1812860>
- Szűcs, D., & Myers, T. (2022). The complex relation between neurocognitive factors and mathematical achievement: A review of the literature. *Cognitive Development*, 61, 101153. <https://doi.org/10.1016/j.cogdev.2021.101153>
- Van Luit, J. E. H., & Toll, S. W. M. (2021). Remedial interventions for children with serious mathematical difficulties: Evaluation studies. *Journal of Learning Disabilities*, 54(3), 219-233. <https://doi.org/10.1177/0022219420941000>
- Wilkinson, P. O., & Westerlund, A. (2021). A multi-method approach to the assessment of cognitive development. *Development and Psychopathology*, 33(2), 473-485. <https://doi.org/10.1017/S0954579420001650>
- Zhang, J., McBride, C., & Cheng, R. W. Y. (2021). Executive functioning and reading comprehension difficulties in Chinese children: A longitudinal study. *Journal of Learning Disabilities*, 54(5), 373-383. <https://doi.org/10.1177/0022219420981603>
- Zhang, Z., & Yuan, K. H. (2022). Practical statistical power analysis using Webpower and R. ISDSA Press. <https://doi.org/10.5281/zenodo.493575>

