

EVALUACIÓN NEUROPSICOLÓGICA DE LA
ARITMÉTICA Y SUS CORRELATOS
ELECTROFISIOLÓGICOS EN NIÑOS CON BAJO Y
ALTO RENDIMIENTO EN ARITMÉTICA

Trabajo de investigación presentado por:

Marina M. DEL GATTO PASQUALE

y

Danie A. MONCADA DOMÍNGUEZ

a la

Escuela de Psicología

como requisito parcial para obtener el título de Licenciatura en Psicología.

Tutora:

Marianela MORENO DE IBARRA

Caracas, Septiembre de 2015

Quiero dedicar este trabajo a aquellas personas que me han acompañado y apoyado a lo largo de estos cinco años. Aquellos que soportaron mis desvelos, mi frustración, mi desasosiego, a quienes les tengo una inmensa gratitud; a esta Escuela por abrirme los brazos, llenarme de conocimiento, darme amigos maravillosos y sobre todo, ayudarme a desarrollar la tolerancia a la frustración.

Los que me acompañaron desde antes: mis Padres, mi hermana, y el resto de mi familia por ser mi roca. A mis amigos por las risas, los momentos buenos y los no tan buenos; por ayudarme a crecer. Al Padre Ramón Álvarez, por permitirme conocer el generoso y muy excéntrico mundo de la Psicología.

A mi amigo y compañero en este viaje, Daniel, por enseñarme el valor de la tolerancia y de la confrontación.

Marina Del Gatto.

Donde las manos ya no persiguen,

apareces.

Y con ella bailarías en la cúpula, al compás de la música marina...

Y con ella tocaras - alguna noche - la piel helada de las estrellas.

Daniel Moncada.

Reconocimientos

Considerando la entrega, más allá de lo requerido y exigido por su puesto, queremos agradecer encarecidamente a Marianela Moreno de Ibarra, que con un cariño maternal guió, con sumo cuidado y pasión, la presente investigación. Toleró nuestras erratas hasta el hastío y nos aupó a realizar una empresa que en determinados momentos, más de los que nos gustaría admitir, creímos imposible.

A la profesora Janet Guerra, por su interés y paciencia para con nosotros.

A los padres y/o representantes, a los niños y colegios, por ser la piedra angular en la cual se fundamentó este proyecto. Por acompañarnos y ser parte de este hermoso proyecto.

Índice de Contenido

Reconocimientos	3
Índice de Contenido	iv
Índice de Tablas.....	vi
Índice de Figuras	ix
Índice de Anexos	xiii
Resumen	14
Introducción	15
Marco Teórico	21
Aprendizaje	24
Desarrollo y aprendizaje de las habilidades Matemáticas y/o Aritméticas a partir del proceso de especialización hemisférica	28
Alteraciones en el Proceso del Aprendizaje de la Matemática y/o Aritmética	40
Evaluación neuropsicológica de las habilidades Matemáticas y/o Aritméticas.....	56
Evaluación electrofisiológica de las habilidades Matemáticas y/o Aritméticas.....	70
Método	81
Problema	81
Hipótesis General	81
Hipótesis Específicas	81

Definición de Variables.....	83
Variables Dependientes	83
Variables Independientes.....	86
Variables Controladas	87
Tipo de Investigación.....	88
Diseño de Investigación	90
Diseño Muestral.....	91
Instrumentos.....	91
Prueba de matemática Final de 2° grado-Inicio de 3° grado de la Cátedra de Psicología Escolar (UCAB, 2003).....	91
Subpruebas del dominio de Aritmética de la Evaluación Neuropsicológica Infantil (ENI).....	92
Neuron-Spectrum 5.....	95
Procedimiento.....	97
Resultados.....	101
Análisis descriptivo de la Población.....	102
Variables a controlar.....	108
Variables conductuales	123
Variables Electrofisiológicas.....	131
Análisis del Componente P300	132
Análisis del componente N400.....	147
Discusión	162
Conclusiones y Recomendaciones	185
Referencias Bibliográficas	190
Anexos.....	205

Índice de Tablas

Tabla 1.....	64
Dominios, subdominios y tareas o medidas de la ENI utilizadas en la investigación.....	64
Tabla 2.....	93
Subdominio de la Aritmética y pruebas correspondientes.	93
Tabla 3.....	103
Tabla de Contingencia de Colegio y Sexo	103
Tabla 4.....	103
Estadísticos descriptivos de la población general de la investigación.	103
Tabla 5.....	104
Estadísticos descriptivos de la población por institución educativa.	104
Tabla 6.....	107
Descriptivos de la muestra global según el sexo	107
Tabla 7.....	107
Contraste de medias entre las puntuaciones en la prueba de matemática según el sexo.	107
Tabla 8.....	109
Frecuencias de la edad y sexo según el grupo de pertenencia	109
Tabla 9.....	110
Descriptivos de la variables edad por grupos de alto y bajo rendimiento	110
Tabla 10.....	111
Descriptivos de las puntuaciones en las pruebas del dominio de Aritmética del ENI en niños y niñas.....	111
<i>Figura 13.</i> Diferencias en las dispersiones en los puntajes de la prueba de Conteo de la ENI según el sexo	112
Tabla 11.....	122
Medias y desviaciones de la latencia, amplitud y área bajo la curva en las pruebas de Lectura de Números y problemas aritméticos en niñas y niños.....	122

Tabla 12.....	126
Descriptivos de las pruebas del dominio de Aritmética del ENI para los grupos de alto y bajo rendimiento.	126
Tabla 13.....	127
Significancias correspondientes a los contrastes entre los grupos para cada una de las pruebas de la ENI.	127
Tabla 14.....	132
Descriptivos de las latencias P300 en la prueba de Lectura de números para los grupos de alto y bajo rendimiento.....	132
Tabla 15.....	135
Descriptivos de las amplitudes de P300 en la prueba de Lectura de Números para los grupos de alto y bajo rendimiento.....	135
Tabla 16.....	138
Descriptivos de las áreas bajo la curva de P300 en los grupos de alto y bajo rendimiento en la prueba de Lectura de Números.	138
Tabla 17.....	140
Descriptivos de latencia de P300 para los grupos de alto y bajo rendimiento en la prueba de Problemas Aritméticos.....	140
Tabla 18.....	143
Descriptivos de las amplitudes en P300 para la prueba de Problemas aritméticos en los grupos de alto y bajo rendimiento.....	143
Tabla 19.....	146
Descriptivos de las áreas bajo la curva en P300 para la prueba de Problemas Aritméticos en los grupos de alto y bajo rendimiento.	146
Tabla 20.....	148
Descriptivos de las latencias de N400 en la prueba de Lectura de Números para los grupos de alto y bajo rendimiento.....	148
Tabla 21.....	151
Descriptivos de las amplitudes de N400 en la prueba de Lectura de Números en los grupos de alto y bajo rendimiento.....	151
Tabla 22.....	154

Descriptivos de las áreas bajo la curva de N400 en la prueba de Lectura de Números en los grupos de alto y bajo rendimiento.....	154
Tabla 23.....	156
Descriptivos de las latencias en N400 de la prueba de Problemas Aritméticos para los grupos de alto y bajo rendimiento.....	156
Tabla 24.....	158
Descriptivos de las amplitudes en N400 de la prueba de Problemas Aritméticos para los grupos de alto y bajo rendimiento	158
Tabla 25.....	161
Descriptivos del área bajo la curva de N400 para la prueba de Problemas Aritméticos entre los grupos de alto y bajo rendimiento.	161

Índice de Figuras

<i>Figura 1.</i> Esquema del modelo de código triple de Dehaene (1992). <i>Nota.</i> Tomada de “Mecanismos Cerebrales del Pensamiento Matemático” por D. Alonso y I. Fuentes, 2001, <i>Revista de Neurología</i> 33 (6), 568-576....	35
<i>Figura 2:</i> Porcentaje de errores en la pruebas de lectura de textos en 14 niños con trastorno específico del aprendizaje. Tomada de “Características Lectoras de Niños con Trastornos del Aprendizaje de la Lectura” por R. Bolaños-García y L.A. Gómez-Betancourt, 2009, <i>Acta Colombiana De Psicología</i> 12 (2), p. 37-45.	68
<i>Figura 3:</i> Representación visual del Sistema Internacional 10-20. Tomada de http://www.imgbucket.com/pages/e/eeg-electrode-placement/	71
<i>Figura 4.</i> Mapa del espectro alfa durante la implementación del programa educativo del sujeto 1. Recuperado de Rodríguez y Rojas (2010).....	77
<i>Figura 5.</i> Mapa del espectro alfa durante la implementación del programa educativo del sujeto 2. Recuperado de Rodríguez y Rojas (2010).....	77
<i>Figura 6.</i> Mapa del espectro alfa durante la implementación del programa educativo del sujeto 3. Recuperado de Rodríguez y Rojas (2010).....	78
<i>Figura 7.</i> Mapa del espectro alfa durante la implementación del programa educativo del sujeto 4. Recuperado de Rodríguez y Rojas (2010).....	79
<i>Figura 8.</i> Imágenes de los componentes P300 y N400 y su distribución topográfica de la prueba de cálculo mental de niño con alto rendimiento.	96
<i>Figura 9.</i> Imágenes de las sesiones de registro conductual y electrofisiológico durante la prueba de Aritmética de la Evaluación Neuropsicológica Infantil (ENI).	99
<i>Figura 10.</i> Porcentaje de niños evaluados según el sexo.....	102

<i>Figura 11.</i> Distribución por colegios de las calificaciones en la prueba de matemáticas.	105
<i>Figura 12.</i> Distribución de las puntuaciones en la prueba de matemática de Psicología Escolar de la UCAB (2003) según el sexo.	108
<i>Figura 14.</i> Diferencias en las dispersiones en los puntajes de la prueba de Lectura de Números de la ENI según el sexo.	113
<i>Figura 15.</i> Diferencias en las dispersiones en los puntajes de la prueba de Dictado de Números de la ENI según el sexo.	114
<i>Figura 16.</i> Diferencias en las dispersiones en los puntajes de la prueba de Comparación de Números escritos de la ENI según el sexo.	115
<i>Figura 17.</i> Diferencias en las dispersiones en los puntajes de la prueba de Ordenamiento de Cantidades de la ENI según el sexo.	116
<i>Figura 18.</i> Diferencias en las dispersiones en los puntajes de la prueba de Serie Directa de la ENI según el sexo.	117
<i>Figura 19.</i> Diferencias en las dispersiones en los puntajes de la prueba de Serie Inversa de la ENI según el sexo.	118
<i>Figura 20.</i> Diferencias en las dispersiones en los puntajes de la prueba de Cálculo Mental de la ENI según el sexo.	119
<i>Figura 21.</i> Diferencias en las dispersiones en los puntajes de la prueba de Cálculo Escrito de la ENI según el sexo.	120
<i>Figura 22.</i> Diferencias en las dispersiones en los puntajes de la prueba de Problemas Numéricos de la ENI según el sexo.	121
<i>Figura 23.</i> Distribuciones de las puntuaciones en la prueba de Conteo de la ENI en los grupos de bajo y alto rendimiento en Aritmética.	128
<i>Figura 24.</i> Distribuciones de las puntuaciones en la prueba de Comparación de Números Escritos de la ENI en los grupos de bajo y alto rendimiento.	129
<i>Figura 25.</i> Distribuciones de las puntuaciones en la prueba de Serie Directa de la ENI en los grupos de bajo y alto rendimiento.	130
<i>Figura 26.</i> Distribuciones de las puntuaciones en la prueba de Serie Inversa de números de la ENI en los grupos de bajo y alto rendimiento.	131

<i>Figura 27.</i> Distribución de las latencias en milisegundos de la onda P300 en la prueba de Lectura de Números.....	133
<i>Figura 28.</i> Medias de las latencias de P300, expresadas en milisegundos, por región cerebral y grupo de alto y bajo rendimiento en Lectura de Números.....	134
<i>Figura 29.</i> Medias de las amplitudes de P300, expresadas en microvoltios, por región cerebral y grupo de alto y bajo rendimiento en Lectura de Números.....	136
<i>Figura 30.</i> Mapeos cerebrales de la amplitud de P300 en las niñas de bajo y alto rendimiento durante la prueba de Lectura de Números.....	137
<i>Figura 31.</i> Mapeos cerebrales de la amplitud de P300 en los niños de bajo y alto rendimiento durante la prueba de lectura de Lectura de Números.	137
<i>Figura 32.</i> Distribuciones por grupos en el área bajo la curva en μ Vms en la prueba de Lectura de Números.....	139
<i>Figura 33.</i> Distribución de la latencia P300 en ms de la prueba de Problemas Aritméticos para los grupos de alto y bajo rendimiento.	141
<i>Figura 34.</i> Medias de las latencias de P300, expresadas en milisegundos, por región cerebral y grupo de alto y bajo rendimiento en Problemas Aritméticos.....	142
<i>Figura 35.</i> Medias de las amplitudes de P300, expresadas en microvoltios, por región cerebral y grupo de alto y bajo rendimiento en Problemas Aritméticos.....	144
<i>Figura 36.</i> Mapeos cerebrales de la amplitud de P300 en las niñas de bajo y alto rendimiento durante la prueba de Problemas Aritméticos.	145
<i>Figura 37.</i> Mapeos cerebrales de la amplitud de P300 en los niños de bajo (izquierda) y alto rendimiento (derecha) durante la prueba de Problemas Aritméticos.....	145
<i>Figura 38:</i> Distribuciones de las áreas bajo la curva de P300 en la prueba de Problemas Aritméticos en los grupos de alto y bajo rendimiento	147

<i>Figura 39.</i> Distribuciones de las latencias de N400 expresadas en milisegundos en la prueba de Lectura de Números entre los grupos de alto y bajo rendimiento.	149
<i>Figura 40.</i> Comparación en las latencias de N400 expresadas en milisegundos de los niños de alto y bajo rendimiento en las pruebas de Lectura de Números.....	150
<i>Figura 41.</i> Comparaciones entre las amplitudes de N400 expresadas en microvoltios en las distintas regiones cerebrales en las pruebas de Lectura de Números.	152
<i>Figura 42.</i> Mapeos cerebrales de la amplitud de N400 en las niñas de bajo y alto rendimiento durante la prueba de Lectura de Números.....	153
<i>Figura 43.</i> Mapeos cerebrales de la amplitud de N400 en los niños de bajo y alto rendimiento durante la prueba de Lectura de Números.....	153
<i>Figura 44.</i> Distribuciones de las áreas bajo la curva de N400 expresadas en μ Vms de los grupos de alto y bajo rendimiento en la prueba de Lectura de Números.....	155
<i>Figura 45.</i> Comparación en las latencias de N400 expresadas en milisegundos de los niños de alto y bajo rendimiento en las pruebas de Problemas Aritméticos.....	157
<i>Figura 46.</i> Comparaciones entre las amplitudes expresadas en microvoltios en N400 para las distintas regiones cerebrales en la prueba de Problemas Aritméticos.....	159
<i>Figura 47.</i> Mapeos cerebrales de la amplitud de N400 en las niñas de bajo y alto rendimiento durante la prueba de Problemas Aritméticos.	160
<i>Figura 48.</i> Mapeos cerebrales de la amplitud de N400 en los niños de bajo y alto rendimiento durante la prueba de Problemas Aritméticos.	160

Índice de Anexos

Anexo A	206
Dominios, subdominios y tareas o medidas de la ENI	206
Anexo B	210
Prueba de Matemática Final 2° - Inicio 3° Grado (UCAB, 2003).....	210
Anexo C	215
Protocolo del evaluador correspondiente a las pruebas del dominio de Aritmética	215
Anexo D	216
Carta de autorización de los padres y/o representantes para la evaluación conductual y electrofisiológica de los niños.....	216

Resumen

En la presente investigación se evaluó el dominio y subdominios de la Aritmética en niños con bajo y alto rendimiento en Aritmética. Se utilizó el test de Evaluación Neuropsicológica Infantil (ENI), y se midieron latencias, amplitudes y áreas bajo la curva de P300 y N400. El estudio se realizó con 20 niños, 10 varones y 10 hembras, entre 8 y 9 años de edad, de 3er grado de primaria, de Los Teques.

Se realizaron análisis estadísticos no paramétricos con U de Mann-Whitney encontrándose diferencias significativas entre los grupos de alto y bajo rendimiento en las pruebas de Lectura de Números (p.0,00), Dictado de Números (p.0,00), Ordenamiento de Cantidades (p.0,011), Cálculo Mental (p.0,00), Cálculo Escrito (p.0,03) y Problemas Aritméticos (p.0,09).

Se seleccionaron las pruebas de Lectura de Números (LN) y Problemas Aritméticos (PA) para el análisis electrofisiológico. En LN, no hubo diferencias significativas a nivel global en P300 y N400, sino a nivel regional. En PA no hubo diferencias a nivel global en P300. Hubo diferencias significativas en N400 en latencia (p.0, 008) y área bajo la curva (p.0, 05). Se decidió realizar un contraste por sexo encontrando diferencias significativas en amplitud (p.0, 011) y área bajo la curva (p.0, 005) en LN en P300 y N400. Cualitativamente el tiempo de procesamiento, el esfuerzo para realizar las tareas y la cantidad de información procesada implicaron redes cerebrales diferentes en los grupos contrastados.

La Aritmética es una dimensión compleja cuyas subdimensiones deben ser consideradas al evaluar niños con bajo rendimiento. Hay subdimensiones que pueden desarrollarse a la par que los niños con alto rendimiento tanto conductual como electrofisiológicamente. Los aspectos atencionales pueden estar intactos, las diferencias se manifiestan en procesos más tardíos que requieren el uso de procesos cognitivos complejos que implican el uso de mayores redes neuronales, donde cabría enfocar los programas de intervención para incrementar su efectividad.

Se concluyó que al evaluar niños con bajo rendimiento en la Aritmética debe considerarse el sexo y, que el análisis conductual se enriquece con los estudios electrofisiológicos toda vez que permiten precisar las redes involucradas en los procesos cognitivos que intervienen en el rendimiento en la Aritmética.

Introducción

En la presente investigación se busca evaluar y establecer las diferencias neuropsicológicas y electrofisiológicas de las habilidades aritméticas entre niños con bajo y alto rendimiento en Aritmética, a través de las pruebas del dominio de la Aritmética de la Evaluación Neuropsicológica Infantil, en sus siglas ENI (Matute, Rosselli, Ardila Y Ostrosky-Solís, 2007) y de potenciales relacionados a eventos (ERP, por su siglas en inglés: *Evoked-Related-Potentials*), respectivamente.

Esta investigación se enmarca en la Psicología Cognitiva, cuyo objetivo es el estudio de los procesos intelectuales superiores, como son: el pensamiento, la memoria, la atención, el lenguaje, la solución de problemas, toma de decisiones y procesos sensoperceptuales complejos, pudiendo fungir de esta forma como herramientas para la mejora en los procesos de aprendizaje, por ende, haciendo copiosos aportes a la Educación y la Psicología Clínica (Peña y Cañoto, 2009).

Dentro de esos procesos superiores se encuentra también la dimensión de la Aritmética, de interés en este estudio. Así mismo, se consideran los aportes por la Neuropsicología en relación a los correlatos neurales de los procesos cognitivos y los métodos electrofisiológicos no invasivos desarrollados desde la Neurociencias Cognitiva, cuyos sujetos son principalmente seres humanos (Pinel, 2010) y los cuales colaboran con el desarrollo teórico de la Psicología Cognitiva dando aportes empíricos, con lo que se pretende contribuir en la presente investigación.

El aprendizaje y la aplicación de los principios aritméticos permiten el desarrollo y adaptación a los distintos campos del quehacer cotidiano: contar dinero para pagar la compra en el mercado, cortar una torta en pedazos o numerar los carros que se ven en la autopista; estas actividades, entre otras, se realizan a diario, pero sin conocimientos básicos aritméticos, no se podrían realizar. Cuando estos procesos se ven interferidos por distintas causas, se origina malestar tanto en el que lo padece como en quienes se ven implicados en las problemáticas originadas por esta condición.

Estos problemas comienzan a evidenciarse en el ámbito escolar, ya que es justo en este momento del ciclo evolutivo, donde se hace evidente el retraso del niño con dificultades en Aritmética comparado con sus contemporáneos. Al considerar las dificultades en el aprendizaje y aplicación de los principios aritméticos como un continuo, se encuentran condiciones frecuentes, como el bajo rendimiento, en esta función cognitiva, las cuales no cumplen con los criterios establecidos en el Manual Estadístico de Diagnóstico de Desórdenes Mentales IV (DSM-IV, APA, 1994) para ser consideradas como un trastorno específico del aprendizaje, pero cuya prevalencia e incidencia en el ámbito escolar es mayor (Rodríguez y Rojas, 2010), siendo considerada en el campo de la Neuropsicología, en el polo de mayor severidad la discalculia, la cual se entiende como la marcada dificultad que se posee para adquirir aprendizajes aritméticos, matemáticos, o problemas para realizar cálculos (Rebollo y Rodríguez, 2006).

Las condiciones señaladas pueden deberse a diferentes razones cognitivas, biológicas y/o socio-culturales (Monedero, 1989) y ser evaluadas desde diferentes perspectivas o niveles de aproximación y de análisis, no sólo de manera sindromática, estableciendo criterios evaluativos como los propuestos en la DSM-IV (APA, 1994), sino también a través de enfoques psicológicos, educativos, médico neurológicos, neuropsicológicos y/o por medio de diversas técnicas funcionales desarrolladas en el campo de las Neurociencias Cognitivas.

En el campo de la Neuropsicología Infantil hay pocos instrumentos desarrollados para determinar el perfil neurocognitivo de los niños, siendo la Evaluación Neuropsicológica Infantil (ENI) la batería neuropsicológica más completa de la cual se dispone actualmente (Bruno y Kilzi, 2010), por lo cual se emplea en la presente investigación para evaluar la dimensión de la Aritmética.

Así mismo, complementando la evaluación conductual, en el campo de las Neurociencias Cognitivas, se utilizan como evaluación electrofisiológica los potenciales relacionados a eventos (ERP), considerados por Rodríguez-Camacho, Prieto y Bernal (2011) como uno de los métodos “más importantes en la comprensión de las bases fisiológicas de los procesos cognoscitivos” (p.41). Estos autores señalan que los ERP permiten una evaluación en tiempo real del vínculo que existe entre el proceso cognitivo en estudio y la actividad cerebral.

Los ERP, a diferencia de los indicadores conductuales que pueden ser evaluados en segundos, tienen una mayor resolución temporal ya que se evalúan en milésimas de segundo, lo que ha permitido la identificación no sólo de las redes neuronales y regiones cerebrales implicadas en distintas funciones neuropsicológicas, sino también de nuevas dimensiones o subdimensiones de los procesos cognitivos dando un valioso aporte a la Psicología Cognitiva.

En este sentido se considera que los ERP, además de las evaluaciones conductuales, dan un aporte fundamental al estudio del bajo rendimiento aritmético, ya que según exponen Núñez, Corral y Escera (2004) los ERP son una técnica que ha permitido estudiar de manera novedosa diversas operaciones cognitivas a partir del comportamiento de los potenciales eléctricos originado por la actividad eléctrica cerebral completando las evaluaciones conductuales.

Por otro lado, en el campo de las Neurociencias Cognitivas se encuentra amplia literatura sobre otros trastornos del aprendizaje como la dislexia, pero hay menor material teórico y empírico respecto a la evaluación de las dificultades en aprendizaje aritmético, siendo aún más escasos los estudios mediante potenciales relacionados a eventos. Es así que la presente investigación contribuye con la comunidad científica a llenar vacíos de conocimiento y aumenta el bagaje teórico en el campo de la Psicología Cognitiva, Psicología Escolar y la Clínica Infantil.

De los diversos componentes de los ERP se estudian las características en cuanto amplitud, latencia, área bajo la curva y distribución topográfica de P300 y N400, componentes más estudiados en otros trastornos específicos del aprendizaje, durante la ejecución de las tareas de Aritmética de la Evaluación Neuropsicológica Infantil (Matute et al., 2007) buscando encontrar diferencias entre indicadores conductuales y los correlatos electrofisiológicos del dominio cognitivo de la Aritmética en los niños con bajo rendimiento, en comparación con niños con alto rendimiento en Aritmética.

Los resultados obtenidos en esta investigación favorecen el diseño de programas de intervención más adecuados considerando el accionar sobre diversas redes cerebrales que fomenten un mejor desarrollo de los niños con estas dificultades en el justo momento evolutivo cuando se aprecia el desfase del niño con problemas en el rendimiento en Aritmética comparado con sus compañeros sin tal condición, y son un elemento más que contribuye al establecimiento del diagnóstico diferencial entre las dificultades específicas del aprendizaje en un continuo desde las condiciones menos severas o de menor compromiso.

Al considerar las diferencias entre los niños con dificultades en la resolución de ejercicios matemáticos y los que no, resulta plausible que durante la ejecución de pruebas del dominio de Aritmética de la Evaluación Neuropsicológica Infantil (ENI), se encuentren diferencias entre los

indicadores conductuales de los subdominios de esta función cognitiva, a saber: Conteo, Manejo Numérico, Cálculo y Razonamiento Lógico-Matemático. Sin embargo, se considera que puedan existir diferencias en algunos de esos subdominios así como en sus correlatos electrofisiológicos a través de los ERP (latencia, amplitud, área bajo la curva y características topográficas de los componentes P300 y N400) en los niños con bajo y alto rendimiento aritmético. Empero, se considera que, debido a la que muestra no cumple con los criterios de diagnóstico de dificultades específicas del aprendizaje de la aritmética establecidos por la DSM-IV, los niños con bajo rendimiento en esta área puedan mantener integridad en algunos de esos subdominios y rendir al igual que los niños con alto desempeño, lo que cabe investigar.

De acuerdo con el código deontológico de la investigación en Psicología (2002), se realizan las siguientes consideraciones: se procura un nivel de conocimiento alto y actualizado acerca de las áreas en la que se basa esta investigación (Neuropsicología, métodos de las Neurociencias Cognitivas, Psicología Escolar y Psicología Clínica Infantil), asumiendo las responsabilidades de los datos, individuos y resultados de la misma, reafirmando el compromiso con la sociedad, al aumentar el bagaje teórico respecto a este tema y al abrir puertas que permitan optimizar estrategias de intervención para esta condición, esto de la mano de tutores capacitados y conocedores de los temas de investigación.

Se mantiene un trato respetuoso para con los participantes en primer lugar, procurando que conozcan los actos a llevar a cabo, informándoles de todos los procedimientos que se realizan y solventando las dudas que posean al respecto. Se obtiene el consentimiento informado de los padres, representantes y directivos de las instituciones a través de cartas y charlas informativas, para que conozcan, al igual que los sujetos, los procesos y acciones a realizar durante la investigación. Así mismo, los datos obtenidos durante la realización de las mediciones se utilizan solamente en pro del

conocimiento científico, manteniendo los datos obtenidos de dichos sujetos de forma confidencial.

Marco Teórico

La evolución filogenética de la especie humana estuvo en pos del desarrollo neurofuncional; específicamente, el encéfalo humano evolucionó hasta los escalafones más altos del funcionamiento intelectual para promover la supervivencia y adaptación a copiosos contextos a través de procesos cognoscitivos especializados en: categorizar, anticipar, entender, planificar, construir y reconstruir mentalmente los entornos circundantes y congéneres en términos de estados mentales, para así recordar y comprender el mundo conocido; razón por la cual, discernir cómo se desarrolla evolutivamente el encéfalo humano y su dinámica subyacente tendría grandes implicaciones en la comprensión y posterior tratamiento de todos los trastornos mentales.

Pero no sólo se beneficiaría el ámbito clínico del entendimiento holístico del funcionamiento encefálico, sino también los profesionales de la educación formal en pos de una mejor calidad del proceso de enseñanza y de aprendizaje de los educandos bajo su responsabilidad, sea en la educación regular o especial.

Con respecto a este punto, Fernández-Bravo (2010) señala que es de capital importancia incorporar a toda actividad pedagógica lo que se ha descubierto en las últimas décadas sobre el “cómo pensamos” y “cómo sentimos”, ya que para maximizar la efectividad de los procesos de enseñanza y de aprendizaje es necesario dilucidar de antemano cómo se aprende.

La Neuropsicología como disciplina que estudia la relación entre el encéfalo y la conducta, se ha focalizado en las bases neuroanatómicas de los

procesos cognitivos complejos denominados funciones corticales superiores y las patologías derivadas de su funcionamiento alterado. Y son estas funciones las que presentan un mayor desarrollo tanto cuantitativo como cualitativo en el ser humano: el pensamiento, el lenguaje, la memoria, la psicomotricidad, la autopercepción y el aprendizaje. Concretamente el encéfalo humano tiene una función global, y aunque determinadas funciones suelen asociarse con determinadas áreas cerebrales anatómicamente localizables y delimitadas, las funciones corticales superiores se encuentran determinadas por el funcionamiento conjunto encefálico; por lo tanto, cuanto mayor complejidad de una determinada función, más áreas cerebrales estarían involucradas (De la Barrera y Donolo, 2009).

Por su parte, desde el novedoso campo de las Neurociencias Cognitivas, se han propuesto diversos modelos teóricos para explicar la interrelación entre los procesos cognitivos y el sistema nervioso central (SNC); en particular, se propuso la relación cerebro-conducta, de la cual se desprende la actual importancia de esta rama de la ciencia, ámbito en el cual equipos interdisciplinarios aportan datos empíricos, verificables y válidos que permiten unificar el conocimiento de los procesos psicobiológicos y neurobiológicos (Pinel, 2010).

Portellano (2005) propuso que los neurocientíficos suelen circunscribirse, en grandes rasgos, a tres orientaciones de estudio diferentes pero complementarias entre sí: (a) la relación entre el repertorio conductual y los procesos cognitivos con respecto al sistema nervioso; (b) las no conductuales, que estudian las características anatómicas del encéfalo, haciendo menos énfasis en los procesos cognitivos-conductuales; y (c) el estudio de los procesos cognitivos superiores como: atención, aprendizaje, lenguaje, sensación-percepción, memoria, entre otros, sin contemplar su relación con elementos fisiológicos (Pinel, 2010).

Cabe destacar que la Neuropsicología ha fungido como un referente paradigmático de las Neurociencias Cognitivas, guiando las investigaciones

en este campo del saber a través del diseño de las tareas que los sujetos han de afrontar en las diversas condiciones donde se está indagando sobre los procesos cognitivos, dando así un marco referencial al uso de técnicas no invasivas (M. Moreno de Ibarra, comunicación personal, Noviembre 22, 2013) como lo es el registro electrofisiológico de los potenciales relacionados a eventos cognitivos (ERP, por sus siglas en inglés: *Evoked-Related-Potentials*) que permiten identificar regiones encefálicas que median con modos determinados de experimentar algún acontecimiento emocional o racional tanto en sujetos sin diagnóstico como aquellos con alguna alteración o condición particular (Moreno de Ibarra, 2005; Rodríguez-Gasteló, 2012)

En este sentido, Díaz (2004) consideró que la utilización de la electrofisiología cerebral ha permitido asociar la actividad eléctrica de ciertas zonas cerebrales con la tarea realizada en función a un determinado hecho cognitivo con una resolución temporal en milésimas de segundo, que permite estudiar formas específicas de pensar, sentir y responder al ambiente, por lo que cabría esperar, que ciertas áreas cerebrales se activen ante las tareas realizadas por los sujetos en un tiempo estipulado, siendo estas reflejo de las actividades involucradas en el proceso cognitivo de interés.

Los avances en el estudio de las redes neuronales responsables de las habilidades cognitivas superiores, denominadas en su conjunto como funciones ejecutivas (FE), que permiten el establecimiento de metas, diseño de planes, procesamiento secuencial, selección del sistema conductual más apropiado para alcanzar la meta planteada, además, de la autorregulación, monitoreo del avance de las tareas, la plasticidad y organización dentro de espacios temporales finitos de la actividad o actividades propuestas, las encontraron extensamente distribuidas y vinculadas a numerosas regiones encefálicas, pero investigaciones recientes indicaron que son propias del funcionamiento de las zonas prefrontales del cerebro (Delgado-Mejía y Etchepareborda, 2013), cuya evolución filogenética, como se señaló anteriormente, constituyó un elemento clave en la diferenciación de lo

propriadamente humano en cuanto a las funciones psicológicas superiores (Luria, 1976).

Con respecto a los procesos complejos de *natura* matemático-lógico, Fernández-Bravo (2010) propuso que en la resolución de los mismos, en mayor medida, se evidencia un aumento en la asimilación de glucosa en el lóbulo frontal, que indica la vinculación de procesos matemáticos con las funciones ejecutivas, aunque este aumento sea más específico en el lóbulo parietal con mayor consumo de energía en el surco intraparietal y en la región inferior.

En consecuencia, el autor señaló que pareciera ser que estas zonas se asocian con el pensamiento matemático y con la capacidad cognitiva visoespacial. Así mismo, se aseveró que el procesamiento de estímulos matemático es mediado a través de una compleja interacción interhemisférica.

En la presente investigación se pretendió hacer una evaluación conductual y electrofisiológica de las funciones aritméticas de niños con bajo y alto rendimiento en Aritmética, con el fin de establecer posibles patrones conductuales y de activación electrofisiológica en las distintas redes cerebrales asociadas teóricamente con los procesos cognitivos involucrados en el aprendizaje ante la resolución de problemas de índole matemática, por lo que a continuación se desarrolló este aspecto.

Aprendizaje

Desde una perspectiva interdisciplinar, entre: los psicólogos, neuropsicólogos, educadores y otros profesionales, se han desarrollado copiosas investigaciones en las Neurociencias Cognitivas, donde se emplearon distintas técnicas de exploración no invasivas, entre las que se encuentran: el electroencefalograma (EEG), la magnetoencefalografía (MEG) y los potenciales relacionados a eventos cognitivos (ERP), entre otros

procedimientos de evaluación; que han promovido una mayor comprensión de los procesos neurofuncionales que subyacen al aprendizaje humano y, en consecuencia, promover la enseñanza de manera más apropiada, efectiva y agradable para la población estudiantil (Salas-Silva, 2003).

Con respecto a este punto De la Barrera y Donolo (2009) señalaron que actualmente existe un campo incipiente de investigación denominado *neuroeducación*, entendido como el desarrollo de la neuromente, haciendo referencia a la evolución de los procesos cognitivos y metacognitivos durante el proceso de escolarización, pero esta nueva área del saber no es una mezcla entre las Neurociencias y las ciencias de la educación, sino un nuevo referente paradigmático que toma como objeto de estudio la interdeterminación entre las funciones neurocognitivas de mayor nivel y el quehacer académico.

Sin embargo, solo a través de una conciencia y comprensión holística del funcionamiento encefálico, y la integración entre la educación y las Neurociencias Cognitivas, resultaría plausible la fundamentación teórica-práctica para una ciencia integrada de la educación, el cerebro, la mente y el aprendizaje (De la Barrera y Donolo, 2009). Con respecto a las aproximaciones de corte psicológico al fenómeno del aprendizaje, Csoban-Mirka (2009) señaló que los teóricos psicológicos tradicionalmente suelen circunscribirse en dos posturas: la conductual y la cognitiva.

Para los psicólogos conductuales el aprendizaje es un cambio duradero ocurrido en los mecanismos de la conducta en función de estímulos externos: antecedentes y consecuentes a una respuesta específica, que es resultado de la experiencia previa con tales estímulos y respuestas o con otros de naturaleza similar; mas no, cambios conductuales efímeros productos de distintos procesos, tales como: la fatiga, cambios en las condiciones del estímulo, alteraciones en el estado fisiológico o motivacional del organismo y la maduración (Csoban-Mirka, 2009; Domjan, 2010).

De manera complementaria, en los modelos teóricos de la psicología cognitiva el énfasis explicativo se encuentran en los procesos internos, de naturaleza mental, que llevan a cabo los sujeto pensantes: el aprendizaje radica en la elaboración de mapas cognitivos y expectativas del mundo exterior, que guían el comportamiento del ser cognoscente. Por lo tanto, el aprendizaje corresponde a una representación mental que elabora o construye el sujeto que aprende (Csoban-Mirka, 2009).

Campos-Castelló (1998) señaló que se puede conceptualizar el aprendizaje desde un enfoque neurocognitivo como un sistema de gran complejidad, que se fundamenta esencialmente en los procesos sensoriales, mnésicos y atencionales; lo que supone el reconocimiento de determinados estímulos (*inputs*), la asociación de los mismos con la experiencia previa del ser cognoscente u otros estímulos, y la posterior decisión de la pertinencia de almacenar tal información. Suponiendo esto, la organización o reorganización cognitiva de tales estímulos para así dar una respuesta (*output*) estará mediada por el nivel de activación del organismo responsable y otros subsistemas cognitivos, para poder finalmente procesar la información.

Las aseveraciones teóricas enmarcadas en la perspectiva cognitiva sobre qué es el aprendizaje, antes mencionadas por Campos-Castelló (1998) y Csoban-Mirka (2009), han sido corroboradas empíricamente por descubrimientos fundamentales de las Neurociencias Cognitivas, que están expandiendo el conocimiento de los mecanismos del aprendizaje humano, siendo éstos, según De la Barrera y Donolo (2009) y Salas-Silva (2003) los siguientes:

1. Tanto un encéfalo en desarrollo como uno ya maduro se alteran estructuralmente cuando ocurren los aprendizajes.
2. Los cambios estructurales alteran la organización funcional encefálica, lo que significa que el aprendizaje organiza y reorganiza el encéfalo.

3. Existe una equipotencialidad de distintas áreas cerebrales para aprender en ventanas temporales diferentes, pero precisamente, es entre los tres y los diez años de edad que el encéfalo infantil es un buscador incesante de estímulos que lo alimenten, razón por la cual la estimulación intelectual en esta etapa evolutiva promovería el desarrollo de las capacidades intelectuales, haciendo más viable los aprendizajes posteriores.
4. El encéfalo es un órgano dinámico, moldeado en gran parte por la experiencia; esto significa que el desarrollo neurocognitivo no es simplemente un proceso de desenvolvimiento impulsado inequívocamente por la herencia, sino que es también un proceso activo donde las experiencias tempranas y el proceso de socialización cultural son de principal importancia.

Asumiendo la interdeterminación entre el funcionamiento encefálico y los procesos cognitivos superiores, sería provechoso para toda investigación y modelo teórico considerar los sustratos biológicos subyacentes al proceso de aprendizaje, pero estos todavía no se encuentran definitivamente establecidos. Sin embargo, diversas zonas, tales como: el lóbulo frontal, el lóbulo temporal frontal tanto derecho como izquierdo, la corteza motora estriada, el neocórtex, la amígdala, el cerebelo y diversos cambios neurobioquímicos en los neurotransmisores desempeñan un papel fundamental en el proceso de aprendizaje (Campos-Castelló, 1998; De la Barrera y Donolo, 2009; Kolb y Whishaw 2006).

Hasta lo aquí expuesto ha de resultar evidente que el aprendizaje es un fenómeno neuropsicobiológico complejo, que involucra diversos procesos y áreas encefálicas; corolario, el abordaje de este fenómeno puede darse desde múltiples perspectivas teóricas y paradigmáticas. La presente investigación se centró en los procesos de aprendizaje involucrados en la adquisición y desarrollo de las habilidades aritméticas a la luz del modelo cognitivo, temática que fue desarrollada en el siguiente apartado.

Desarrollo y aprendizaje de las habilidades Matemáticas y/o Aritméticas a partir del proceso de especialización hemisférica

Desde una perspectiva filogenética uno de los saltos evolutivos más importantes en la especie humana fue la adquisición del razonamiento lógico aplicado a las matemáticas, que sumado con otras competencias, habilidades y destrezas cognitivas han permitido la génesis de una postura crítica sobre las capacidades numéricas e intelectuales, conllevando esto a la formulación de incógnitas, tales como: ¿el sentido numérico es innato o adquirido?, ¿cómo se lleva a cabo la representación cognitiva del sistema numérico?, ¿qué redes neuronales están asociadas con las habilidades aritméticas? Ciertamente, no se conoce lo suficiente de la dinámica encefálica para dar una respuesta cabal a todas estas preguntas. Sin embargo, en décadas recientes diversas investigaciones empíricas circunscritas al campo de las Neurociencias Cognitivas han clarificado el cómo se capta, procesa, comprende y ejecuta mentalmente tareas matemáticas (Alonso y Fuentes, 2001).

Previo a exponer los mecanismos cerebrales del pensamiento matemático y considerando el valor comprensivo que aporta conocer la etimología de los constructos a estudiar, se procedió a definir dos términos centrales en este estudio: (a) Matemática, que proviene del latín *mathematīca*, y éste del griego μαθηματικά, significando así “conocimiento”; esta rama del saber puede definirse como una ciencia formal que parte de axiomas primitivos y del razonamiento lógico para establecer relaciones abstractas entre símbolos numéricos y/o figuras geométricas; (b) Aritmética, palabra que proviene del latín *arithmetīcus*, y este del griego ἀριθμητικός, significando por su parte “número”, es la rama de la Matemática cuyo objeto de estudio son las operaciones matemáticas elementales: suma, resta, multiplicación y división.

Es importante señalar que aunque estas palabras, Matemática y Aritmética, presentan discrepancias a nivel etimológico, semánticamente pueden ser empleadas como sinónimos; motivo por el cual fueron tomadas como símiles a lo largo de esta investigación (González-Urbaneja, 1991; 2004).

Habiendo ya puntualizado los aspectos semánticos correspondientes a los términos Matemática y Aritmética, es necesario enfatizar que los procesos por los cuales se cuantifican los objetos es una capacidad básica no sólo del ser humano, sino también de otras especies de animales, por ejemplo, los chimpancés; estas competencias matemáticas simples contribuyen a la adaptación y supervivencia del organismo en su medio ambiente. Esta capacidad, es denominada como “sentido numérico” y permite conocer el número de objetos que conforman un conjunto con cierto margen de error, al igual que diferenciar entre “mucho” y “poco” (Serra-Grabulosa, Adan, Pérez-Pámies, Lachica y Membrives, 2010).

Al sopesar con respecto a los conceptos sobre estimaciones y operaciones matemáticas básicas en primates y niños de corta edad (lactante y preescolar), las investigaciones pareciesen indicar que el sentido numérico es innato, tanto en el ser humano como en otras especies de animales. Sin embargo, los procesos complejos de pensamiento matemático simbólico y verbalizado, son características adquiridas condicionadas al proceso de desarrollo neurocognitivo y los procesos de enseñanza y aprendizaje, que se llevan a cabo únicamente en la especie humana (Serra-Grabulosa et al., 2010; Vargas-Vargas, 2013).

Con respecto a este punto Piaget (citado en Alonso y Fuentes, 2001) plantea que el sentido numérico aparece alrededor de los 5 años de edad y para su ocurrencia es necesaria la presencia previa de diversas habilidades lógico-matemáticas, tales como: la capacidad de razonar a partir de la propiedad transitiva (si A es mayor que B, y B es mayor que C, entonces A será mayor a C) y la conservación del número, es decir, la capacidad de

establecer correspondencias biunívocas entre dos conjuntos (Serra-Grabulosa, et al., 2010; Vargas-Vargas, 2013).

Sumado a esto, es importante considerar que, en la medida que los niños crecen y empiezan a ser capaces de desarrollar procesos matemáticos simbólicos más complejos, el uso de su cuerpo para realizar cálculos, especialmente el uso de sus dedos para sumar o restar se vuelve más importante, ya que el funcionamiento conjunto de las cortezas motoras y sensoriales más su maduración neurofuncional es de capital importancia para el desarrollo de las competencias aritméticas; de igual forma las áreas de audición y lenguaje son fundamentales, porque, aparentemente el cerebro emplea inicialmente el sentido viso-espacial de la cantidad, y luego lo combina con los símbolos lingüísticos de *natura* matemática que aprende y están relacionados con el lenguaje. Y cuando se realiza un cálculo, ambos sistemas trabajan al unísono o de forma independiente (Vargas-Vargas, 2013).

Existen factores que según De Andrés (2012), favorecen el conocimiento y razonamiento lógico-matemático, entre los que se encuentran: “la observación, la intuición, la imitación que ayuda a trasladar el conocimiento matemático a las situaciones diarias y el razonamiento lógico, el cual permite que se llegue a una conclusión a partir de la implementación de ciertos juicios verdaderos” (p.8).

La génesis del pensamiento lógico-matemático radica en la formación de esquemas motores y perceptuales, lo que conduce posteriormente a la agrupación, clasificación y reconocimiento de objetos pertenecientes a muy diversos conjunto de elementos, elaborando además las relaciones entre los objetos, estableciendo semejanzas y diferencias que posteriormente llevará a que se establezcan relaciones de orden y series entre los objetos que por último, permite establecer el concepto de cantidad (De Andrés, 2012).

El razonamiento lógico-matemático se desarrolla según De Andrés (2012), debido al establecimiento de relaciones de semejanza, diferencia e igualdad entre los objetos, identificando las cualidades de los mismos que los hacen diferentes o iguales, esto a través de abstracciones reflexivas, que permiten que se fijen dichas relaciones entre objetos.

A manera de contraste y, como se señaló anteriormente, Piaget establece que no existe estrictamente un desarrollo de habilidades lógico-matemáticas, sino que la evolución de las mismas depende de la adquisición de habilidades generales, dividiendo las mismas en las siguientes etapas: sensorio-motriz (0-2 años), preoperacional (2-7 años), operaciones concretas (7-11 años) y por último la etapa de operaciones formales (a partir de los 11 años). En esta investigación particular, la etapa en la que se ubicaron los sujetos fue en la de operaciones concretas, ya que pertenecían al rango de 8 a 9 años de edad, presentando un manejo concreto de cantidades en el cual la reversibilidad del pensamiento aún no estaba por completo establecida (Papalia, Odds y Feldman, 2010).

De todo lo anteriormente expuesto cabe inferir que la Aritmética está constituida por una serie de subprocesos; Matute et al. (2007) en el desarrollo de una de las pruebas neuropsicológicas infantiles más completas del momento, la Evaluación Neuropsicológica Infantil (ENI), que se utilizó en este estudio, consideraron como subdominios de la Aritmética: Conteo, Cálculo, Manejo Numérico y Razonamiento Lógico-Matemático, los cuales llevan el mismo nombre que los procesos psicológicos subyacentes, siendo estos definidos a continuación:

1. Conteo: Asignación de un número cardinal a un conjunto de objetos (Matute et al., 2007). Con respecto al desarrollo de esta habilidad aritmética, Gelman y Gallistel (citado en Villaroel, 2009) proponen cinco principios que marcan hitos de desarrollo que conllevan a todo infante a aprender a contar correctamente, siendo estos: (a) el principio de correspondencia uno a uno, en el cual el niño debe comprender que los

objetos pertenecientes al conjunto deben ser contados por completo, y que sólo pueden contarse una vez; (b) el principio de orden estable, el cual indica que los números, al igual que las palabras que los representan deben ser utilizadas en un orden concreto y estable; (c) el principio de cardinalidad, en el que se explica que la última palabra o número utilizada en el conteo de los objetos es el que va a representar el número de objetos en el conjunto (por ejemplo, si en un conjunto se cuentan siete objetos, el número siete es el que representará el número de objetos que pertenecen a dicho conjunto); (d) el principio de abstracción, en el cual se explica que sin importar las características externas, los principios anteriores pueden ser aplicados a cualquier tipo de conjunto de objetos o situaciones; y (e) el principio de irrelevancia en el orden, el cual implica que el resultado del conteo no variará aunque el orden para enumerar a los objetos cambie (Gelman y Gallister, citado en Villaroel, 2009). Una vez adquiridos todos estos principios, se prosigue al desarrollo de otras habilidades aritméticas, las cuales se fundamentan en sus antecesoras para la comprensión y realización de tareas matemáticas. Una de estas habilidades que se desarrollan basadas en el conteo, es el cálculo.

2. Cálculo: el origen etimológico de esta palabra proviene del latín *calcularre* y es un procedimiento cuantitativo de abstracción que radica en el establecimiento y/o realización de cómputos matemáticos con la intención de asignarle un número cardinal como representación de los elementos constituyentes de un determinado objeto o sujeto (Matute et al., 2007). El aprendizaje del cálculo se basa en la adquisición de habilidades en conteo, ante lo cual ambos procesos están estrechamente ligados entre sí, convirtiéndose el conteo en una estrategia básica para la realización de cálculos aritméticos (García, citado en González y García, 1984).
3. Manejo Numérico: este hace referencia al dominio y experticia, mediada por la automatización de las tareas, que un sujeto puede

alcanzar en la utilización de los axiomas aritméticos en las tareas de relaciones espaciales, conceptos básicos, categorización y clasificación, seriación y secuenciación, noción de cantidad y número, correspondencia uno a uno y operaciones (Matute et al., 2007).

4. Razonamiento Lógico-Matemático: es definido como la capacidad de identificar, relacionar y operar, las cuales son las bases necesarias para adquirir el conocimiento matemático que permite desarrollar las competencias que se refieren a la habilidad de solucionar situaciones nuevas (Alsina y Canals, 2000). Esta capacidad de identificar, relacionar y operar según Sagüillo (2008) está basada en una “serie de presuposiciones de sentido común, las cuales permiten describir hechos lógicos matemáticos objetivos (p.5)”. Estas presuposiciones pueden ser falsas o verdaderas y funcionan para dar respuestas a dichos hechos; cuando se ponen a prueba se constituyen hipótesis, y en función de los hechos objetivos, es que tales premisas son falseadas.

Es de conocimiento que estas relaciones lógicas no se instauran de forma idéntica en todos los sujetos, esta aseveración se fundamentó en los planteamientos de Dobato (2007), que propuso que las habilidades matemáticas son una función cognitiva que permanece en la población general con niveles de eficacia muy heterogéneos, influida tanto por factores socioculturales como biológicos; con respecto a este último punto, López-Astorga (2010) explica en una serie de investigaciones realizadas sobre pensamiento lógico y autismo, que:

La importancia que posee la maduración encefálica en la adquisición de las habilidades aritméticas se puede apreciar en la existencia de una equipotencialidad funcional de los dos hemisferios cerebrales en el niño pequeño, y después de la progresiva especialización hemisférica con la edad, es decir, la presencia de una asimetría funcional; empero, ambos

hemisferios se encuentran relacionados en todas las tareas cognitivas, pero uno en menor grado de implicación que otro (p.108).

Sin embargo, existen diferentes problemáticas que impiden el adecuado desarrollo de estas habilidades matemáticas, las cuales dependiendo de la causa afectará uno u otro subdominio de la aritmética; pues, como bien plantearon Alonso y Fuentes (2001) las lesiones en áreas cerebrales distintas puede llevar a disfunciones distintas, lo que se traduce en patrones heterogéneos de funcionamiento cognitivo y electrofisiológico en el área neurofuncional relacionado con los procesos aritméticos, aspectos que se consideraron en un próximo apartado, debido a su importancia para esta investigación.

En relación a la especialización hemisférica en el niño, o asimetría funcional, Kolb y Whishaw (2006) señalan que este constructo hace referencia a la existencia de funciones separadas para cada hemisferio cerebral y, aunque se ha propuesto que en los estadios iniciales del desarrollo neurológico existe una equipotencialidad funcional de los dos hemisferios, a medida que avanza el desarrollo de los niños la representación funcional de distintos procesos cognitivos se carga a hemisferios específicos (por ejemplo, la representación lingüística en el hemisferios izquierdo); así mismo, la asimetría funcional funge como un indicador de maduración neurofuncional (Ardila y Rosselli, 2007).

A mediados de los años 90 proliferaron los modelos teóricos que intentaron explicar a través de circuitos cerebrales la interacción de las distintas áreas encefálicas relacionadas con los procesos aritméticos.

Uno de tales modelos es aquel desarrollado por Dehaene (1992), que propone que la información numérica puede ser utilizada en tres tipos de códigos: (a) una representación equivalente a las magnitudes, en la que los números se representan como distribuciones de activación en la línea

numérica; de carácter verbal-auditivo, en la que los estímulos aritméticos y/o numéricos son representados en cadenas de palabras, y una forma arábigo-visual, en la que los números se representan como cadenas de dígitos; (b) un proceso por el cual la información se transforma de uno a otro código; y (c) la elección de un código u otro se ve determinada por la naturaleza de la operación; por ejemplo, el código verbal-auditivo se usa en mayor medida para contar y el código arábigo-visual se emplea para operaciones aritméticas con números de múltiples dígitos (Figura 1).

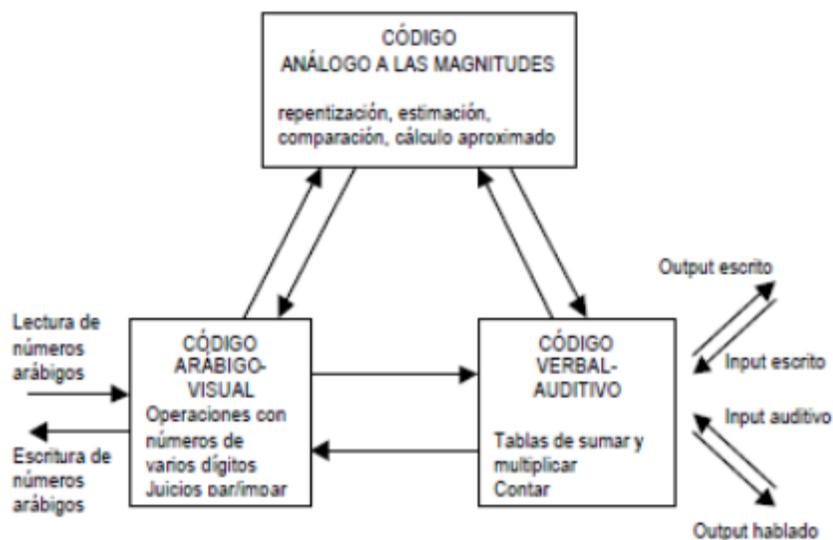


Figura 1. Esquema del modelo de código triple de Dehaene (1992).

Nota. Tomada de “Mecanismos Cerebrales del Pensamiento Matemático” por D. Alonso y I. Fuentes, 2001, *Revista de Neurología* 33 (6), 568-576.

Con respecto al modelo de Dehaene, Alonso y Fuentes (2001) señalan:

El sistema visual –córtex occipitotemporal inferior– del hemisferio izquierdo se asocia con el reconocimiento, tanto de cifras arábigas (...) como de palabras escritas (siete), mientras que la misma región en el hemisferio derecho reconoce sólo cifras arábigas. En el caso de identificación y producción de

palabras habladas, es la región perisilviana del hemisferio izquierdo la que se implica. Esta región participa también en un circuito córtico-subcortical que comprende los ganglios basales del hemisferio izquierdo, que se activa en tareas aritméticas rutinarias –tablas de sumar y multiplicar–. El córtex parietal inferior –principalmente el interior del surco intraparietal– desempeña un papel fundamental en la representación del sentido cuantitativo de los números. Finalmente, los circuitos dedicados a coordinar las intervenciones de los demás se ubican posiblemente en el córtex prefrontal y en el córtex cingulado anterior, que se asocian con la supervisión de conductas no automatizadas –planificación, ordenación secuencial, toma de decisiones, corrección de errores, mantenimiento de resultados intermedios, entre otros (p. 573-574).

Resulta necesario puntualizar, de los planteamientos de Alonso y Fuentes (2001), que el gran número de estructuras encefálicas que median en el dominio aritmético se debe a que las capacidades numéricas presentan una interdeterminación con otros procesos, tales como: lenguaje, razonamiento general, memoria (episódica, semántica y de trabajo) pero tienden hacia una lateralización funcional en pos del hemisferio izquierdo.

Respecto a las asimetrías encontradas, diversas investigaciones han señalado que el hemisferio izquierdo desempeña un papel fundamental en la producción y comprensión del lenguaje, así como en la capacidad para realizar operaciones matemáticas y en el control de los movimientos del lado derecho del cuerpo, mientras que su homólogo derecho se evoca a los procesos sensoriales y en la síntesis de la información no verbal, como la música y la expresión facial, y controla los movimientos del lado izquierdo del cuerpo (Kolb y Whishaw, 2006).

Dobato (2007) describió que mediante la implementación de técnicas de neuroimagen a través de estudios por resonancia magnética funcional

(IRMf) y tomografías por emisión de positrones (PET, por su siglas en inglés: *positron emission tomography*), se llegó a la aseveración de la existencia de dos redes cerebrales para el cálculo: la primera, es un sistema encargado del procesamiento de cantidades puntuales y su codificación en los sistemas verbales, con una gran participación de regiones frontoparietales inferiores izquierdas; por lo tanto, la adición y sustracción de cantidades exactas, se ve representada en la zona parietal inferior izquierda, mientras que la multiplicación y división se relacionan con zonas de representación más amplias. Por otra parte, Dobato señaló la existencia de otro sistema o red encargado de las funciones de aproximación, comparación y manejo de grandes cantidades, con activación de regiones parietales y frontales de manera bilateral.

Específicamente, Dobato (2007) encontró que durante la multiplicación se origina una mayor activación de la región parietal izquierda (plausiblemente por el contenido verbal implícito en las tareas de multiplicación), mientras que en la sustracción se activa ambos lóbulos parietales (aunque con predominancia del izquierdo) y la comparación de números y cantidades produce una activación bilateral, pero con mayor prominencia en el hemisferio derecho, esto, posiblemente, por la implicación de funciones de manejo especial.

Dados los hallazgos anteriores y la multiplicidad de áreas neurofuncionales involucradas en las capacidades aritméticas, Dobato (2007) propuso la existencia de una gran red neuronal vinculada a la forma en que el encéfalo responde a los estímulos matemáticos, donde participan “tanto estructuras corticales como subcorticales a nivel frontal, parietal, temporal y ganglios de la base, en especial a nivel parietal posterior en el hemisferio dominante, aunque con influencia bihemisférica” (p.321). Además encontró que la corteza occipitotemporal ventral derecha está involucrada en la comparación de números, y que de forma bilateral se encuentra el cálculo aritmético y la resolución de problemas, procesos desarrollados también en el

giro frontal inferior izquierdo. En esta investigación se concluyó que sí existen procesos biológicos, medibles que correlacionan y van de la mano con los procesos psicológicos, lo que permitió un estudio metodológicamente más profundo y concreto de estas variables.

Según Parra-Gámez et al. (2009), las capacidades lingüísticas y espaciales se encontraron más lateralizadas en los hombres, dependiendo el lenguaje del hemisferio izquierdo y el reconocimiento espacial del derecho. En yuxtaposición, en las mujeres ambas capacidades están distribuidas más simétricamente entre ambos hemisferios, gracias a que las comisuras que los unen (la comisura blanca anterior, medial o cuerpo calloso y posterior) presentan más fibras conectoras.

Fernández-Bravo (2010) mencionó que según la teoría de localización cerebral, la actividad matemática se presenta, en mayor medida en el lóbulo frontal y parietal del cerebro. De manera complementaria Serra-Grabulosa et al. (2010) señalaron que los sustratos neuronales del procesamiento numérico y del cálculo no se limitan a las estructuras antes mencionadas, sino que también la parte posterior del lóbulo temporal, la corteza cingulada, el surco interparietal, el giro angular, la ínsula anterior izquierda y la corteza cerebelosa desempeñan funciones en los procesos aritméticos.

A pesar de estos descubrimientos las investigaciones sobre el proceso de lateralización funcional son complejas debido, principalmente, a cuatro variables propias de la asimetría: (a) la lateralidad es relativa y no absoluta: en condiciones normales ambos hemisferios participan conjuntamente en casi todos los procesos cognitivos y conductuales a través de un sistema de comisuras que los intercomunican, pero existe una cierta especialización de tareas entre los mismos; (b) para dilucidar el funcionamiento cerebral es tan relevante el sitio del cerebro en que se lleva el proceso de interés como el lado hemisférico: aunque existen asimetrías en los lóbulos según el hemisferio en que se encuentren, la función de cada lado es más semejante entre sí que las funciones de las cortezas diferentes en el mismo lado

hemisférico; (c) la lateralidad depende de factores ambientales y genéticos: el sexo de las personas influye en gran medida en el proceso de organización funcional encefálica, por ejemplo, las fibras que comunican los dos hemisferios en las mujeres son más gruesas que la de los hombres, gracias a esto se puede aseverar que sus hemisferios se encuentran mejor integrados; y (d) muchos animales inferiores en la escala filogenética muestran lateralidad: en antaño se asumió que la asimetría funcional del cerebro sólo se presentaba en la especie humana, pero se descubrió que: aves, ratas, gatos, monos y simios también presentan asimetría cerebral (Kolb y Whishaw, 2006; Parra-Gómez et al., 2009).

Diversas investigaciones han encontrado diferencias cerebrales por sexo que influyen conductualmente en el desarrollo de las funciones psicológicas superiores. Es así que Gil-Verona et al. (2002) señalaron que los sujetos pertenecientes al género masculino son más aptos para hacer girar mentalmente los objetos, en el reconocimiento de formas, en la distinción izquierda-derecha así como en la representación bidimensional de objetos tridimensionales; sumado a esto, los hombres son mejores en el cierre perceptual y en el desdoblamiento de formas visuales en conjuntos completos. Las diferencias en las capacidades lingüísticas y espaciales son más intensas durante los primeros años de vida, las niñas hablan antes, su fluidez y su articulación verbal son mejores y aprenden a leer y a escribir más fácilmente; a partir de la adolescencia estas diferencias entre sexos tienden a disminuir.

Gil-Verona et al. (2002) afirman que las mujeres son mejores en aptitudes que requieren el uso de estrategias lingüísticas y suelen puntuar más alto en tareas de razonamiento matemático, mientras que los hombres en las que necesitan la utilización de estrategias espaciales y, según Dobato (2007), obtienen un mejor desempeño en tareas de geometría, estadística y probabilidad.

Una consecuencia importante derivada del diformismo neurofuncional descrito es que se ha de considerar el sexo de los sujetos en toda investigación neuropsicológica y en el establecimiento de programas educativos, ya que el mismo condiciona, hasta cierto punto, las habilidades cognitivas y el proceso de socialización de los niños; esta es la razón principal por la cual en esta investigación se consideró como variable el sexo de los niños evaluados y, considerando la asimetría descrita, se ahondó en las diferencias que se presentan a nivel neurofuncional ya que esta variable funge como un factor modulador de las funciones psicológicas superiores.

Fundamentando esta decisión resultó propicio señalar que el estudio de las diferencias entre géneros en diversas funciones cognitivas, entre las que se podrían considerar los procesos aritméticos, hasta ahora han sido la tarea principal de los neurocientíficos que lo han abordado desde múltiples modelos de investigación (neuroanatómico, psicológico, neurológico, psiquiátrico, entre otros), pero actualmente se ha extendido a diferentes profesionales, tales como: educadores, lingüistas o sociólogos (Gil-Verona et al. 2002).

Serra-Grabulosa et al. (2010) mencionaron que hay pocos estudios que específicamente hayan abordado sistemáticamente las bases neurales del procesamiento numérico en sujetos, con un diagnóstico clínico o sin él o que presenten alteraciones en la adquisición y ejecución de las habilidades aritméticas; una razón más que sustenta el objetivo de la presente investigación, por lo que a continuación se desarrolló el aspecto de las alteraciones en esta función cognitiva.

Alteraciones en el Proceso del Aprendizaje de la Matemática y/o Aritmética

Con respecto a los procesos de enseñanza y de aprendizaje de la matemática muchos de los actores involucrados en el mismo (figuras paternas del aprendiz, el estudiante, el profesor, el contexto académico, entre otros) asumen que la aritmética es difícil de aprender, gusta a muy pocos estudiantes, tiende a ser compleja, aburrida y a ser aborrecida por quienes no la entienden, generando, en lógica consecuencia, frustración, angustia y aversión; inclusive Peña (citado en Peña, 2010) propuso el término de *cuantofobia*, que aunque descontextualizada tal terminología puede ser confusa, ilustra claramente el desagrado que muchos niños en edades escolares presentan en el área de aritmética, obteniendo así las calificaciones más bajas (Martínez-Padrón, 2008); este rendimiento deficiente en las tareas aritméticas puede verse originado por múltiples factores, entre los que podemos hallar: dificultades generalizadas (retardo mental o autismo), específicas en los procesos de aprendizaje y el fracaso escolar (Monedero, 1989).

Kolb y Whishaw (2006) señalaron que los niños inscritos en el sistema escolar regular son evaluados de manera constante para medir sus aptitudes relacionadas con las materias académicas que se consideran de mayor importancia, pero algunos de estos niños son incapaces de cumplir las demandas establecidas por el sistema escolar, mientras que otros sí son capaces a través del esfuerzo y el estudio culminar su periodo de formación básica y proseguir a escalafones más altos del quehacer académico. Con respecto a los niños que fracasan, la experiencia educativa puede fungir como un elemento ansiogénico persistente a lo largo de la vida.

Las dificultades que los niños encuentran en la escuela puede deberse a copiosas causas. Un niño puede padecer una discapacidad física o sufrir una disfunción y/o lesión encefálica, trastornos emocionales, un “nivel intelectual limitado” o no poseer aptitudes escolares debido a deficiencias pedagógicas o aprendizajes preescolares inadecuados, entre otras posibles razones.

Ciertamente, algunas instituciones escolares están preparadas para detectar y atender muchos de las causas antes mencionadas, pero la mayoría no cuentan con los recursos necesarios para hacerlo; aunque muchas de las escuelas, tanto en Venezuela como en otras partes del mundo, no están preparadas para promover el mejor desarrollo posible de los niños con dificultades de aprendizaje, en las últimas décadas los neuropsicólogos se han dedicado al desarrollo de diversos instrumentos de evaluación y programas de intervención a partir de los cuales en presencia de un niño con trastornos de aprendizaje sea posible determinar las causas del mismo y dar orientaciones precisas para su intervención (Kolb y Whishaw 2006; Monedero, 1989).

Hammill, Leigh, McNutt y Larsen (citados en Carboni-Román, del Río Grande, Capilla, Maestú y Ortiz, 2006) mencionaron que a pesar de la multiplicidad de etiquetas empleadas en el cuerpo teórico para referirse a las dificultades de aprendizaje (DA), estas se pueden definir como:

Un término general que se refiere a un grupo heterogéneo de trastornos que se manifiestan por dificultades significativas en la adquisición y uso de la escucha, habla, lectura, escritura, razonamiento o habilidades matemáticas. Estos trastornos son intrínsecos al individuo, se suponen debidos a la disfunción del sistema nervioso central y pueden ocurrir a lo largo del ciclo vital. A pesar de que las dificultades del aprendizaje pueden coexistir con otras condiciones incapacitantes (deficiencia sensorial, retraso mental, trastornos sociales y emocionales) o influencias ambientales (diferencias culturales, instrucción inapropiada o insuficiente, factores psicogénicos), no son el resultado directo de estas condiciones o influencias (p. 171).

La categoría diagnóstica de DA solo debe establecerse en personas que poseen un nivel intelectual cuando menos promedio, tienen oportunidades para aprender, cuentan con suficiente instrucción formal y

viven en un entorno familiar no patológico y, sin embargo, no logran adquirir ciertos conocimientos académicos (Kolb y Whishaw, 2006).

Así mismo, Pérez-Vallejo (2010) definió este trastorno como un impedimento, psicológico o neurológico para el lenguaje oral o escrito, así como para los aprendizajes perceptivos, cognitivos o motrices. En términos volitivos, la persona con DA a pesar de querer y esforzarse para lograr una cierta competencia escolar no puede hacerlo (Monedero, 1989).

De forma más específica, en el Manual Estadístico de Desórdenes Mentales en su cuarta edición, DSM-IV (APA, 1994) se mencionan las características que debe poseer un sujeto con DA:

1. El rendimiento del individuo en lectura, cálculo o expresión escrita es sustancialmente inferior al esperado por edad, escolarización o nivel de inteligencia.
2. Los problemas de aprendizaje interfieren significativamente el rendimiento académico o las actividades de la vida cotidiana que requieren lectura, cálculo o escritura.
3. Si existe un déficit sensorial, la dificultad en el aprendizaje debe ser mayor a las asociadas habitualmente al déficit en cuestión.

El diagnóstico de DA puede ser comórbido con otros cuadros diagnósticos; razón por la cual, es necesario realizar un buen proceso de despistaje clínico y el establecimiento de diagnósticos diferenciales; Monedero (1989) propone diversos indicadores que faciliten tal labor:

1. Retardo mental: es conocido que los niños con retardo mental se diferencian de los niños con DA en tanto que los primeros poseen un perfil plano presentando puntuaciones por debajo de las dos desviaciones estándar de la media en las pruebas de inteligencia, tales como La Escala Wechsler de Inteligencia para Niños (WISC), mientras que los segundos obtienen un perfil heterogéneo en las mismas pruebas.

2. Deficiencias biológicas: para diagnosticar una DA, se deben diferenciar de aquellos niños que poseen dificultades sensoriales, como visuales o auditivas y problemas motrices que puedan explicar las deficiencias en el ámbito escolar.
3. Trastornos emocionales: se deben descartar del espectro de DA a los niños que posean desequilibrios emocionales que puedan afectar el desenvolvimiento académico, pues es una condición etimológicamente diferente; ya que estos a pesar de poseer una dotación intelectual cuando menos promedio, sin ninguna alteración neurológica o física y siguiendo un escolaridad adecuada, presentan pobres rendimientos.
4. Aprendizaje preescolar inadecuado: el aprendizaje escolar depende en muchos factores de lo aprendido en la etapa preescolar, en especial las áreas de lenguaje y las habilidades visuoespaciales. Un proceso de aprendizaje inadecuado en estos estadios iniciales de la formación académica formal de los niños podría repercutir negativamente en su rendimiento en niveles posteriores.
5. Deficiencias pedagógicas: se ha encontrado que la falla en las estrategias de enseñanza, erróneos programas educativos, y una relación conflictiva entre el alumno y el maestro puede influenciar negativamente en el proceso de enseñanza y aprendizaje.

Sintetizando lo ya mencionado, Vásquez (1994) señaló que en el proceso de enseñanza y de aprendizaje existen cuatro factores fundamentales: el docente, el educando, el currículum (en sentido amplio) y los recursos para el aprendizaje, los cuales son imprescindibles a la hora de evaluar una posible dificultad en este proceso.

Morrison (2015) señaló que es un complejo definir la variante matemática de los trastornos del aprendizaje y que inclusive podría ser “parte de una discapacidad mayor del aprendizaje no verbal, o un problema para establecer una conexión entre el sentido de los números y su representación” (p. 51); haciendo referencia al recién aprobado DSM-V plantea que el mismo

establece que dentro de la dificultad para las matemáticas habría que especificar cuál aspecto es el que estaría afectado así como la intensidad: leve, moderada o grave.

Campagnaro (1994), señaló que existen múltiples causas y factores que contribuyen al diagnóstico de las dificultades de aprendizaje, factores biológicos como: la herencia, daños cerebrales, irregularidades bioquímicas y problemas alimenticios, así como también factores externos o ambientales como: subestimulación en el entorno, fallas del sistema educativo o estrategias de enseñanza inadecuadas.

Las dificultades del aprendizaje se reconocen como una problemática principalmente en la población infantil en edad escolar, porque es precisamente en esta edad en que se necesitan de funciones cognitivas sólidas para aprender y comprender las tareas de lectura, escritura y matemática, que se ven enlentecidas o entorpecidas cuando los procesos cognitivos implicados en el aprendizaje están limitados, presentándose estas alteraciones entre el 10% y el 15% de esta población (Kolb y Whishaw, 2006); es por esto que en la presente investigación se seleccionaron niños de tercer grado de educación primaria debido a que se requiere de tres años de escolaridad formal para empezar a hacer un diagnóstico de dificultades del aprendizaje en el área aritmética, lo que haría más evidente el bajo y alto rendimiento en aritmética, discriminando de una discalculia del desarrollo.

Las investigaciones concernientes a estas dificultades son de reciente data, se inician aproximadamente en el siglo XIX y se extienden hasta la actualidad, dividiéndose en cuatro fases (Campagnaro, 1994):

1. Etapa de fundación (1800-1930): durante la primera etapa se comenzaron a realizar investigaciones sobre el cerebro y la conducta atípica, principalmente de adultos debido a traumatismos o enfermedades.

2. Etapa de transición (1930-1960): en esta etapa se realizaron estudios cerebrales centrados en la población infantil. Según Lerner (citado en Campagnaro, 1994), en esta se hipotetizó acerca de la causa del daño cerebral, y que el mismo podría generarse antes, durante o después del nacimiento del niño, encontrando trastornos perceptuales, perseveraciones, trastornos conductuales y conceptuales.
3. Etapa de integración (1960-1980): la misma se ve reconocida por el inicio de la expansión de programas educativos, afianzando la investigación en el área, integrando (entre otras) las siguientes recomendaciones: (a) estructurar el horario del niño, y (b) aumentar los estímulos en los materiales.
4. Etapa contemporánea (1980-presente): en esta última etapa, la cual está aún vigente, existe un auge en la investigación del fenómeno de las DA, intentando ampliar los programas de intervención a niños tanto de preescolar como de bachillerato, buscando planes de integración para las escuelas a través de la intervención psicoeducativa, e implementando herramientas y nuevas tecnologías para aumentar la probabilidad de adaptación de estos niños y jóvenes.

Entre las teorías que intentan explicar las dificultades de aprendizaje, Campagnaro (1994) resaltó los modelos: (a) médico-neurológico (énfasis en las estructuras cerebrales y su funcionamiento, los cuales intentaban explicar las dificultades de aprendizaje, tomando en consideración causas orgánicas, accidentes o traumatismos); (b) de procesos psicológicos (los cuales se centran en el desarrollo motor y perceptivo, conceptos claves para el desarrollo de habilidades cognitivas); y (c) conductuales (estímulos ambientales como causas del problema de aprendizaje del niño).

Además, se encuentran modelos de lenguaje y los modelos cognitivos, cada una de los cuales poseen formas propias de intervención y buscan aumentar el conocimiento dentro del campo investigativo de dichas dificultades. Aunque estas teorías competen a las dificultades en el

aprendizaje entendido como trastorno, permiten hipotetizar respecto a otros tipos de problemáticas relacionadas al aprendizaje escolar. A continuación se explicaron brevemente las teorías explicativas de mayor relevancia.

La teoría de Marianne Frostig plantea que el aprendizaje se desarrolla a través de las capacidades visoperceptivas, pero si este proceso psicológico se ve truncado en su progreso, el resto de las capacidades cognitivas se verán mermadas, obteniendo un bajo desempeño en el rendimiento escolar (Campagnaro, 1994; Frostig, 1972).

La teoría de Kephart (citado en Campagnaro, 1994), está basada en conceptos de la psicología evolutiva, y explica que el desarrollo de las funciones cognitivas viene precedido por el desarrollo de habilidades motoras y perceptivas. Según este autor (Kephart, citado en Campagnaro, 1994), los niños comienzan adquiriendo habilidad motora, para luego pasar a funciones cognitivas y perceptuales, y que si esta no se desarrolla y no se poseen ciertas experiencias adquiridas a través de la motricidad, el niño no podrá categorizar y organizar la información de manera adecuada y no se desempeñará de la forma esperada en su ambiente.

Kerphart (citado en Campagnaro, 1994), describe tres tipos de aprendizaje; el que requiere de un solo sistema neurosensorial, llamado intraneurosensorial; el que requiere de dos de estos sistemas denominados interneurosensoriales, donde un tipo de información es convertida en otra dentro del cerebro, y el que requiere de todos los sistemas funcionales acoplados como unidad, denominado integrativo, el cual, como su nombre lo indica, integra los diferentes sistemas para que funcionen de forma acoplada. Dependiendo del grado de inadecuación de los sistemas, y su funcionamiento, será de mayor o menor grado la dificultad en el aprendizaje del niño.

Entre las teorías lingüísticas se encuentra la de Myklebust, la cual expone que el lenguaje y su adecuación dependen del funcionamiento del

sistema nervioso central (Johnson y Myklebust, citado en Campagnaro, 1994), encontrando que la integridad de este sistema permite el correcto funcionamiento comprensivo (lectura) y expresivo del lenguaje (escritura u oral).

Este mismo autor clasifica los trastornos del aprendizaje según los procesos psicológicos involucrados: (a) trastorno perceptual: incapacidad para organizar, identificar y discriminar estímulos; (b) trastorno de la imaginación: incapacidad para evocar experiencias comunes; (c) trastorno de los procesos de simbolización: incapacidad para representar la experiencia; y (d) trastorno de la conceptualización: incapacidad para generalizar y catalogar la experiencia, así como para conectar ideas de forma lógica.

En el DSM-IV (APA, 1994), mencionado anteriormente, se muestra que existen diferentes tipologías de DA, entre las que se cuentan las dificultades en el aprendizaje de lectura, escritura y matemática. Cada una de estas dificultades específicas del aprendizaje posee características particulares e implican procesos psicológicos diferentes. De la misma forma en que el DSM-IV diferencia subtipos de dificultades de aprendizaje, Myklebust (citado en Campagnaro, 1994), también presenta cuatro grupos de dificultades de aprendizaje, entre las que se cuentan el trastorno de lenguaje auditivo, trastorno de lectura, escritura y aritmética o matemática.

A pesar de que las distintas dificultades de aprendizaje que afectan a los niños en edad escolar son relevantes en igual medida, por los objetivos propios de esta investigación se focalizó en aquellas que se circunscriben al eje aritmético.

Dobato (2007) propuso que un defecto en la capacidad de cálculo interfiere en el funcionamiento de manera importante en los ámbitos de quehacer cotidianos, especialmente si el sujeto que presenta tal condición se encuentra en los escalafones iniciales de la educación formal.

Considerando los problemas en el aprendizaje de la aritmética en el polo de mayor severidad, desde el punto de vista neuropsicológico, se encuentra la discalculia, la cual no es un disgusto por la matemática; este trastorno del aprendizaje específico, en palabras de Otálora-Sevilla (2002), es un “conjunto de perturbaciones y dificultades que se presentan en los niños al iniciar o en el transcurso del aprendizaje de las habilidades matemáticas” (p. 1). De manera que para esta autora, aquellos niños que presentan desmotivación ante el estudio de esta área académica no son realmente niños con discalculia, sino, plausiblemente, niños que padecen algún trastorno del eje afectivo, social o intelectual.

Así mismo, Neira-Guaman y Palacios-Toapanta (2011) definieron la discalculia como la inhabilidad o incapacidad que se posee para realizar cálculos aritméticos; sin embargo, una dificultad en el aprendizaje, en cualquiera de las áreas en que se presente, origina un rendimiento bajo en el dominio comprometido, esto sin afectar el resto de las áreas o funciones cognitivas. Es así como niños que presentan dificultades de aprendizaje matemático pueden leer y escribir bien, prestar atención, percibir y memorizar de forma adecuada (Otálora-Sevilla, 2002).

Castro-Márquez, Álvarez-Barreras, Rivera-Suárez, y Echemendía-Tourt (2013), explicaron que este cuadro diagnóstico aparece cuando las capacidades aritméticas se encuentran disminuidas respecto a lo esperado según la edad evolutiva y escolar. Rosselli y Matute (2011) establecieron que este diagnóstico se distribuye de igual forma entre la población masculina y femenina, pudiendo provocar desinterés por el estudio, inadaptación personal o sentimiento de inseguridad.

Ardila, Rosselli y Matute (2005) han encontrado algunas alteraciones comunes en los niños con dificultades de aprendizaje matemático de carácter: visoespacial, en la memoria procedimental, de juicio, grafomotor y perseveraciones, entre otros; así mismo, Myklebust (citado en Campagnaro,

1994), señaló los siguientes aspectos comunes en sujetos con alteraciones en las habilidades aritméticas:

1. Falta de organización viso-espacial y de integración verbal.
2. Buena capacidad auditiva.
3. Buena lectura.
4. Distorsión de la imagen corporal.
5. Fallas en la integración viso-motora.
6. Desorientación espacial.
7. Falta de madurez social.
8. Mayores puntuaciones en actividades verbales que en actividades no verbales en pruebas estandarizadas.

Otálora-Sevilla (2002) plantean que la discalculia depende de afecciones del sistema nervioso y se presenta en procesos de “cálculo, la adquisición de conceptos numéricos y aritméticos y el procesamiento numérico” (p. 1). Esta afección en el sistema nervioso puede ser dada de forma evolutiva (las debilidades en el desarrollo de las funciones cognitivas en el área matemática presentes en el niño desde edad temprana), y también pueden deberse a accidentes o enfermedades que truncan el desarrollo matemático del niño. De manera que, cuando un niño en aula presenta dificultades en estos procesos es primordial identificar si posee un trastorno específico de aprendizaje en matemática o de discalculia, o si presenta un caso discalculia del desarrollo o un bajo rendimiento que estaría, dentro del continuo anteriormente señalado en el polo de menor severidad.

Ante esto, Otálora-Sevilla (2002), realizó una investigación para observar si en dos casos de discalculia con causas distintas, un caso con discalculia de desarrollo y otro con dificultad matemática adquirida, producto de una enfermedad del sistema nervioso, se presentaban diferencias en los procesos léxicos y sintácticos involucrados en la transcodificación numérica (traducir de un sistema de símbolos a otro, por ejemplo, enunciar verbalmente un número).

En la investigación de Otálora-Sevilla (2002) se presentaron distintos números arábigos y ambos niños debían nombrar verbalmente dichos números, para posteriormente, realizar un análisis tanto cuantitativo como cualitativo de los aciertos, errores léxicos y errores sintácticos ocurridos. Para el primer caso, el niño poseía discalculia del desarrollo, presentando dificultades para la matemática desde temprana edad; este sujeto presentó un 69.6% de errores sintácticos, y un 2.2% de errores léxicos, obtuvo la mayor cantidad de errores en los rangos de números mayores al 100. Dichos errores fueron, principalmente el aumento del orden de la unidad (decir 1004 en lugar de 104), cambio del orden de los numerales (decir 107 en lugar de 17), fragmentación (decir “cuarentamil uno cincuenta y tres” en lugar de 40153) e intercambiar el seis por el nueve.

Para el segundo caso, el sujeto poseía la dificultad adquirida, producto de una enfermedad cerebral, cuyo desempeño mostró un 32% de errores sintácticos y 0% de errores léxicos, los cuales mostraron esencialmente errores de aumento en el orden de la cantidad, cambios de orden, y repeticiones de “mil” (cuarenta mil seiscientos veinte mil), principalmente cuando el rango de números supera los 10.000.

Otálora-Sevilla (2002) concluyó, con esta investigación, que aunque ambos sujetos poseen el mismo diagnóstico de dificultad específica de aprendizaje de las matemáticas o discalculia, uno adquirido y otro de desarrollo, presentan distintas causas y, por ende, distintos desempeños en las tareas. Es relevante la información obtenida en este artículo, ya que muestra que en primer lugar los problemas en el procesamiento matemático puede ser consecuencia de múltiples factores y se pueden evidenciar en distintos grados, alterando diversas dimensiones del proceso matemático; y en segundo lugar, permite demostrar que aún con el mismo cuadro clínico, se presentan distintas dificultades en la respuesta al problema matemático, por lo cual se podría decir que existen diferencias en los procesos o subdominios aritméticos involucrados para cada individuo.

Por otro lado, ante la falta de evidencia de alteraciones claras del sistema nervioso, por las razones antes expuestas, durante el proceso del aprendizaje de la aritmética, y el desarrollo de competencias matemáticas, se pueden presentar dificultades, entre las que se cuentan diferentes tipos de discalculia, acalculia, alexia, agrafia numérica, acalculia espacial y anaritmia, lo cual impide un rendimiento escolar adecuado (Ardila y Rosselli, 2007). Observándose niños con bajo rendimiento en aquellos subdominios asociados a la aritmética, en quienes se centró la presente investigación.

Es así, como Jiménez (2000) definió el rendimiento escolar como el nivel de conocimientos demostrado en un área académica específica comparado con la norma de edad y nivel académico; y esto, extrapolado al bajo rendimiento, puede entenderse como un nivel de conocimientos por debajo de lo esperado para la edad y nivel educativo. Este bajo nivel de competencia escolar, no necesariamente debe representar un retraso general en todos los ámbitos en los que el niño se desenvuelve, pudiendo mostrarse como un lento desarrollo dentro del área en cuestión, en este caso, el de la matemática, lo que puede reflejarse en calificaciones bajas pero no tan comprometidas como lo estaría un niño con discalculia.

Rosselli, Matute, Pinto y Ardila (2006) utilizaron el término discalculia para “incluir a los niños con dificultades matemáticas cuyos resultados en las pruebas numéricas se encuentran en el percentil 35 o por debajo de éste, pero no más de dos desviaciones estándar por debajo del promedio” (p. 125). Sin embargo, un resultado que sobrepase las dos desviaciones a la media puede ser representativo de trastornos o disfunciones de mayor gravedad que va más allá de una discalculia del desarrollo y que tiene una prevalencia del 2 al 10% (Roselli y Ardila, 2011), siendo una muestra de difícil acceso.

Considerando el criterio de Rosselli, Matute, Pinto y Ardila (2006), en este estudio se prosiguió a denominar “niños de bajo rendimiento” como aquellos que se ubicaron en el 10% inferior de la distribución de las puntuaciones poblacionales en la prueba de tercer grado de matemática de

Psicología Escolar (UCAB, 2003), mientras que los “niños de alto rendimiento” fueron seleccionados por ubicarse en el 10% superior de la distribución, lo que permitió precisar la selección de la muestra para proseguir con la evaluación neuropsicológica a fin de establecer el perfil aritmético a nivel conductual y obtener los registros electrofisiológicos de los niños seleccionados, esto según lo estipulado por J. Guerra (comunicación personal, Octubre 16, 2014).

Esta decisión se fundamentó en la aseveración de que seleccionar los puntos más equidistantes de la distribución de los niños evaluados facilitaría la obtención de aquellas características propias del grupo al que pertenecen los niños, es decir, se maximizaría la varianza experimental, según lo propuesto por J. Guerra (comunicación personal, Octubre 16, 2014).

Según Ruiz-Lázaro, Nicolau-Palou y García-Giral (2010), plantean que existen conductas identificables en niños con bajo rendimiento en la aritmética que involucran aspectos, tales como: (a) lentitud en la ejecución; (b) dificultad para abstraer (les cuesta comprender el concepto de número); (c) dificultad para seguir secuencias (contar y seguir pasos); (d) problemas de memoria; y (e) imitación, copia y memorización en lugar de comprensión.

Siguiendo esta línea, y buscando encontrar patrones diferenciales entre los niños de bajo y alto rendimiento Calero, Carles, Mata y Navarro (2010), realizaron una investigación cuyo objetivo era establecer diferencias entre los perfiles cognitivos, conductuales y de estrategias metacognitivas en un grupo de 47 niños preescolares con bajo y alto rendimiento, esto medido a través de las pruebas de Test breve de inteligencia de Kaufman (KBIT) de Kaufman y Kaufman (1994), la Evaluación de Habilidades y Potencial de Aprendizaje en Preescolares (EHPAP) de Calero, Robles, Márquez y de la Osa (2009) y un cuestionario de metacognición construido para esta investigación. Cognitivamente se encontraron diferencias significativas entre los grupos en las tareas de planificación verbal y memoria visual, obteniendo mejores resultados el grupo de alto rendimiento, mientras en las tareas de

clasificación, seriación, memoria auditiva, y toma de perspectiva no se encontraron diferencias significativas entre los grupos, lo cual fue un elemento más de juicio para sustentar que por la multidimensionalidad de la Aritmética podrían existir subdominios intactos en niños con bajo rendimiento en la aritmética en la presente investigación.

En la misma investigación, Calero et al (2010), encontraron que conductualmente los niños con alto rendimiento, presentaban mayores niveles de autorregulación, persistencia en la tarea, y flexibilidad, mientras que no se encontraron diferencias en tolerancia a la frustración, motivación e interactividad; referente a la metacognición, los autores encontraron que los niños de alto rendimiento presentaban mayores niveles de planificación y evaluación que los niños con bajo rendimiento. Otro aporte de esta investigación para el presente estudio fueron las similitudes entre los procedimientos y resultados antes mencionados que sobre conductas detectables, permiten inferir problemas en el desarrollo del aprendizaje, lo que puede ser un elemento más de juicio para el diagnóstico.

Refiriéndose a esto último, Rebollo y Rodríguez (2006) propusieron que el diagnóstico de los problemas en el aprendizaje se puede dar de tres maneras, de forma sindrómica, topográfica y etiológica. El diagnóstico sindrómico consiste en un estudio de las habilidades y dificultades que posee el niño, explora su capacidad cognitiva, y todos los procesos psicológicos involucrados en la formación del conocimiento matemático: “cómo construye su conocimiento, qué posibilidades tiene de acceso a los mismos, cómo conceptualiza, qué forma de representación utiliza” (p. 136).

El diagnóstico etiológico explicaría como el DA en matemática puede devenir de una causa genética, una vez descartadas lesiones cerebrales que puedan explicar dicho trastorno. Por último, el diagnóstico topográfico utiliza conocimientos neurobiológicos, así como la ubicación de los conceptos de número, habilidades aritméticas en distintas zonas cerebrales involucradas (Rebollo y Rodríguez, 2006).

Según estas autoras, el diagnóstico topográfico ha permitido establecer correlaciones entre procesos psicológicos y distintas zonas encefálicas, así como la relación de los hemisferios cerebrales con las diferentes dificultades en el aprendizaje. De manera que se insertan en el campo de la Neuropsicología y las Neurociencias Cognitivas, lo que fue central en la presente investigación.

Siendo las habilidades matemáticas y/o aritméticas un proceso cognitivo que se presenta en niveles de eficacia muy heterogéneos en la población de habla hispana y en el resto del mundo, esto dificulta en gran medida el establecimiento de perfiles neuropsicológicos o establecer baremos normativos en los instrumentos de evaluación neuropsicológica (Dobato, 2007). Ante esto, Rebollo y Rodríguez (2006) explicaron las diferentes dificultades para el diagnóstico de estas alteraciones en Uruguay, ya que en dicho país no existen pruebas estandarizadas que permitan un diagnóstico más preciso de las diferentes habilidades matemáticas involucradas en las mismas más allá del diagnóstico sindromático.

En Venezuela ocurre una situación similar, de manera que ahí surge el planteamiento de utilizar pruebas neuropsicológicas estandarizadas, como lo es la ENI diseñada por Matute et al. (2007), que se describió posteriormente, y que permite discriminar entre las diferentes subdimensiones de la Aritmética a nivel conductual, a fin de encontrar el perfil tanto en los niños de bajo como de alto rendimiento en las matemáticas, complementando la evaluación con sus correlatos electrofisiológicos a través de los potenciales relacionados a eventos cognitivos, los cuales, según Rebollo y Rodríguez (2006), son escasos los estudios realizados al respecto.

En los apartados siguientes se describieron tanto la evaluación neuropsicológica en la cual se enmarca la ENI como los ERP utilizados para la evaluación de los niños de bajo y alto rendimiento en Aritmética, ya que el propósito de la presente investigación fue dar no sólo un aporte al diagnóstico diferencial, sino al diseño de planes de intervención centrados en las

características de las redes neurológicas implicadas en el procesamiento cognitivo de los niños, para el desarrollo de las habilidades aritméticas.

Evaluación neuropsicológica de las habilidades Matemáticas y/o Aritméticas

La evaluación neuropsicológica es un proceso mediante el cual se administra a un sujeto o grupo una batería de pruebas con la finalidad de evaluar diferentes funciones cognitivas a través de la comparación ipsativa y normativa del desempeño y/o resultado obtenidos; en virtud de construir una visión que variará en su profundidad según los objetivos intrínsecos del proceso de evaluación de la integralidad neurofuncional del individuo o grupo de interés. Además, para obtener una apreciación holística del nivel de funcionamiento es necesario considerar los componentes: psicológicos, biológicos, socioculturales y etnográficos que imperan en la esferas de desarrollo del evaluado o evaluados (Ardila y Rosselli, 2007; Kolb y Whishaw, 2006; Matute et al., 2007; Papalia et al., 2010).

Jayaro (2009) señaló que en la evaluación neuropsicológica hay diversos enfoques: (a) el despistaje neurocognitivo que radica en una aproximación rápida y global del funcionamiento cognitivo a través de la exploración de un amplio rango de funciones; (b) las evaluaciones globales que buscan la exploración a profundidad de diversas funciones cognitivas mediante la implementación de baterías complejas que por medio del uso de diferentes tareas posibilitan valorar el nivel de funcionamiento cognitivo del paciente; y (c) las evaluaciones funcionales que miden con mayor detalle uno o varios subcomponentes de una función cognitiva en particular.

Los orígenes de este paradigma de evaluación sobre la dinámica neurofuncional es posible rastrearlos hasta los mediados del siglo XX, donde Alexander Romanovich Luria (citado en Coelho, Fernandes, Ribeiro y Perea-

Bartolomé, 2006) fue pionero en la elaboración de la teoría de localización de las funciones psicológicas superiores del hombre, que denominó teoría de la localización sistémico-dinámica y, en ella se esbozó la hipótesis que el encéfalo humano es posible dividirlo en tres unidades funcionales. La primera unidad, compuesta por el tronco cerebral y el sistema límbico, desempeñan un papel importante en el control del tono muscular, los ciclos de sueño-vigilia y los mecanismos de *arousal*. Básicamente, esta unidad regula el buen funcionamiento de los sistemas biológicos autónomos, endocrinos e inmunológicos que promueven la adaptación y supervivencia de la especie, como también de la regulación de emociones y procesos cognitivos básicos.

La segunda unidad funcional se encuentra constituida por los lóbulos occipitales, parietales y temporales, que se encargan de la obtención, procesamiento y almacenamiento de la información proveniente del mundo exterior. Esta unidad se encuentra implicada en mayor medida en los procesos sensoriales, donde la información recabada a través de los órganos sensoriales es integrada en niveles de significado de complejidad creciente. Las áreas primarias fundamentalmente se encargan del registro de los estímulos sensoriales, en las secundarias se lleva a cabo la integración de la información, transformándola en una percepción, y las terciarias permiten la integración de la información de los sistemas multisensorial.

La tercera unidad desde el punto de vista anatómico se encuentra relacionada con los lóbulos frontales, cumpliendo la función de mantener el control ejecutivo de los procesos intelectuales simples y complejos del encéfalo humano, mediante el establecimiento de copiosas interconexiones con diversas partes cerebrales.

Así pues, según la teoría de la localización sistémico-dinámica cada forma de actividad consciente es siempre un sistema funcional complejo y es sólo a través del trabajo integrado de todas la unidades funcionales que es posible la existencia de procesos cognitivos superiores como: pensar, hablar, mantener una conducta organizada, tomar decisiones, mantener niveles de

actividad cerebral adecuado, entre otros (Coelho, Fernandes, Ribeiro y Perea-Bartolomé, 2006).

El gran poder explicativo y consistencia interna de la teoría de Localización sistémico-dinámica de Luria sigue vigente en el siglo XXI; de ello se deriva el hecho que Stuss y Benson (citados en Bausela-Herreras, 2006) propusieron el modelo neuroanatómico-conductual, que enfatiza el papel de los lóbulos frontales en el control de todas las funciones cerebrales, y tres principios que subyacen a todo proceso de evaluación de tales zonas cerebrales, a sabiendas: (a) el primer principio propone que las funciones psicológicas y los correlatos cerebro-conductuales sólo pueden entenderse plenamente en términos de una organización interactiva encefálica; (b) el segundo principio radica en que las funciones cerebrales no están estrictamente localizadas, sino sus capacidades pueden entenderse como sistemas funcionales complejos, con diferentes zonas corticales y subcorticales implicadas en ellos; y (c) el último principio asevera que se puede entender el cerebro como una unidad integrada y, al mismo tiempo, separar conceptualmente las regiones corticales frontales y no frontales (Bausela-Herreras, 2006).

Resultó meritorio señalar que la teoría de A.R. Luria no sólo es uno de los modelos más aceptados y verificados empíricamente, sino también el fundamento teórico de copiosas baterías de evaluación neuropsicológica y referente paradigmático del estudio en las funciones neurocognitivas tanto en adultos como infantes de muy diversos contextos psicosociales (Christensen, 2009).

Con respecto a este punto Bausela-Herrera (2008) señaló que en los procesos de evaluación neuropsicológica infantil, existe actualmente un enfoque mixto en la aproximación al objeto de estudio, esto se deriva del hecho de la implementación conjunta de métodos cualitativos y cuantitativos. Sin embargo, se consideran los siguientes aspectos fundamentales en todo proceso de exploración neuropsicológica en niños en edad escolar: la historia

clínica o anamnesis, la observación de la conducta manifiesta y la aplicación de baterías de pruebas; y al ser la exploración fundamentada en los principios desarrollados por Luria o de comprobación clínica, todo el sistema de evaluación se ve orientado a los procesos y el establecimiento de perfiles neuropsicológicos de los evaluados, tomando en consideración así una amplia gama de aptitudes cognitivas y no cognitivas, con el objetivo de maximizar la efectividad de las intervenciones propuestas para un paciente o grupo y la detección del compromiso del sistema nervioso si es que existiera tal condición (Bausela-Herrera, 2008).

En las décadas recientes se han desarrollado copiosas baterías neuropsicológicas derivadas del test Luria-Christensen, que fue uno de los primeros métodos de evaluación dirigidos especialmente a la población infantil, tales como: la Batería Halstead-Reitan para Niños Mayores y la batería de Reitan-Indiana, la Batería Luria-Nebraska de niños, la cual ha permitido discriminar niños que poseen trastorno de dificultad de aprendizaje de niños sin dicho diagnóstico, obteniendo diferencias significativas en las escalas de lectura, escritura y lenguaje expresivo, así como obtener información acerca de las funciones y estructuras involucradas en el procesamiento cognitivo de niños en edad preescolar y escolar (Bausela-Herrera, 2008).

Sumándose a los instrumentos anteriormente mencionados Bausela-Herrera (2006; 2008) hace referencia a las baterías de Luria-Inicial y la batería de diagnóstico neuropsicológico infantil (Luria-DNI), las cuales evalúan funciones motoras y sensoriales, lenguaje hablado, lenguaje escrito, aritmética y memoria, habilidades y funciones cognitivas que permiten el desarrollo integral del individuo en los estadios iniciales. Otra prueba utilizada para la medición de logros académicos es la prueba de Woodcock-Muñoz, la cual está basada en la teoría de Horn y Cattell, y contiene ítems de lectura, lenguaje oral, matemáticas, lenguaje escrito y conocimientos académicos (Shrank, McGrew, Ruef, Alvarado, Muñoz-Sandoval y Woodcock, 2005).

Aunque hasta este punto sólo se han esbozado aspectos caracterológicos de diversas baterías de evaluación neuropsicológica, sólo es necesario un pequeño arqueo de la vasta base teórica, que fundamenta todo proceso de estudio de los constructos propios de la Neurociencias Cognitivas para dilucidar la existencia de un sinfín de instrumentos de medición, pero uno de los instrumentos más utilizados y completos para el estudio de las funciones neurocognitivas en la población infantil hispanohablante, como se señaló anteriormente, es la Evaluación Neuropsicológica Infantil (ENI), debido a que toma en consideración el efecto de la edad en el desarrollo de las funciones cognitivas, lo que ha permitido detectar el patrón de funcionamiento de procesos como: la atención, la memoria, el lenguaje, la aritmética, entre otros y, más tardíamente su influjo en las funciones ejecutivas; igualmente, permite indagar con respecto al efecto del nivel educativo de las figuras parentales como del género de los niños, los cuales son factores que pueden influir en el aprendizaje y en el desarrollo de habilidades cognitivas como la aritmética.

Al sopesar con respecto a los beneficios de este test resultó propicia su implementación en esta investigación, ya que permitió observar y evaluar el desenvolvimiento de los niños con bajo y alto rendimiento en aritmética durante la misma; por consiguiente, se prosiguió a describir a continuación el instrumento en cuestión (Ardila y Ostrosky, 2012; Matute, Inozemtseva, González-Reyes y Chamorro, 2014; M. Moreno de Ibarra, comunicación personal, Noviembre 10, 2014).

La Evaluación Neuropsicológica Infantil, en sus siglas ENI, fue desarrollada en el año 2007 por Matute, Rosselli, Ardila y Ostrosky-Solís en respuesta a la inexistencia de instrumentos de evaluación neuropsicológica para niños hispanoparlantes y, a través del trabajo conjunto de los ya mencionados autores, se desarrolló este test que fue concebido para el uso en ámbitos clínicos, escolares, para fines investigativos y la atención de niños,

mediante la emisión de un diagnóstico clínico y/o el diseño de programas de atención primarios, secundarios o terciarios.

Específicamente, la ENI radica en una amplia batería de pruebas donde se toman en consideración múltiples procesos cognoscitivos, tales como: habilidades constructivas, habilidades gráficas, memoria a corto plazo y diferida en su modalidad verbal y no verbal, habilidades perceptuales (visuales, auditivas y táctiles), lenguaje que incluye la expresión, comprensión y repetición, habilidades metalingüísticas, habilidades espaciales, atención (visual y auditiva), habilidades conceptuales, y funciones ejecutivas que son propios de una evaluación neuropsicológica estándar. Se incluyen además, 3 áreas académicas: lectura, escritura y aritmética; así como el examen de los signos neurológicos blandos, de la lateralidad manual y dos formatos para recopilación de la historia del desarrollo y de aprendizaje: el Cuestionario para Padres y la Historia Clínica.

La integración de la información sobre el funcionamiento cognitivo, historia del desarrollo y manifestación de signos neurológicos blandos, provee la posibilidad de emitir un diagnóstico clínico acertado, o bien, caracterizar a los niños y adolescentes típicos y/o con alguna patología, intentando así obtener una evaluación holística de las funciones neurocognitivas del evaluado (Rosselli, Matute, Ardila, Botero, Tangarife, Echeverría et al., 2004).

El constructo teórico que fundamenta metateóricamente a la ENI según los planteamientos realizados por Matute et al. (2007) es la aseveración de la interdeterminación de los procesos conductuales y cognitivos del evaluado que, se asumen, reflejan el nivel de funcionamiento típico del sistema nervioso central (SNC). Consecuentemente, a través de la implementación de este instrumento se busca: (a) examinar la organización cerebral de las funciones neurocognitivas y sus correlatos conductuales y variaciones a partir del desarrollo evolutivo normativo o atípico; (b) indagar y conocer las características de las capacidades cognitivas básicas que manifiestan la integridad funcional del SNC; y (c) diagnosticar la presencia de alteraciones

neurocognitivas o comportamentales patognomónicas, que permitan inferir algún menoscabo en la integridad del SNC.

Con el objetivo de elaborar un instrumento pionero en la evaluación neuropsicológica infantil orientada a la población de niños en edad escolar hispanohablantes, los autores prosiguieron a estandarizar y normar el test mediante la evaluación de una muestra de 788 niños oriundos de Colombia (en Manizales) y México (en Guadalajara y Tijuana) con edades comprendidas entre los 5 a los 16 años, de escuelas públicas y privadas, sin antecedentes de problemas de desarrollo y/o enfermedades graves (Matute et al., 2007; Matute et al., 2014).

Este proceso de normalización se llevó a cabo mediante la aplicación del test en miras de evaluar los dominios y subdominios que subyacen a las tareas o medidas que componen la ENI; antes de puntualizar cuáles son los parámetros que se pretenden evaluar a través de la prueba, resulta necesario señalar que en el *argot* que impera en el mundo de los neurocientíficos “las áreas o dominios cognoscitivos” hacen referencia al compendio de una serie de habilidades neuropsicológicas derivadas del funcionamiento encefálico, que se agrupan de manera artificial para facilitar su estudio empírico (Ardila y Ostrosky, 2012).

Con respecto a los dominios que se pretenden evaluar a través de la ENI, diversos autores (Ardila y Ostrosky, 2012; Matute et al., 2007; Matute et al., 2014) explicaron que concretamente se estudian 13 áreas cognitivas diferentes, siendo estas: Habilidades Construccionales, Memoria (codificación), Habilidades Perceptuales, Memoria (evocación diferida), Lenguaje, Habilidades Metalingüísticas, Lectura, Escritura, Aritmética, Habilidades Espaciales, Atención, Habilidades Conceptuales y Funciones Ejecutivas (Anexo A).

En la Tabla 1 se especifican los subdominios y tareas o pruebas del dominio de la Aritmética, además de la tarea de Problemas Aritméticos que

está contenida tanto en el dominio ya mencionado como en el de Habilidades Conceptuales de la ENI, ya que la misma involucra ambos procesos, debido que para dar una respuesta a estos estímulos es necesario que el sujeto responsable relacione los datos y la incógnita, o que identifique automáticamente los datos con la conclusión, y por lo tanto establecer relaciones asociativas de alto nivel; de este hecho se deriva que Vila-Corts y Callejo de la Vega (2004) propongan que los problemas aritméticos sean una herramienta que involucre y promueva el *pensar matemáticamente*. Esto significa que la prueba de Problemas Aritméticos de la ENI involucra tanto el dominio de Aritmética como las Habilidades Conceptuales, pero al ser el primer proceso el de interés en la presente investigación se circunscribió el análisis de los datos obtenidos a la luz de los Procesos aritméticos.

Tabla 1.

Dominios, subdominios y tareas o medidas de la ENI utilizadas en la investigación.

Dominio	Subdominio	Prueba
Aritmética	Conteo	Conteo
	Manejo Numérico	Lectura de números Dictado de números Comparación de números escritos Ordenamiento de cantidades
	Cálculo	Serie directa Serie inversa Cálculo mental Cálculo escrito
Habilidades Conceptuales	Problemas aritméticos	Problemas aritméticos

Nota. Adaptada de “La Evaluación Neuropsicológica Infantil (ENI): Historia y fundamentos teóricos de su validación. Un acercamiento práctico a su uso y valor diagnóstico” por E. Matute, O. Inozemtseva, A.L. González-Reyes y Y. Chamorro, 2014, Revista Neuropsicología, Neuropsiquiatría y Neurociencias, 14 (1), 68-95.

Con respecto a los aspectos formales de la ENI, Silva (s/f) propone que se han desarrollado tres grandes estudios psicométricos de la confiabilidad y validez de esta prueba, siendo estos: mediante un test-retest, el establecimiento de la confiabilidad entre evaluadores y las asociaciones estadísticas de los dominios de la ENI con las escalas del WISC-R; estos estudios han sido llevados a cabo por los creadores originales de la ENI y diversos investigadores afines a las Neurociencias Cognitivas con el fin de cotejar la congruencia teórica y práctica del test con respecto a los constructos teóricos que se pretenden medir a través de esta prueba, las funciones neurocognitivas.

Silva (s/f) puntualiza que para el primer procedimiento, una evaluación longitudinal llevada a cabo mediante un test-retest, se aplicó la ENI a una muestra de 30 niños con un espacio de 9 meses entre aplicación y aplicación, en este proceso evaluativo se encontraron coeficientes de confiabilidad en los trece grandes dominios cognoscitivos que oscilaban entre moderados y altos ($-.33 < r < .84$); corolario, resulta factible la aseveración de que las mediciones son constantes en el tiempo y el test resulta confiable. Otras investigaciones han concluido la existencia de un nivel de confiabilidad inter-evaluador de carácter fluctuante entre 0.874 y 0.987, lo cual da indicio de la claridad de las instrucciones de calificación (Ardila y Ostrosky, 2012).

Finalmente, Rosselli-Cock, et al. (2004) realizaron un estudio normativo en 252 niños colombianos con edades comprendida entre los 5 a 16 años, donde hallaron que la edad es una variable significativa en el desempeño de la mayoría de los dominios evaluados por la ENI con excepción de algunas de las tareas de lectura: de palabras, no palabras y aciertos en oraciones; del dominio de aritmética: serie directa; del dominio de escritura: dictado de sílabas y de no-palabras (Ardila y Ostrosky, 2012). Sin embargo, este hecho es explicado debido al bajo nivel de complejidad de los reactivos que constituyen estas subpruebas, resultando plausible, que las competencias para dar respuesta a estos dominios sean adquiridos ante de los 5 años; razón por la cual un bajo desempeño en los dominios que agrupan las funciones cognitivas de cálculo, lenguaje oral y escrito a cualquier edad es un fuerte indicador de afecciones en los procesos neurofuncionales.

Rosselli-Cock et al. (2004) hallaron un patrón complejo de correlaciones entre pruebas de la ENI con subpruebas del WISC-R, por ejemplo, la prueba de fluidez verbal fonémica, razón por la cual se puede asumir ésta como un excelente predictor de la inteligencia general evaluada psicométricamente; otras subpruebas no se correlacionaron más allá de lo esperado por el azar; este hecho es indicativo de la presencia de similitudes y diferencias entre las habilidades evaluadas en la ENI y el WISC-R.

En conclusión, la ENI presenta como fortaleza la inclusión de tareas especialmente desarrolladas para niños hispanohablantes y que muestran sensibilidad a alteraciones en los procesos de aprendizaje, como son las tareas de: lectura, escritura, memoria, habilidades perceptuales y aritmética, contando con una amplia variedad de estímulos y reactivos; fungiendo como una herramienta útil para comprender el funcionamiento neuropsicológico de niños y jóvenes pero, actualmente es poco conocida debido, principalmente, a su reciente aparición.

Con respecto al uso clínico de la ENI, Silva (s/f) señaló que ha sido fundamental en los hallazgos de alteraciones cognoscitivas y comportamentales, condiciones no demostrables mediante un diagnóstico neurológico estándar, déficits específicos en la atención, memoria, lenguaje, percepción, habilidades visoespacial, y la detección de alteraciones cognoscitivas asociadas a trastornos del aprendizaje (entre ellas las dificultades en la aritmética), del desarrollo y retraso mental.

Siguiendo en la misma línea discursiva Matute et al. (2014) puntualizaron que se ha demostrado empíricamente la capacidad de la ENI en identificar el perfil neuropsicológico de niños hispanohablantes diagnosticados o no con: dislexia y alteraciones en las habilidades metalingüísticas, discalculia, trastorno por déficit de atención con hiperactividad (TDAH), síndrome de Turner, hiperplasia adrenal congénita y niños con exposición alcohólica fetal. Es por esto, que el diagnóstico diferencial a través del uso de la ENI, funge como el primer paso para la posterior implementación de programas de intervención e integración de estos niños a sus comunidades, debido a que al comprender cómo funciona su cerebro y cuáles son sus habilidades cognitivas y destrezas resulta posible promover la compensación de los procesos cognitivos afectados y, así aumentar la probabilidad de un adecuado desenvolvimiento, desarrollo y pronósticos para los evaluados en todos sus ámbitos de quehacer (Paterno y Eusebio, s/f).

A continuación con la intención de evidenciar la implementación de la ENI en la evaluación de poblaciones atípicas de niños hispanohablantes se expusieron dos estudios empíricos, donde se hacen manifiestas las diferencias en los perfiles neuropsicológicos de los evaluados.

En primer lugar, enfatizando en los dominios de Lenguaje, Habilidades Metalingüísticas y Lectura, Bolaños-García y Gómez-Betancourt (2009), procedieron a identificar las características de precisión, comprensión y velocidad lectora en niños con trastorno del aprendizaje (TA) de la lectura, mediante la implementación de la tarea de lectura de la ENI. Los hallazgos alcanzados por Bolaños-García y Gómez-Betancourt evidenciaron un patrón característico del trastorno, donde el desempeño de los evaluados fue bajo en precisión, en lectura de textos y velocidad de lectura.

Los errores que se dieron en mayor medida fueron la sustitución literal y derivacional, error en palabra funcional (conectivos, artículos), falla en el ritmo lector y (en menor frecuencia), omisiones, inversiones de letras o sílabas dentro de la palabra y problemas de acentuación (Figura 2). Por consiguiente, a través de la aplicación de la ENI resulta plausible aseverar que el TA de la lectura presenta un patrón manifiesto heterogéneo, lo que muestra que esta prueba contribuye, como ya se ha mencionado anteriormente, a la elaboración de perfiles neuropsicológicos diferenciales que favorecen la distinción de distintos cuadros y distintos subtipos de una misma categoría diagnóstica.

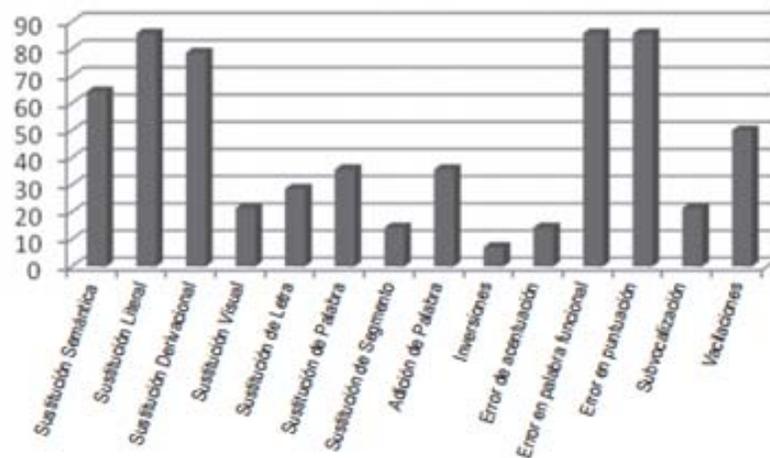


Figura 2: Porcentaje de errores en la pruebas de lectura de textos en 14 niños con trastorno específico del aprendizaje. Tomada de “Características Lectoras de Niños con Trastornos del Aprendizaje de la Lectura” por R. Bolaños-García y L.A. Gómez-Betancourt, 2009, *Acta Colombiana De Psicología* 12 (2), p. 37-45.

El segundo estudio a mencionar fue llevado a cabo por Rosselli et al. (2006), donde se evaluaron las habilidades matemáticas y la memoria de trabajo de 50 niños entre 11 y 12 años de edad. De estos, 17 evaluados presentaban un trastorno discalculico, 13 niños presentaban discalculia y trastorno de lectura, y los 20 restantes eran sujetos control. La investigación se basó en la evaluación del dominio de Aritmética: conteo, lectura y dictado de números, comparación de números escritos, ordenamientos de cantidades, serie directa e inversa (sumar y restar respectivamente de 3 en 3), cálculo mental y cálculo escrito. Sumado a ésto se aplicaron 6 tareas de memoria de la ENI: repetición de dígitos (en el mismo orden y en orden invertido), aprendizaje de una serie de palabras y lista de figuras, recuerdo de una historia, y repetición de enunciados.

Los resultados de esta investigación señalan que los niños que sólo presentan discalculia y aquellos que además presentaron un trastorno en la lectura mostraron un patrón similar de deterioro en el dominio de Aritmética en comparación con los sujetos control.

Así mismo, ambos subgrupos tuvieron significativamente puntajes más bajos que los del grupo de niños sin diagnóstico en tareas de memoria de trabajo, a la vez que sólo el grupo de niños discalcúlicos con trastorno de lectura presentaron además puntuaciones bajas en las tareas de memoria visual y memoria semántica. Así, las tareas de memoria operativa (dígitos hacia atrás y repetición de frases) y memoria visual de la ENI se mostraron como buenos predictores de las puntuaciones de matemáticas.

Antes de finalizar este apartado fue necesario puntualizar lo siguiente; Ardila y Ostrosky (2012) plantean que, al ser la ENI un test robusto, permite la aplicación parcelada de sus diferentes pruebas según las necesidades e intereses del examinador. En este sentido, se consideraron para la presente investigación, dentro del dominio de Aritmética, las pruebas de: Conteo en el subdominio de Conteo; Lectura de Números, Dictado de Números, Comparación de Números Escritos y Ordenamiento de Cantidades en el subdominio de Manejo Numérico; Serie Directa, Serie Inversa, Cálculo Mental y Cálculo Escrito en el subdominio de Cálculo y Problemas Aritméticos en el subdominio de Razonamiento Lógico-Matemático.

Estas pruebas fueron ejecutadas mientras se realizaba un registro electrofisiológico, lo que permitió obtener los ERP vinculados funcionalmente con el procesamiento cognitivo de estas tareas en los niños con bajo y alto rendimiento en Aritmética. Cabe destacar que la evaluación electrofisiológica o por otros métodos de exploración en las Neurociencias Cognitivas no sustituyen sino complementan o profundizan lo obtenido a través de indicadores conductuales de las evaluaciones neuropsicológicas; por lo cual, al realizar posteriormente las comparaciones pertinentes de los potenciales relacionados a eventos, se pudo obtener información valiosa para la investigación en el ámbito Neuropsicológico y para el diseño de nuevos programas educativos. A continuación se desarrolló lo concerniente a los Potenciales Relacionados a Eventos (ERP), aspecto central en la presente investigación por su índole pionera en el área.

Evaluación electrofisiológica de las habilidades Matemáticas y/o Aritméticas

Los autores Idiazábal, Palencia-Taboada, Sangorrín y Espaldaler-Gamissans (2002) señalaron que uno de los mayores aportes del estudio de los ERP es que, al ser éstos variaciones en el registro del electroencefalograma (EEG), que ocurren de forma simultánea con un determinado estímulo cognitivo, fungen como un indicador neurofisiológico del procesamiento mental subyacente a tales estímulos, siendo un aporte a los registros conductuales, basados en las medidas de desempeño, en los cuales los datos responden al producto o resultado final del procesamiento de la información.

Rugg y Coles (1996) explicaron que toda actividad cognitiva está acompañada de una serie de transformaciones electrofisiológicas del cerebro susceptibles de registrarse por diferentes métodos; siendo una de las capacidades fundamentales del encéfalo el generar actividad eléctrica a través de su tejido nervioso, considerando que todo el sistema nervioso presenta la capacidad electro-generadora en diversas regiones corticales. Al utilizar registros electrofisiológicos para estudiar el funcionamiento cognitivo de los sujetos de interés para cualquier investigador, resulta imprescindible la aplicación de un sistema de adquisición de datos, que mediante el uso de estrategias computacionales o algoritmos matemáticos permita el estudio temporal, espacial y cuantitativo de la actividad electroencefálica (Dos Santos y Piñero, 2011).

Moreno de Ibarra (1999) señaló que la actividad electrofisiológica es susceptible de ser registrada a través de electrodos colocados sobre el cuero cabelludo, para lo que se utiliza generalmente el sistema internacional 10-20 (Jasper, 1958). En este sistema cada localización viene definida por dos coordenadas, a sabiendas: (a) su proximidad a una región concreta del

cerebro (occipital, central, temporal, parietal y frontal); y (b) su ubicación en el plano lateral (números impares para la izquierda y número pares para la derecha). Además, de estas localizaciones, se colocan electrodos en el pabellón auricular o sobre apófisis mastoides como referencias ya que se mide la diferencia de potencial entre dos puntos (Núñez-Peña et al., 2004). La Figura 3 funge como representación visual de lo anteriormente descrito para el sistema 10-20:

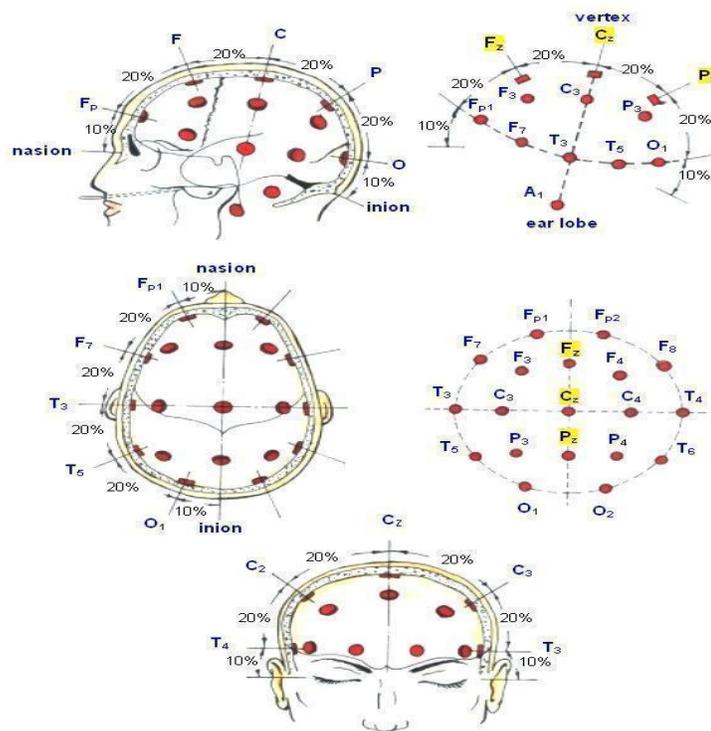


Figura 3: Representación visual del Sistema Internacional 10-20. Tomada de <http://www.imgbucket.com/pages/e/eeg-electrode-placement/>

Picton (1988) definió los ERP como cambios en el voltaje (Potencial) que ocurre en un momento particular antes, durante o después (Relacionados) que algo ocurre en el mundo físico y/o en algún proceso psicológico (Evento).

Los ERP se evalúan según tres parámetros: el primero es la amplitud, que es un indicador de la extensión de la actividad neuronal y representa la cantidad de esfuerzo que hace el individuo para ejecutar la actividad. El

segundo parámetro es la latencia o el lapso en milisegundos desde el inicio del estímulo hasta la producción de un cambio eléctrico o respuesta al alcanzar su máxima amplitud; a mayor dificultad y solapamiento en el proceso de categorización, mayor será la latencia, representando el tiempo de procesamiento, y el tercer parámetro es la topografía o la distribución en el cuero cabelludo, que brinda información con respecto a la distribución de los potenciales relacionados a eventos en las distintas áreas cerebrales (Luck, 2005; Moreno, 1992; Rodríguez-Camacho et al., 2011).

Sumándose a los parámetros de cuantificación de los ERP anteriormente descritos, Moreno (1999) propuso que el área bajo la curva es un valioso indicador con respecto a la cantidad de información que está siendo procesada y Luck (2005), señaló que puede ser utilizada como una técnica de control para las oscilaciones de la latencia del componente.

Según Luck (2005) los ERP pueden ser clasificados según su modalidad sensorial y su latencia; con respecto a la modalidad sensorial es posible clasificarlos en: (a) auditivos; (b) visuales; y (c) somatosensoriales; mientras para la latencia se subdividen en: (a) corta, también llamados exógenos o neurosensoriales; (b) media o mesógenos; y (c) largos, siendo también denominados como endógenos, cognitivos o potenciales relacionados a eventos, acepción asumida en la presente investigación.

De especial interés fueron los componentes P300 y N400 para el presente estudio, debido a que, como se señaló anteriormente, han sido los más investigados en otros trastornos específicos del aprendizaje, como la dislexia. Es así que a continuación se realizó una breve referencia de sus características vinculadas con los procesos cognitivos.

Presentación y Martínez (2005) propusieron que la amplitud de los P300 siempre se ubica entre los 4-6 microvoltios y suelen aparecer entre los 300 y 500 milisegundos; estas características se mantienen independientemente de la modalidad sensorial o intensidad del estímulo, pero

se pueden ver alteradas por variables psicológicas, como la novedad y frecuencia de aparición del estímulo, la dificultad de la tarea y el reparto de los recursos atencionales; además, pareciera ser un indicador del tiempo que se requiere para el proceso de evaluación de los estímulos independientes del tiempo para la ejecución de una tarea.

La aparición del componente P300 se relaciona con la presentación de estímulos físicamente novedosos o sorprendentes, pero existe otro componente que es evocado ante la presencia de estímulos verbales incongruentes a nivel semántico; tal componente se denomina N400, esta onda presenta una amplitud entre 3-4 microvoltios y suelen aparecer entre los 400 y 500 milisegundos (Presentación y Martínez, 2005).

Ambos componentes (P300 y N400), representan los procesos perceptivos generales sin importar la modalidad sensorial implicada (Moreno de Ibarra, 1999); siendo éstos dos de los componentes más estudiados a nivel electrofisiológico.

El componente P300 o P3, se encuentra asociada a la discriminación y focalización de un estímulo particular, convirtiéndose en un signo de atención selectiva que, según Moreno de Ibarra (1999) “implica un análisis del estímulo y una comparación en la memoria de las representaciones focales (p.5)”. Esta onda se relaciona con el tiempo requerido para reconocer un estímulo, así como con el incremento de la dificultad de la tarea, encontrando que la latencia de esta onda depende del tiempo en que el sujeto requiere para reconocer un estímulo y determinar lo que es o representa.

En referencia a la amplitud de las ondas P300, Moreno de Ibarra (1999) explica que se relacionan con la incertidumbre ante una tarea, incertidumbre que se resuelve ante la aparición del estímulo. Esta onda fue de suma importancia en esta investigación, debido a que la misma implica una automatización de los procesos; cuando la onda es mayor implica una mayor atención ante un estímulo específico, sin embargo, cuando la onda disminuye,

indica que se ha aprendido la significación del mismo y, por tanto, deja de ser útil, lo que puede relacionarse con el manejo numérico, un proceso psicológico que implica la automatización de los cálculos o conceptos básicos aritméticos.

Esta onda también parece relacionarse con la edad (Moreno de Ibarra, 1999), mostrando que la latencia de la onda en respuesta a un estímulo se incrementa y puede además hacerse más frontal en función del avance de la edad.

Sellán-Panicles (1991) explicó que al presentar una serie de palabras dentro de un contexto morfo-lingüístico en el cual algunas encajen de forma correcta y otras no; las primeras elicitaron una serie de ondas positivas tardías, mientras que las segundas, palabras inapropiadas a nivel semasiológico, generaron ondas negativas con una latencia de 400 milisegundos (N400). El autor interpretó este componente como un reflejo de la interrupción del procesamiento de una oración cuando se presenta una palabra sorpresiva en ese contexto, y el reprocesamiento para lograr una interpretación con significado.

Sellán-Panicles (1991) señaló que en yuxtaposición con la P300, la amplitud de la N400 no es afectada por el aumento o declive en la probabilidad de ocurrencia del estímulo, sino que en este caso, es suscitada por las palabras u oraciones anómalas semánticamente. Igualmente, Sellán-Panicles, puntualizó en el hecho de que no necesariamente la incongruencia semasiológica sea lo que provoque el componente N400, porque al presentar oraciones donde la última palabra era correcta a nivel semántico, se presentaba un declive no azaroso en la amplitud de la N400; es por esto que esta onda pudiese ser utilizada como un indicador fisiológico del grado en el cual la presentación de una palabra ha sido o no activada por el contexto lingüístico precedente.

Ring, Sharma, Wheelwright y Barrett (citados en Dos Santos y Piñero, 2011) señalan que la N400 está relacionada con la memoria operativa y la integración multimodal de distintas fuentes de estimulación sensorial. Considerando este hecho, la N400 tendrá menores amplitudes cuando el proceso de integración se realiza de forma sencilla, porque la información se integra fácilmente con el contexto global que está siendo procesado. De la misma manera, Moreno de Ibarra (1999) describió a la onda N400 como un signo de una segunda “mirada”, tomando mayor protagonismo en lo referente a las características semánticas y en el procesamiento de información.

Martínez, Hassainia, Martínez, Reyes, Azpiroz y Medina (2001) señalaron en su investigación que los ERP y el EEG son las técnicas más comunes y menos invasivas para el estudio del funcionamiento neurocognitivo; empero, ambas técnicas generan datos, que son tediosos y difíciles al momento de interpretar. Esto ha originado que el mapeo cerebral surja como una técnica complementaria al electroencefalograma o el registro de ERP, ya que permite obtener un resumen visual de la actividad registrada por ambas técnicas.

Esta representación bidimensional (2D) o tridimensional (3D) de los registros del EEG y ERP requiere un procedimiento de interpolación para estimar los datos faltantes entre los registros obtenidos a través de los electrodos. Los niveles de la actividad eléctrica son representados en forma de colores, donde los mismos son determinados por el usuario. En la presente investigación se realizó el mapeo cerebral de los ERP obtenidos para facilitar la observación de la activación regional cerebral producida por el procesamiento de información que realizaron los sujetos mientras respondían a las tareas de Aritmética.

Presentación y Martínez (2005) señalaron que las investigaciones realizadas a través del EEG, ERP o el mapeo cerebral permiten apreciar el procesamiento activo por parte del sujeto de la información proporcionada del campo estimular. S. Cansino (comunicación personal, Diciembre 16, 2014),

Jefe del Laboratorio de Neurocognición de la facultad de Psicología en la Universidad Autónoma de México (UNAM), señaló que este campo estimular viene determinado por el tipo de tarea o condición experimental en la cual los sujetos en estudio están inmersos. Lo anterior, en consecuencia, es lo que permite teorizar sobre cómo dichos correlatos biológicos están relacionados con copiosos procesos mentales, como: la atención, la memoria y el aprendizaje de habilidades académicas, como la Aritmética.

Haciendo referencia a esto, en el trabajo de grado de Rodríguez y Rojas (2010), realizado en la escuela de Ingeniería Informática de la Universidad Católica Andrés Bello (UCAB), se realizó un trabajo en pos de promover las habilidades aritméticas de los niños que poseen mayores dificultades académicas en el ámbito matemático, ya que como objetivo de dicha investigación se desarrolló un software educativo que fuera agradable y entretenido para los participantes; en tal investigación, se desarrolló y puso a prueba dicho software en niños y niñas de bajo y alto rendimiento en aritmética, luego de que realizaran una prueba escrita de matemática, encontrando que el programa potencia el aprendizaje en esta área.

Rodríguez y Rojas (2010) utilizaron el método de mapeo cerebral para monitorear el funcionamiento cerebral y observar si existía algún cambio en la actividad neuroeléctrica entre la prueba escrita y el programa educativo. Entre los resultados encontrados por los autores que se vinculan con la presente investigación se encuentran los siguientes:

Para el primer sujeto (femenino de alto rendimiento) se encontró en la prueba escrita una activación central izquierda, con proyecciones hacia el lado derecho y hacia regiones anteriores; en tanto, en el programa educativo se encontraron zonas temporoparietales derechas activadas, con activación en el temporal izquierdo (Figura 4).

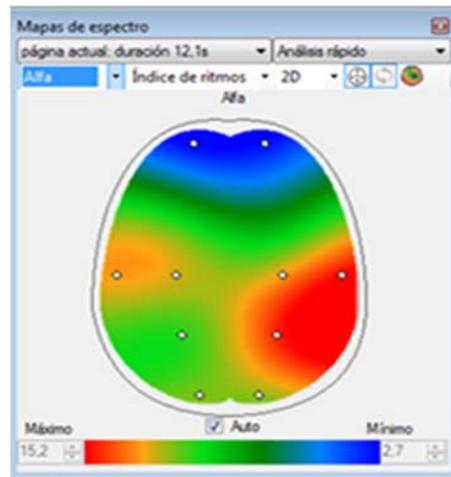


Figura 4. Mapa del espectro alfa durante la implementación del programa educativo del sujeto 1. Recuperado de Rodríguez y Rojas (2010).

Para el sujeto número dos (masculino de alto rendimiento), se encontró en la prueba escrita una activación de la zona central derecha, con activación en el occipital izquierdo, con una ligera activación del área temporal izquierda, mientras que durante la ejecución del programa, se encontró una activación en las zonas temporal medial izquierda, con desplazamiento hacia la zona occipital derecha (Figura 5).

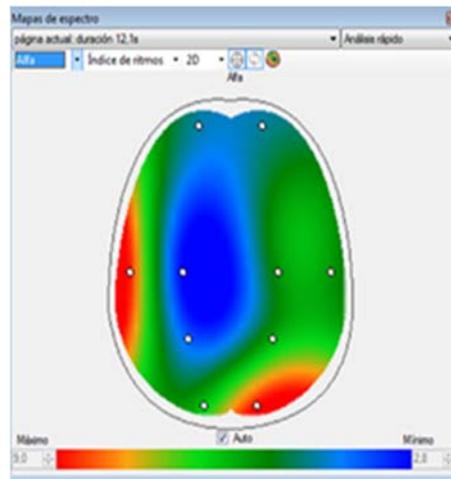


Figura 5. Mapa del espectro alfa durante la implementación del programa educativo del sujeto 2. Recuperado de Rodríguez y Rojas (2010).

El tercer sujeto, (femenino de bajo rendimiento), obtuvo en la prueba escrita una activación de la zona central izquierda con proyección hacia el área anterior derecha, en tanto en el programa educativo obtuvo activación en zonas centro parietales derechas (Figura 6).

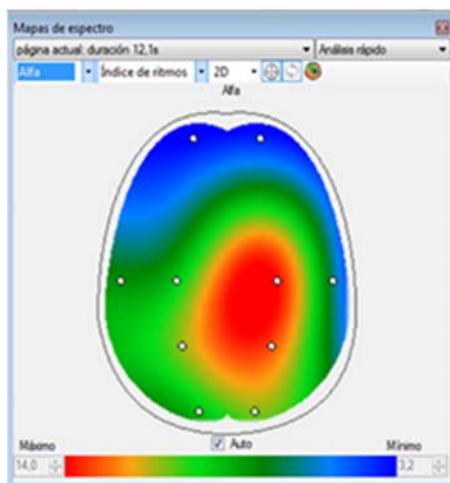


Figura 6. Mapa del espectro alfa durante la implementación del programa educativo del sujeto 3. Recuperado de Rodríguez y Rojas (2010).

Para el último sujeto, (masculino de bajo rendimiento), durante la prueba escrita se presentó una activación en la zona parietal posterior izquierda, con proyección hacia las áreas centrales y occipital izquierda; mientras se obtuvo una activación parietal izquierda con proyección al área central durante el programa educativo (Figura 7).

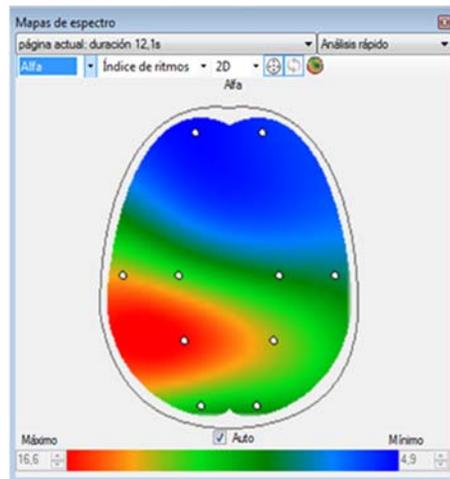


Figura 7. Mapa del espectro alfa durante la implementación del programa educativo del sujeto 4. Recuperado de Rodríguez y Rojas (2010).

Los resultados anteriores, aunque fueron obtenidos con un método electrofisiológico diferente a los ERP, se consideró importante como antecedente a la presente investigación, porqué siendo un estudio electrofisiológico preliminar, orienta hacia las regiones cerebrales que se activaron en los cuatro sujetos estudiados tanto en los niños como en las niñas de alto y bajo rendimiento en las matemáticas.

Posteriormente, Rodríguez, Rojas, Moreno de Ibarra, Tarrío y Solórzano (2012) discuten sus resultados al encontrar diferencias entre ambos sexos y entre los niveles de rendimiento interpretando que al mostrar el grupo de alto rendimiento en matemáticas una menor activación regional cerebral realizaron un menor esfuerzo en la resolución de tareas matemáticas escritas en comparación al grupo de bajo rendimiento donde se observó una mayor activación cerebral vinculada a un mayor esfuerzo para compensar las dificultades que presentaron durante la realización de esas tareas.

Considerado el estudio realizado por Rodríguez y Rojas (2010) y la discusión realizada a los resultados por Rodríguez et al. (2012), se esperó en esta investigación encontrar diferencias entre las variables de sexo y rendimiento no sólo a nivel conductual sino electrofisiológico.

Con respecto a las diferencias esperadas en las variables anteriormente mencionadas, algunos autores como Geary y Hoard (citado en Rosselli y Matute, 2011), explican que los procesos psicológicos se ven notablemente disminuidos en los niños que poseen dificultades en matemáticas; esta problemática se ve reflejada en los ERP, como se ha mencionado anteriormente, y se esperó que existiera un comportamiento diferencial en los componentes P300 y N400 de los ERP de aquellas personas que presentaren dificultades en el aprendizaje matemático.

Al ser los potenciales relacionados a eventos (ERP) un método adecuado que permite obtener información respecto a los fenómenos electrofisiológicos que corresponden con procesos neuropsicológicos, este fue el método seleccionado mediante el cual, en esta investigación, se buscaron medir los indicadores electrofisiológicos correspondientes a esas funciones cognitivas involucradas en el aprendizaje matemático y sus dificultades; lo que condujo a la pregunta de si existían diferencias significativas entre los niños con alto y bajo rendimiento en la aritmética durante la evaluación de funciones o subdimensiones de dicho proceso cognitivo, evaluadas neuropsicológicamente a través de la ENI y electrofisiológicamente a través de los potenciales relacionados a eventos (ERP).

Método

Problema

¿Existen diferencias significativas en los subdominios cognitivos de Conteo, Manejo Numérico, Cálculo y Razonamiento Lógico-Matemático y en los correlatos electrofisiológicos, medidos a través de los potenciales P300 y N400 entre niños y niñas con bajo y alto rendimiento en tareas aritméticas?

Hipótesis General

Existen diferencias significativas en los subdominios cognitivos de Conteo, Manejo Numérico, Razonamiento Lógico-matemático y Cálculo entre niños y niñas con bajo y alto rendimiento en tareas aritméticas y en sus correlatos electrofisiológicos, medidos a través de los potenciales P300 y N400.

Hipótesis Específicas

1. Los niños con alto rendimiento en Aritmética obtienen significativamente mayores puntajes en la prueba de conteo del subdominio de Conteo de la Evaluación Neuropsicológica Infantil que los niños con bajo rendimiento en Aritmética.
2. Los niños con alto rendimiento en Aritmética obtienen significativamente mayores puntajes en las pruebas de lectura de números, dictado de números, comparación de números escritos, y ordenamiento de cantidades del subdominio de Manejo Numérico de la

Evaluación Neuropsicológica Infantil que los niños con bajo rendimiento en Aritmética.

3. Los niños con alto rendimiento en Aritmética obtienen significativamente mayores puntajes en las pruebas de serie directa, serie inversa, cálculo mental, y cálculo escrito del subdominio de Cálculo de la Evaluación Neuropsicológica Infantil que los niños con bajo rendimiento en Aritmética.
4. Los niños con alto rendimiento en Aritmética obtienen significativamente mayores puntajes en la prueba de Problemas Matemáticos del subdominio de Razonamiento Lógico-Matemático de la Evaluación Neuropsicológica Infantil que los niños con bajo rendimiento en Aritmética.
5. Los niños con alto rendimiento en Aritmética presentan latencias más cortas por un procesamiento más rápido en el potencial relacionado a eventos P300 que los niños con bajo rendimiento en Aritmética.
6. Los niños con alto rendimiento en Aritmética presentan amplitudes menores por menor esfuerzo en el desempeño en la tarea en el potencial relacionado a eventos P300 que los niños con bajo rendimiento en Aritmética.
7. Los niños con alto rendimiento en Aritmética presentan mayores áreas bajo la curva por mayor procesamiento de información en el potencial relacionado a eventos P300 que los niños con bajo rendimiento en Aritmética.
8. Existen diferencias en las características topográficas del potencial relacionado a eventos P300 entre los niños de alto y bajo rendimiento en Aritmética en correspondencia con las redes cerebrales activadas por cada grupo en su procesamiento cognitivo.
9. Los niños con alto rendimiento en Aritmética presentan latencias más cortas por un procesamiento más rápido en el potencial relacionado a eventos N400 que los niños con bajo rendimiento en Aritmética.

10. Los niños con alto rendimiento en Aritmética presentan amplitudes menores por menor esfuerzo en el desempeño en la tarea en el potencial relacionado a eventos N400 que los niños con bajo rendimiento en Aritmética.
11. Los niños con alto rendimiento en Aritmética tendrán mayores áreas bajo la curva por mayor procesamiento de información en el potencial relacionado a eventos N400 que los niños con bajo rendimiento en Aritmética.
12. Existen diferencias en las características topográficas del potencial relacionado a eventos N400 entre los niños de alto y bajo rendimiento en Aritmética en correspondencia con las redes cerebrales activadas por cada grupo en su procesamiento cognitivo.

Definición de Variables

Variables Dependientes

Conteo

Definición Constitutiva: asignación de un número cardinal como representación de los elementos constituyentes de un objeto (Matute et al., 2004).

Definición Operacional: el proceso psicológico de Conteo, medido a través del subdominio de Conteo de la ENI se conforma con la prueba de conteo, la cual posee un intervalo de 0 a 8 puntos, donde un mayor puntaje se asocia a un mejor rendimiento en la prueba.

Manejo numérico

Definición Constitutiva: dominio y experticia mediada por la automatización de las tareas, que un sujeto puede alcanzar en la utilización

de los axiomas aritméticos en las tareas de relaciones espaciales, conceptos básicos, categorización y clasificación, seriación y secuenciación, noción de cantidad y número, correspondencia uno a uno y operaciones (Matute et al., 2004).

Definición Operacional: el proceso psicológico de Manejo Numérico, medido a través del subdominio de Manejo Numérico de la ENI se conforma con las pruebas de lectura de números, dictado de números, comparación de números escritos y ordenamiento de cantidades las cuales posee un intervalo de 0 a 8 puntos, donde un mayor puntaje se asocia a un mayor rendimiento en cuanto al Manejo Numérico.

Cálculo

Definición Constitutiva: realización de cálculos matemáticos con la intención de asignar un número cardinal como representación de los elementos constituyentes de un determinado objeto o sujeto (Matute et al., 2004).

Definición Operacional: el proceso psicológico de Cálculo, medido a través del tercer subdominio de Cálculo de la ENI, el cual se conforma con las pruebas de serie directa y serie inversa, las cuales poseen un intervalo de 0 a 8 puntos; así como con la prueba de cálculo mental con una puntuación de 0 a 12 puntos y la prueba de cálculo escrito con una puntuación de 0 a 14, donde un mayor puntaje se asocia a un mejor rendimiento en cuanto al Cálculo.

Razonamiento Lógico-matemático

Definición Constitutiva: capacidad de identificar, relacionar y operar las cuales basadas en una serie de presuposiciones de sentido común, permiten

desarrollar competencias que permiten solucionar situaciones nuevas (Alsina y Canals, 2000; Sagüillo, 2008).

Definición Operacional: el proceso psicológico de Razonamiento Lógico-matemático se mide a través del cuarto subdominio de la ENI, el de Razonamiento Lógico-matemático, el cual se conforma por problemas numéricos; esta prueba posee una puntuación total de 8 puntos, donde un mayor puntaje se asocia a un mejor rendimiento en la resolución de problemas numéricos.

Latencia

Definición Constitutiva: lapso temporal que transcurre desde el momento en que se muestra el estímulo hasta que el estímulo es categorizado (Moreno, 1992).

Definición Operacional: tiempo en milisegundos (ms) que marca el inicio del estímulo hasta la producción de un cambio eléctrico o respuesta al alcanzar su máxima amplitud, medido a través del Neuron-Spectrum 5, donde a mayor tiempo transcurrido, mayor será la dificultad en la categorización.

Amplitud

Definición Constitutiva: cantidad de esfuerzo que el sujeto realiza para ejecutar la actividad (Luck, 2005; Moreno de Ibarra, 1992; Rodríguez-Camacho et al., 2011).

Definición Operacional: voltaje en microviltios (μV) en los componentes P300 y N400, medidos a través del Neuron-Spectrum 5, donde a mayor amplitud, mayor esfuerzo cognitivo realiza el sujeto.

Área bajo la curva

Definición Constitutiva: cantidad de información que está siendo procesada durante la ejecución de una tarea (Moreno de Ibarra, 1999).

Definición Operacional: voltaje de un componente en un momento temporal complejo ($\text{ms}\mu\text{V}$)², medido a través del Neuron-Spectrum 5, donde a mayor voltaje por milisegundo, mayor cantidad de información procesada.

Características topográficas

Definición Constitutiva: distribución de los potenciales relacionados a eventos en las distintas áreas cerebrales (Luck, 2005; Rodríguez-Camacho et al., 2011).

Definición Operacional: gradiente de voltaje (μV) de un componente (P300 o N400) en un momento temporal complejo (milisegundos) relacionado con las estructuras anatómicas subyacentes y su activación, donde a mayor voltaje del componente, mayor activación de la estructura anatómica.

Variables Independientes

Rendimiento en Aritmética

Definición conceptual: nivel de conocimientos demostrado en el área de matemática comparado con la norma de edad y nivel académico (Jiménez, 2000).

Definición operacional: habilidad aritmética medida mediante la prueba matemática de la cátedra de Psicología Escolar de la UCAB (2003), administradas individualmente a cada sujeto, donde el puntaje obtenido que se sitúa en el 10% inferior se consideró como signo de bajo rendimiento en

Aritmética; mientras los puntajes pertenecientes al 10% superior se consideraron como signo de alto rendimiento en Aritmética.

Evaluación Neuropsicológica Infantil (ENI)

Definición constitutiva: instrumento de evaluación neuropsicológica que considera el dominio de la Aritmética como proceso cognoscitivo, el cual fungió como una condición experimental en este estudio, al ser seleccionado como campo estimular que influiría en los correlatos electrofisiológicos subyacentes a los procesos psicológicos responsables de la respuesta conductual durante el registro de los potenciales relacionados a eventos (ERP), lo que implicó una manipulación experimental (S. Cansino, comunicación personal, Diciembre 16, 2014; Kerlinger y Lee, 2002; Rodríguez-Camacho et al., 2011).

Definición operacional: ítems de las pruebas del dominio de Aritmética de la ENI, que se constituyeron como estímulos que tuvieron impacto sobre las variables dependientes electrofisiológicas: latencia, amplitud, área bajo la curva y características topográficas de los componentes P300 y N400 y de las redes neuronales subyacentes a los procesos cognitivos vinculados a la Aritmética y/o Matemática.

Variables Controladas

Edad

Definición conceptual: edad cronológica del sujeto para el momento de la investigación, entendida como la diferencia en años entre la fecha de nacimiento del sujeto y el momento de la evaluación (Pérez y Salvador, 2000).

Forma de control: reporte de edad dado por los sujetos. En esta investigación sólo fueron tomados como sujetos aptos para ser miembros de

las mismas a niños y niñas con edades cronológicas comprendidas entre 8 y 9 años, ya que el proceso de adquisición de los conocimientos y por lo tanto el desarrollo de las habilidades y/o competencias aritméticas se correlacionan con el desarrollo neurofuncional (Rebollo y Rodríguez, 2006). Y tomando a niños de una misma cohorte generacional se espera que presenten un nivel de funcionalidad neurocognitiva similar.

Nivel de estudio

Definición Conceptual: Grado de escolaridad en el que se encuentra un sujeto (J. Guerra, comunicación personal, Octubre 16, 2014).

Forma de Control: Pertenencia al tercer grado de educación primaria.

Sexo

Definición Conceptual: Grupo de características físicas y constitucionales, que diferencian al hombre de la mujer (Zschaeck, 2000).

Forma de Control: los participantes incluidos en la muestra fueron niños y niñas de ambos sexos, respondiendo a su condición sexual y de género, implementando la técnica de apareamiento.

Tipo de Investigación

Según el grado de control de las variables, esta investigación es cuasi-experimental; tal aseveración se fundamenta en que al controlar a través de la manipulación y/o selección de los niveles o modalidades de las variables independientes, el Rendimiento en Aritmética y la Evaluación

Neuropsicológica Infantil (ENI), se evidencia un cambio concomitante en la variable dependiente, tanto a nivel conductual como electrofisiológico en los componentes de interés: P300 y N400 (Kerlinger y Lee, 2002).

Las investigaciones cuasi-experimental se caracterizan por la manipulación de la variable independiente, condición que se cumple debido a: (a) la distribución de los niños evaluados según su desempeño en la prueba de matemática de Psicología Escolar (UCAB, 2003) en alto y bajo rendimiento; (b) la selección del campo estimular que influiría en los correlatos electrofisiológicos subyacentes a los procesos psicológicos responsables de la respuesta conductual durante el registro de los potenciales relacionados a eventos (ERP); (c) el control de diversas variables extrañas que hubieran podido influir en los resultados, lo cual se realiza por medio de la homogeneización de la edad, nivel de estudio y sexo de los participantes; sumándose a esto, se mantuvieron constantes las variables ambientales propias del sitio donde se realizó el proceso de evaluación conductual y electrofisiológico; y (d) el uso de grupos contrastantes con respecto al rendimiento en aritmética, niños de bajo y alto rendimiento, fungió como una maximización del efecto de la variable independiente (Kerlinger y Lee, 2002).

Sin embargo, el estudio no se clasifica con el grado más alto de control debido que no cumple con el criterio de triple aleatorización (compuesto por la selección al azar de los participantes, asignación de los participantes a los grupos y asignación al azar de las condiciones a los grupos formados) y no se controlaron variables orgánicas de los niños que pudiesen influir como: nivel intelectual o aspectos motivaciones con respecto al quehacer académico (Kerlinger y Lee, 2002).

Siguiendo los planteamientos realizados por Hernández-Sampieri, Fernández y Baptista (2003) esta investigación recae según el alcance de la misma como un estudio correlacional, debido a que el objetivo primordial de los autores es estudiar la naturaleza de las relaciones entre las variables de interés y, si las mismas presentan variaciones más allá de las esperadas por

el azar. Este tipo de investigación tienen un poder explicativo parcial, pues puede haber otros factores que no se tomaron en consideración en el diseño de investigación y que pueden influir o aportar varianza espuria o indirecta (Hernandez et al., 2003).

Finalmente, esta investigación parte de un diseño de medida transversal, dado que se utilizaron a sujetos miembros de un grupo natural, donde los valores de las variable independiente ya estaban determinados, y se estudia el cambio en la variable dependiente solo una vez en el tiempo (León y Montero, 1997).

Diseño de Investigación

En el diseño se tuvieron 4 grupos conformados naturalmente, esto debido a que no existió una asignación aleatoria ni apareamiento de los sujetos a los grupos, ya que éstos fueron conformados según su rendimiento en la prueba preliminar de matemática, determinando así su pertenencia al grupo de alto o bajo rendimiento y según el sexo (femenino o masculino).

Se obtuvieron dos mediciones: en primer lugar se realizó una medición para discriminar a los niños con alto y bajo rendimiento en la aritmética, esto a través de la prueba de matemática de la cátedra de Psicología Escolar de la Escuela de Psicología de la UCAB (2003), lo que permitió observar el funcionamiento aritmético en los niños y diferenciar a los dos grupos de sujetos; en segundo lugar, se realizó la evaluación de las medidas conductuales y sus correlatos electrofisiológicos a través de los potenciales relacionados a eventos (ERP), realizando la medición de una línea base y luego aplicando las pruebas (conteo, lectura de números, dictado de números, comparación de números escritos, ordenamiento de cantidades, serie directa, serie inversa, cálculo mental, cálculo escrito y problemas matemáticos) del dominio de Aritmética de la ENI, para luego llevar a cabo los análisis

estadísticos pertinentes, contrastando con las hipótesis planteadas por los investigadores y el cuerpo teórico.

Diseño Muestral

El tipo de diseño muestral fue propositivo, ya que como lo definen Kerlinger y Lee (2002) “es un tipo de muestreo caracterizado por el uso de juicios e intenciones deliberadas para obtener muestras representativas al incluir áreas o grupos que se presume son típicos de la muestra” (p. 160). El grupo de interés para esta investigación se constituyó de niños de 8 y 9 años de edad, pertenecientes al tercer grado de educación primaria, con alto y bajo rendimiento en Aritmética.

Fueron seleccionados los niños que obtuvieron puntuaciones ubicadas en el 10% superior (18,19 y 20 puntos) y aquellos que se ubicaron en el 10% inferior (0,1,2,3,4 y 5 puntos) de la distribución de todos los sujetos evaluados a través de la prueba de matemáticas de la Cátedra de Psicología Escolar (UCAB,2003) para conformar los grupos de interés para la presente investigación: 5 niños de alto rendimiento, 5 niñas de alto rendimiento, 5 niños de bajo rendimiento y 5 niñas de bajo rendimiento.

Instrumentos

Prueba de matemática Final de 2º grado-Inicio de 3º grado de la Cátedra de Psicología Escolar (UCAB, 2003).

Se utilizó la prueba de matemática de la cátedra de psicología escolar de la UCAB para realizar la primera medición, es decir, para obtener las muestras de niños con alto y bajo rendimiento. Esta prueba fue desarrollada por los profesores encargados de la mencionada cátedra, para medir las

competencias que se esperan estén desarrolladas en los alumnos cuando finalizan este grado de educación primaria.

La prueba está comprendida por ocho subpartes, las cuales constituyen contenidos que se esperan los niños hayan obtenido en el transcurso del año escolar; estos contenidos son (Anexo B):

1. Serie directa
2. Serie inversa
3. Relación de “mayor que”, “menor que” e “igual que”
4. Escritura de centenas, decenas y unidades
5. Dictado y la escritura de números
6. Cálculo escrito de sumas y restas de hasta tres cifras y;
7. Problemas aritméticos de suma y resta.

Subpruebas del dominio de Aritmética de la Evaluación Neuropsicológica Infantil (ENI)

El segundo test utilizado en esta investigación, para la evaluación de las medidas conductuales y como condición experimental a la que fueron expuestos los niños evaluados para la obtención de los potenciales relacionados a eventos, fue el Test de Evaluación Neuropsicológica Infantil (ENI), el cual fue desarrollado por: Matute, Rosselli, Ardila y Ostrosky en el año 2007. El objetivo fundamental del ENI es la estimación del desarrollo neuropsicológico en niños hispanohablantes con edades comprendidas entre los 5 y los 16 años.

Para la presente investigación se utilizaron las pruebas correspondientes a los subdominios de conteo, manejo numérico, cálculo, y razonamiento de la dimensión de Aritmética del ENI (Anexo C). Las mismas se pueden apreciar en la Tabla 2.

Tabla 2.

Subdominio de la Aritmética y pruebas correspondientes.

Subdominio de la Aritmética	Prueba
Conteo	Conteo
Manejo Numérico	Lectura de números Dictado de números Comparación de números escritos Ordenamiento de cantidades
Cálculo	Serie directa Serie inversa Cálculo mental Cálculo escrito
Razonamiento Lógico-Matemático	Problemas Matemáticos

Nota. Adaptada de “Matute, E., Rosselli, M., Ardila, A. y Ostrosky-Solís, F. (2007). Evaluación Neuropsicológica Infantil (1ed.). Ciudad de México, México: Manual Moderno”.

La prueba de Conteo está constituida por 8 items de conteo con puntuaciones de 0 y 1 para cada item (8 puntos en total). Los items se encuentran en la Libreta de estímulos 1 del ENI, y el sujeto debe a partir de los estímulos visuales, contar la cantidad de objetos y comparar grupos de elementos.

La prueba de Lectura de Números, perteneciente al componente de manejo numérico, está compuesta por 8 items con puntajes de 0 y 1, con una sumatoria total de 8 puntos; la prueba consiste en mostrarle al niño una serie de estímulos numéricos los cuales debe identificar.

La prueba de Dictado de Números, perteneciente al mismo subdominio de manejo numérico, está conformada por 8 items, con puntuaciones de 0 y 1 cada uno, formando un total de 8 puntos en la subprueba. La misma consiste

en dictarle al niño diferentes elementos numéricos los cuales deben ser copiados en número en una hoja de respuestas.

Comparación de Números Escritos es otra subprueba del subcomponente del manejo numérico que consiste en mostrar al niño cantidades colocadas en las tarjetas de estímulo y pedir que identifique cuál es la mayor y cuál es la menor. La prueba está compuesta por 8 items con una puntuación de 0 y 1, lo que hace un total de 8 puntos.

La prueba de Ordenamiento de Cantidades es la última prueba del subcomponente de manejo numérico, y consiste en organizar de menor a mayor es una hoja de respuestas, una serie de números y cantidades. La prueba se puntúa del 0 al 8, valiendo un punto cada cantidad colocada en su correcta posición en la hoja de respuestas.

La prueba de Serie Directa forma parte de las pruebas de cálculo, y consiste en sumar de 3 en 3 a partir de un número específico hasta otro. La prueba se puntúa del 0 al 8, en la cual se obtiene cada punto al sumar correctamente 3 elementos al número prescrito, con un total de 8 puntos.

La prueba de Serie Inversa también forma parte de las pruebas de cálculo, y consiste, en restar de 3 en 3 a partir de un número específico hasta otro. La prueba se puntúa del 0 al 8, en la cual se obtiene cada punto al restar correctamente 3 elementos al número prescrito, obteniendo una sumatoria total de 8 puntos.

El Cálculo Mental pertenece también al subdominio de Cálculo al que pertenecen las pruebas anteriores, y consiste en realizar una serie de operaciones aritméticas (sumas, restas multiplicaciones, divisiones y fracciones) de forma mental y dando respuestas verbalizadas. El número de items es de 12, con puntuaciones de 0 y 1 en cada ítem, sumando un total de 12 puntos.

Cálculo Escrito es la última prueba perteneciente al subdominio de cálculo, en el cual se deben realizar una serie de operaciones aritméticas de forma escrita; se le entrega una hoja de respuestas con operaciones que incluyen diversas operaciones aritméticas, similares a las de la prueba anterior. Está constituida por 14 ítems, con puntuaciones de 0 y 1, con una sumatoria total de 14 puntos, puntuando con 1 cada respuesta correcta.

La prueba de Problemas Aritméticos es la única prueba del subdominio de Razonamiento lógico-matemático; consiste en mostrar al niño por escrito y leídos por el evaluador una serie de problemas aritméticos, los cuales el niño debe resolver. Está compuesta por 8 ítems con puntuaciones de 0 y 1, con una sumatoria total de 8 puntos, en la cual se obtiene un punto por cada respuesta correcta.

Neuron-Spectrum 5

Como equipo, fue utilizado el sistema multifuncional para encefalografía y potenciales evocados Neuron-Spectrum 5, de la empresa Neurosoft, de los laboratorios de Neurociencias de la UCAB, el cual permite tomar un registro encefalográfico así como los potenciales relacionados a eventos, haciendo una transformación analógica-digital de las ondas electroencefalográficas que son convertidas en representaciones numéricas que pueden ser analizadas con procesos matemáticos.

Por otra parte este programa permite el análisis de componentes independientes que permite identificar aquellos potenciales extraños no producidos por el cerebro o artefactos para ser eliminados del registro a fin de obtener potenciales cerebrales óptimos, aún cuando esto no descarta la revisión visual para la identificación y eliminación de los artefactos sino que facilita el proceso.

Este programa produce tablas con los valores de latencia y amplitud de los potenciales relacionados a eventos en función de marcadores que se

ubican automáticamente en la amplitud máxima de la latencia del potencial, los cuales generalmente deben ser ajustados visualmente, teniendo que ser calculada el área bajo la curva, como fuese señalado. Así mismo, produce imágenes de los potenciales cerebrales distribuidos en los sitios donde se colocaron los electrodos y el mapeo cerebral no sólo del registro electroencefalográfico sino de los potenciales relacionados a eventos, en el cual, generalmente hay que ajustar. En la Figura 8 se muestra un ejemplo de la imagen de la distribución topográfica de los ERP.

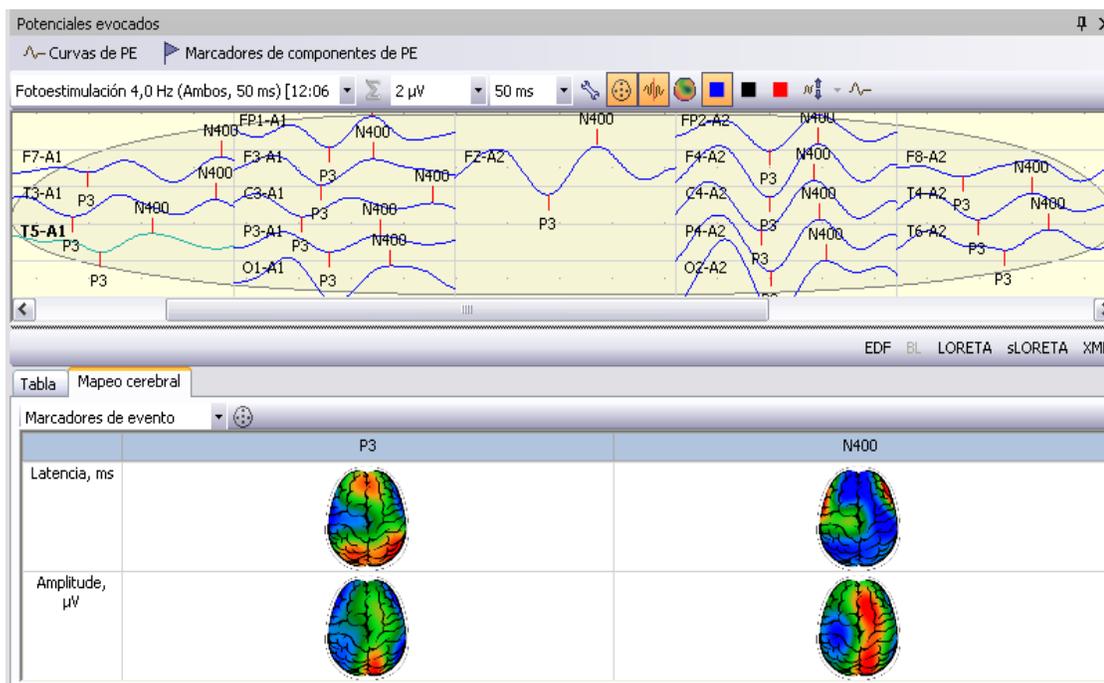


Figura 8. Imágenes de los componentes P300 y N400 y su distribución topográfica de la prueba de cálculo mental de niño con alto rendimiento.

Procedimiento

Se buscó la muestra global de niños, para obtener los grupos de bajo y alto rendimiento en aritmética, escogiéndolos de tercer grado en diferentes escuelas en el área de Los Teques, estado Miranda; se realizaron reuniones con los directivos de las instituciones, explicándoles los objetivos de la investigación, y pidiendo su autorización para la evaluación en matemática, obteniendo los permisos correspondientes.

Posterior a la aceptación de las instituciones se acudió a cada uno de los colegios y se les administró la prueba de matemática de tercer grado de la Cátedra de Psicología Escolar (UCAB, 2003), a los niños que cumplieran con el criterio de escogencia: que pertenecieran a tercer grado, y una vez recopilado los datos de la población de interés se prosiguió a desglosar las características descriptivas de la data para así poder determinar los puntos de corte a partir de los cuales se seleccionaron a los niños de bajo y alto rendimiento; dichos puntos de corte se establecieron en el 10% inferior, representando puntuaciones de: 0, 1, 2,3,4 y 5; mientras que el 10% superior se vio representado en las puntuaciones de 18, 19 y 20 puntos.

Considerando el sexo como una variable de control, se decidió incorporarla en la división de los grupos, procurando así que los mismos se conformaran con miembros de ambos sexos, obteniendo finalmente 4 grupos: niños de bajo rendimiento, niños de alto rendimiento, niñas de bajo rendimiento y niñas de alto rendimiento.

Luego de la evaluación de todos los alumnos, y obteniendo los grupos de bajo y alto rendimiento, se seleccionaron los 20 niños que conformarían la muestra definitiva; se emitieron cartas y se contactaron a los representantes

de los niños pertenecientes a estos grupos para aclarar los objetivos de la investigación, los métodos a utilizar, y solicitar formalmente su permiso para llevar a cabo la evaluación neuropsicológica y electrofisiológica a sus representados.

Además, se indagó con los representantes de los niños seleccionados la presencia de alteraciones sensoriales o psicológicas importantes que afectarían negativamente en la adaptación y rendimiento académico de sus representados, ambas condiciones fueron negadas.

Separados los sujetos por grupos, y con la previa autorización de sus padres, se citaron a los niños y a sus representantes un día y hora específicos en el laboratorio de Neurociencias II de la Universidad Católica Andrés Bello, para realizar la segunda evaluación, es decir, las medidas conductuales y electrofisiológicas de la actividad neuropsicológica implicada en la resolución de las pruebas pertenecientes a los subdominios de la ENI: Conteo, Manejo Numérico, Cálculo y Razonamiento Lógico-Matemático; a cada individuo por separado se le colocaron los electrodos según el sistema 10-20, con una pasta adherente y conductora y pequeños cuadrados de gaza estéril, utilizando alcohol para bajar la resistencia, la cual se mantuvo en 5 kOhms o menos a fin de mejorar la relación señal/ruido y obtener potenciales relacionados a eventos (ERP) óptimos. La Figura 9 muestra fotografías de dos sesiones de registro conductual y electrofisiológico.

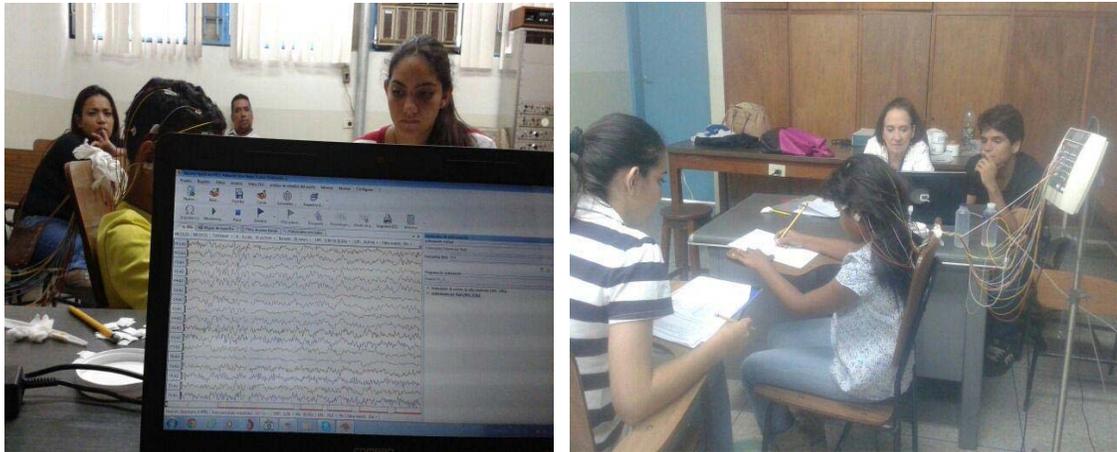


Figura 9. Imágenes de las sesiones de registro conductual y electrofisiológico durante la prueba de Aritmética de la Evaluación Neuropsicológica Infantil (ENI).

Se realizó una medición de línea base, de ojos cerrados y ojos abiertos y luego se les colocaron las actividades de Aritmética de la ENI (Evaluación Neuropsicológica Infantil) y se midieron los potenciales durante la realización de dichas actividades.

Se construyó una base de datos en el programa estadístico SPSS (versión 20.0) con los datos recabados en el proceso de evaluación, formada por el registro cuantitativo de la ENI, es decir, las puntuaciones estándar de cada una de las pruebas de los subdominios de aritmética, y se realizaron cálculos de contraste estadístico pertinentes a nivel conductual para determinar aquellas pruebas que dieran diferencias estadísticamente significativas entre los grupos, las cuales fueron: Lectura de Números, Dictado de Números, Ordenamiento de Cantidades, Cálculo Mental, Cálculo Escrito y la prueba de Problemas Aritméticos.

Una vez determinadas las pruebas que dieron diferencias estadísticamente significativas entre los grupos, se seleccionaron dos para el análisis electrofisiológico: una de menor complejidad o de un proceso más simple y la de mayor complejidad o que implicaba un proceso más complejo, estas pruebas seleccionadas fueron las de Lectura de Números y la de Problemas Aritméticos.

Se seleccionaron de los registros electroencefalográficos de los niños evaluados los segmentos correspondientes a Lectura de Números y a Problemas Aritméticos para, en tiempo diferido, eliminar de los registros los artefactos o potenciales extraños a los ERP (movimientos oculares, movimientos bruscos, contracción muscular, entre otros), lo cual se hizo primero a través del análisis de componentes independientes del propio Neuron-Spectrum 5 y luego visualmente.

Así mismo, se realizó el ajuste de los marcadores a fin de obtener medidas precisas de los parámetros de P300 y N400 y de sus mapeos cerebrales. El programa Neuron-Spectrum 5 produjo unas tablas con los valores obtenidos, las cuales a su vez se pueden convertir en tablas Excel, de las cuales se extrajeron los valores de interés en cuanto a la latencia y amplitud de P300 y N400 y, se calculó el área bajo la curva a fin de construir la base de datos que se trabajó estadísticamente con el Software SPSS en su versión número 20.

Con conocimiento de que se evidenciarían diferencias entre los resultados según el sexo, lo que es esperado según la literatura, se procedió a realizar un análisis tanto conductual como electrofisiológico entre ambos sexos.

Cabe mencionar que el análisis realizado no fue exhaustivo en torno al sexo como lo fue en el rendimiento en aritmética, esto debido a que evaluar las diferencias en funciones aritméticas según el sexo no era el propósito de la investigación; sin embargo, los mismos fueron realizados, ya que esta representa una variable moderadora en cuando a ciertas funciones mentales, por lo tanto fue de suma importancia incluir algunos análisis estadísticos de la misma, cuyos resultados se presentaron a continuación.

Resultados

En el presente trabajo de investigación se estableció como objetivo primordial contrastar la posible existencia de diferencias significativas en los subdominios cognitivos de la ENI: Conteo, Manejo Numérico, Cálculo y Razonamiento Lógico-matemático y sus correlatos electrofisiológicos, medidos a través de los componentes P300 y N400, entre niños y niñas con alto y bajo rendimiento en tareas matemáticas y/o aritméticas. El análisis de resultados se articuló en tres etapas distintas, exponiéndose en primer lugar los datos descriptivos correspondientes a la población de 150 niños a partir de los cuales se obtuvo la muestra empleada en la presente investigación; en segundo lugar, se expuso la data de natura descriptiva de las variables controladas (edad y sexo) en la muestra *per se*; y finalmente, en tercer lugar, se prosiguió al análisis de los resultados obtenidos a nivel conductual (puntuaciones obtenidas en los subdominios cognitivos de la ENI) y electrofisiológico (latencia, amplitud, área bajo la curva y características topográficas de los componentes P300 y N400), para así contrastar los resultados empíricos con respecto a las hipótesis de investigación, tomando como criterio de significancia en los contrastes conductuales y los electrofisiológicos el 0.05, a excepción de las hipótesis topográficas que se llevaron a cabo con un nivel de significancia de 0.10.

Seguidamente, los supuestos de normalidad fueron examinados con la prueba de Kolmogorov-Smirnov y la homogeneidad de varianzas mediante la prueba de Levene. Debido al incumplimiento de estos supuestos, se realizó una prueba no paramétrica, optándose por un contraste de medianas entre grupos empleando el estadístico U de Mann-Whitney, tanto para las variables

conductuales como electrofisiológicas, así como para el contraste estadístico entre las áreas cerebrales considerando latencia, amplitud y área bajo la curva a fin de determinar el comportamiento regional de estas variables entre los grupos. Adicionalmente se realizó un análisis exploratorio de datos, para profundizar en el comportamiento diferencial de la distribución de los datos en cada grupo, más allá de haber encontrado o no diferencias significativas. Para finalizar, se efectuó un análisis cualitativo de las variables electrofisiológicas para observar la posible existencia de patrones diferenciales de activación de las distintas regiones cerebrales entre los grupos.

Análisis descriptivo de la Población

La población seleccionada para realizar este estudio estuvo conformada por 150 evaluados, de los cuales 77 eran niñas y 73 niños, representando así el 51.3% y el 48.7%, respectivamente (figura 10).

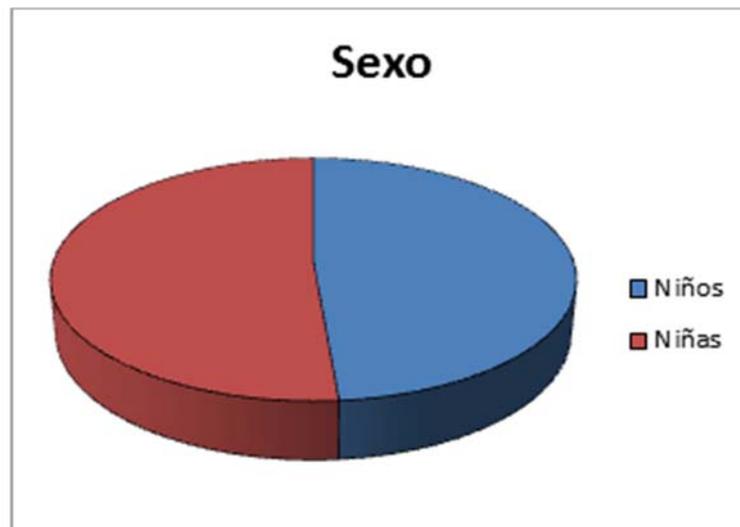


Figura 10. Porcentaje de niños evaluados según el sexo.

Todos los niños evaluados se encontraban cursando el tercer grado de educación primaria, en cuatro colegios distintos ubicados en la ciudad de Los Teques, perteneciente ésta al Municipio Guaicaipuro del Estado Miranda,

Venezuela. En la Tabla 3 se presentó la distribución de los niños por colegios y sexo.

Tabla 3.

Tabla de Contingencia de Colegio y Sexo

		Colegio				Total
		Colegio 1	Colegio 2	Colegio 3	Colegio 4	
Sexo	femenino	26	19	6	26	77
	masculino	10	21	9	33	73
Total		36	40	15	59	150

El rendimiento de todos los evaluados en la prueba de Psicología Escolar de matemática (UCAB, 2003) presentó una puntuación promedio (M) de 10.53 puntos (pts.) con una desviación típica (s) de 5.003 puntos, presentando una curtosis con una forma platicúrtica ($k=-0.912$) y una distribución de los datos sesgada positivamente ($\alpha=0.173$), lo que se expresó en la Tabla 4.

Tabla 4.

Estadísticos descriptivos de la población general de la investigación.

Estadísticos descriptivos							
Prueba de matemática	N	Mín	Máx	Media (M)	Desv. típ. (s)	Asimetría (α)	Kurtosis (k)
	150	0,00	20,00	10,5583	5,00398	,173	-,912

Por su parte, en la Tabla 5, se expusieron los estadísticos descriptivos por unidad educativa: El Colegio 1 presentó una $M=15.7$ puntos con una $s=2.84$ pts., así mismo, la distribución de las puntuaciones de los evaluados en este colegio se encontró sesgada negativamente ($\alpha=-0.765$), con una forma platicúrtica ($k=-0.009$). El Colegio 2 obtuvo una $M=7.38$ pts. y $s=3.31$ pts., con una distribución sesgada negativamente ($\alpha=-0.119$), y con forma

platicúrtica ($k=-1.033$). El Colegio 3 obtuvo una media de 12.6 puntos y una desviación típica de 5.72 puntos, presentando una distribución prácticamente simétrica, pero con una leve asimetría negativa ($\alpha=-0.086$) y forma platicúrtica ($k=-1.306$). Por último, el Colegio 4 obtuvo una $M=9.05$ puntos con $s=4.16$ pts. y la distribución de los datos estuvo sesgada positivamente ($\alpha=0.50$) y presento una forma platicúrtica ($k=0.093$). Se realizó un contraste estadístico entre los colegios, encontrándose diferencias significativas entre los mismos (sig. 0.00).

Tabla 5.

Estadísticos descriptivos de la población por institución educativa.

Estadísticos descriptivos							
Colegio	N	Mínimo	Máximo	Media (M)	Desv. típ. (s)	Asimetría (α)	Kurtosis (k)
Colegio 1	36	9,25	20,00	15,7083	2,83945	-,765	-,009
Colegio 2	40	1,25	13,50	7,3813	3,31662	-,119	-1,033
Colegio 3	15	2,50	20,00	12,6000	5,72728	-,086	-1,306
Colegio 4	59	,00	19,75	9,0508	4,16336	,500	,093

En el análisis exploratorio de los datos graficados en la Figura 11, se evidenció la distribución significativamente diferencial de los datos obtenidos en cada colegio, observándose cómo el recorrido de la variable, así como la distribución del 25% superior e inferior y la distribución del 50% alrededor de las medianas fue diferente.

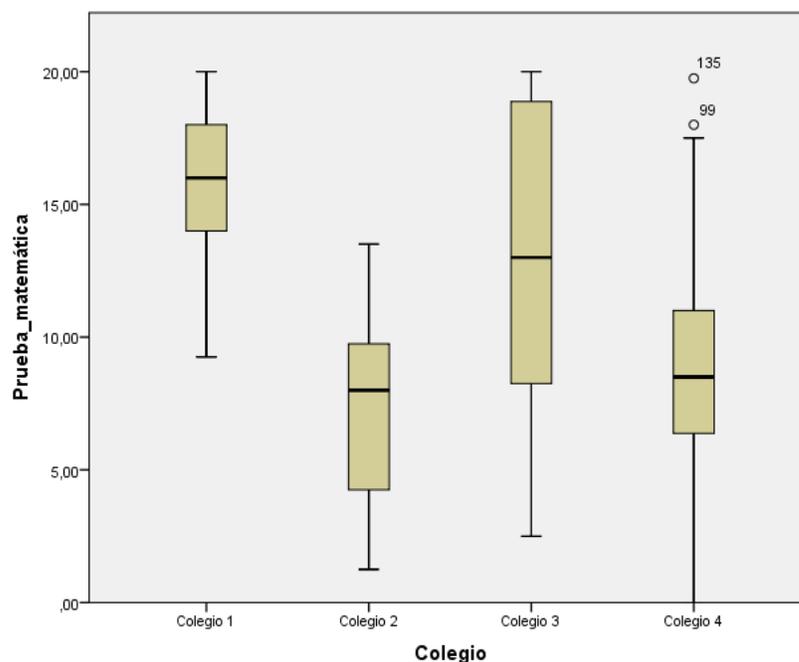


Figura 11. Distribución por colegios de las calificaciones en la prueba de matemáticas.

En el colegio 1 el 25% superior obtuvo puntuaciones entre 18 a 20 puntos, mientras que en el 25% inferior de las puntuaciones se ubicaron en el intervalo de 9 a 14 puntos. La mediana se ubicó en los 16 puntos, y el 50% de la muestra se encontró entre 14 y 18 puntos. Por su parte, en el colegio 2 el 25% superior de las puntuaciones presentó un recorriendo entre 10 a 13 puntos, las puntuaciones del 25% inferior se hallaron entre 1 a 4 puntos. La mediana en este colegio fue 8 puntos, y el 50% central de las puntuaciones de los niños se halló entre 4 a 10 puntos.

En el colegio 3 el 25% superior de las puntuaciones de los niños se encontró entre el rango de 19 y 20 puntos, mientras que el 25% inferior presentó puntuaciones entre 2 a 8 puntos. La mediana de las puntuaciones en este colegio fue de 13 puntos, y el 50% central de la distribución se halló entre 8 a 19 puntos. El 25% superior de los evaluados en el colegio 4 presentó puntuaciones entre 11 a 17 puntos y se hallaron puntuaciones atípicas de 18 y 19.75 puntos, por su parte el 25% inferior de las puntuaciones estuvo comprendida entre 0 a 6 puntos. La mediana en este colegio fue de 8.5

puntos y, el 50% central de la distribución se ubicó dentro del intervalo de 6 a 11 puntos.

Acerca de la dispersión de los datos, los estudiantes del colegio 1 fueron los que presentaron las mayores puntuaciones con el menor índice de variación ($M= 15.7; CV=18.08\%$), por lo tanto, el rendimiento en aritmética en la población estudiantil de tercer grado de esta institución fue homogéneo. Por su parte, los niños evaluados en los colegios 2 y 4 presentaron en promedio el rendimiento más bajo ($M=7.38; M=9.05$, respectivamente), pero las distribuciones de ambas instituciones resultan muy heterogéneas (44.85% y 45.96%, respectivamente). Finalmente, aunque la media de las puntuaciones del colegio 3 supera a la de los colegios 2 y 4, y solapa a las del colegio 1, las mismas son en demasía heterogéneas ($CV=45.39\%$).

En base al análisis anteriormente descrito, el colegio 1 fue el que obtuvo el mejor rendimiento, seguido por el colegio 3 aunque con mayor variabilidad; el colegio 4 con una media similar al colegio 2, obtuvo en el recorrido del 25% superior mejor rendimiento que el colegio 2, que fue el que finalmente los niños rindieron más bajo.

Una vez obtenidos estos resultados, a través del cálculo del 10% superior e inferior de las calificaciones totales, se obtuvo como puntos de corte las puntuaciones de 18 y 5 puntos respectivamente, los cuales sirvieron para la selección de los niños de la muestra.

Otros resultados que cabe destacar en el análisis poblacional, es que en general las niñas rindieron mejor que los varones en la prueba de matemática, presentando éstas una $M=12.0779$ y $s=4.77887$, con una distribución sesgada negativamente y con forma platicúrtica ($\alpha=-1.41; k=-0,929$); por el contrario, los niños obtuvieron una $M=8.9555$ con $s=4.75791$, presentando una distribución sesgada positivamente y con forma platicúrtica ($\alpha=0.567; k=-0.277$) (Tabla 6).

Tabla 6.

Descriptivos de la muestra global según el sexo

	Sexo	N	Media (M)	Desviación típ. (s)	Asimetría (α)	Kurtosis (k)
Prueba de matemática	Femenino	77	12,0779	4,77887	-0.141	-0.929
	Masculino	73	8,9555	4,75791	0.567	-0.277

Se realizó un contraste estadístico para explorar si existían diferencias significativas entre los puntajes de la prueba de matemática según el sexo, encontrando que sí existieron diferencias significativas entre hembras y varones, siendo las niñas las que obtuvieron el mayor puntaje general (Tabla 7).

Tabla 7.

Contraste de medias entre las puntuaciones en la prueba de matemática según el sexo.

	Prueba de Levene		Prueba T para la igualdad de medias		
	F	Sig.	T	gl	Sig. (bilateral)
Prueba de matemática	0.811	0.369	4.008	148	0.00

Además se realizó un análisis exploratorio de datos del desempeño de los niños evaluados en la prueba de matemáticas y, el grupo de las niñas obtuvo una mediana de 11.75 puntos, con un recorrido de los datos que va desde 2.25 hasta 20 puntos; el 25% inferior de los mismos se agrupó hasta los 8.5 puntos, mientras que el 25% superior se localizó entre los 16 y 20 puntos de la prueba. El 50% de los datos se localizó entre los 8.5 y 16 puntos. Por su parte, el grupo masculino presentó una mediana de 8.5 puntos, con un

recorrido en la variable desde los 0 puntos hasta los 20 puntos; el 25% inferior de los puntajes se agrupó hasta los 5.3750 puntos y el 25% superior se localizó entre los 11 y los 20 puntos. El 50% de los datos se encontró entre los 5.375 hasta los 20 puntos (Figura 12).

Se pudo observar a través de la representación visual del AED que las niñas se desempeñaron en general mejor que los varones, presentando mejores puntuaciones y una distribución más heterogénea, mientras que los varones obtuvieron datos medios más bajos y un recorrido que abarca todas las puntuaciones de la prueba.

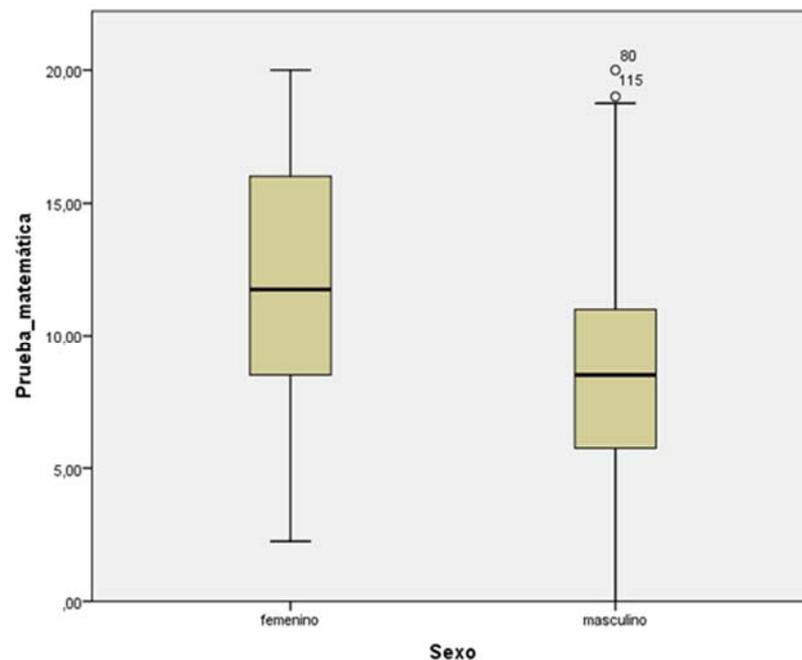


Figura 12. Distribución de las puntuaciones en la prueba de matemática de Psicología Escolar de la UCAB (2003) según el sexo.

Variables a Controlar

Se realizaron análisis descriptivos de dos de las variables controladas, la edad y el sexo de los sujetos, ya que la tercera variable, el nivel de estudios

fue homogeneizado al pertenecer la muestra solamente al tercer grado de educación básica.

Con respecto a la edad y el sexo, el grupo de alto rendimiento estuvo conformado por 6 niños de 8 años (4 hembras y 2 varones) y 4 niños con 9 años (1 hembra y 3 varones); el grupo de bajo rendimiento estuvo conformado por 4 niños de 8 años (2 hembras y 2 varones) y 6 niños de 9 años (3 hembras y 3 varones). Estos valores pueden apreciarse en la Tabla 8.

Tabla 8.

Frecuencias de la edad y sexo según el grupo de pertenencia

Edad	Alto Rendimiento		Bajo Rendimiento		Totales
	Femenino	Masculino	Femenino	Masculino	
8	4	2	2	2	10
9	1	3	3	3	10
Totales	5	5	5	5	20

Al realizar los análisis descriptivos de la variable edad, se encontró que el grupo de alto rendimiento obtuvo una media de 8.40 años, con una $s=0.515$, presentando una asimetría positiva ($\alpha=0.484$) y una distribución platicúrtica ($k=-2.277$). De la misma forma, el grupo de bajo rendimiento obtuvo una $M=8.60$ años con una $s=0.515$. Además, presenta una distribución asimétrica negativamente ($\alpha=-0.484$) y platicúrtica ($k=-2.277$), lo que se aprecia en la Tabla 9.

Tabla 9.

Descriptivos de la variables edad por grupos de alto y bajo rendimiento

Edad	Grupos	N	Media (M)	Desviación (s)	Asimetría (α)	Kurtosis (k)
	Alto Rendimiento	10	8.40	0.516	0.484	-2.277
	Bajo Rendimiento	10	8.60	0.516	-0.484	-2.277

Conductualmente, se realizó un análisis descriptivo de las pruebas del dominio de aritmética según el sexo. A continuación la Tabla 10 resume los estadísticos descriptivos encontrados.

Tabla 10.

Descriptivos de las puntuaciones en las pruebas del dominio de Aritmética del ENI en niños y niñas.

Sexo	Prueba	Media (M)	Desviación (s)	Asimetría (α)	Kurtosis (k)
Masculino	Conteo	8.60	3.864	-0.559	-1.067
	Lectura de números	9.60	2.221	-0.812	0.688
	Dictado de números	8.90	2.601	0.420	-1.562
	Comparación de números escritos	11.60	0.966	1.035	-1.224
	Ordenamiento de cantidades	7.00	4.967	-0.857	-1.393
	Serie directa	9.00	3.859	-1.929	2.846
	Serie Inversa	11.10	2.514	-0.979	-0.788
	Cálculo mental	8.80	4.315	-0.732	0.580
	Cálculo escrito	8.20	3.458	-1.400	3.496
	Problemas aritméticos	10.00	2.211	0.154	-0.212
Femenino	Conteo	9.90	3.247	-0.570	-1.212
	Lectura de números	10.70	3.466	-0.325	-0.773
	Dictado de números	10.10	3.510	0.108	-1.397
	Comparación de números escritos	9.90	3.604	-1.092	-0.180
	Ordenamiento de cantidades	9	3.333	-2.025	3.475
	Serie directa	11.00	0	-	-
	Serie inversa	10.30	4.057	-2.119	4.942
	Cálculo mental	10.10	3.900	-.276	-1.309
	Cálculo escrito	8.90	3.665	-0.679	2.213
	Problemas aritméticos	9.80	3.011	-0.371	0.514

Se encontró que no existieron diferencias estadísticamente significativas al 5% entre las hembras y varones de la muestra para ninguna de las pruebas de la ENI, sin embargo, al realizar el análisis exploratorio de los datos, en algunas pruebas se encontraron distribuciones con

comportamientos diferenciales de los datos. Este comportamiento se puede observar en los gráficos del 6 hasta el 15, que se describieron a continuación.

En la prueba de conteo el 25% inferior de las puntuaciones de los niños se encontró dentro del intervalo de 2 puntos a 5, por su parte las puntuaciones del 25% superior de los niños fue de 11 a 13 puntos, mientras que la mediana de la distribución fue de 10 puntos, y el 50% central de la distribución estuvo comprendido por puntuaciones entre 5 a 11 puntos. Con respecto al 25% inferior de las niñas las puntuaciones se encontraron entre 5 a 7 puntos y el 75% restante de las puntuaciones se encontró entre 7 a 13 puntos, presentando una mediana de 10 puntos (Figura 13).

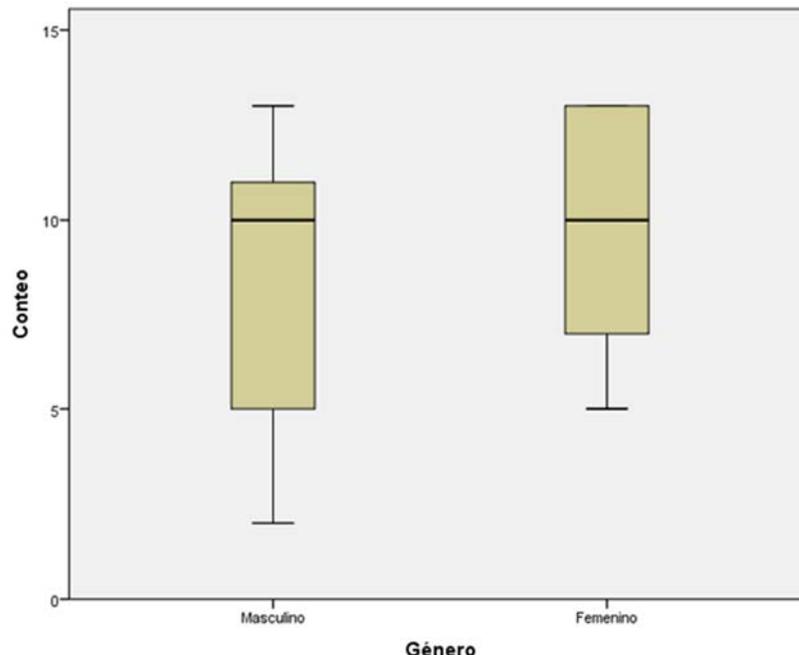


Figura 13. Diferencias en las dispersiones en los puntajes de la prueba de Conteo de la ENI según el sexo

Con respecto a la distribución de los niños en la prueba de lectura de números el 25% inferior presentó puntuaciones entre 5 a 8 puntos, el 75% restante se halló dentro un intervalo de 8 a 12 puntos, con una mediana de 10 puntos. El 25% inferior de las niñas evaluadas en esta prueba presentaron puntuaciones entre 5 a 9 puntos, mientras que el 25% superior presentó

puntuaciones entre 14 a 15 puntos y el 50% central de las puntuaciones presento una distribución entre 9 a 14 puntos, con una mediana de 10.5 puntos (Figura 14).

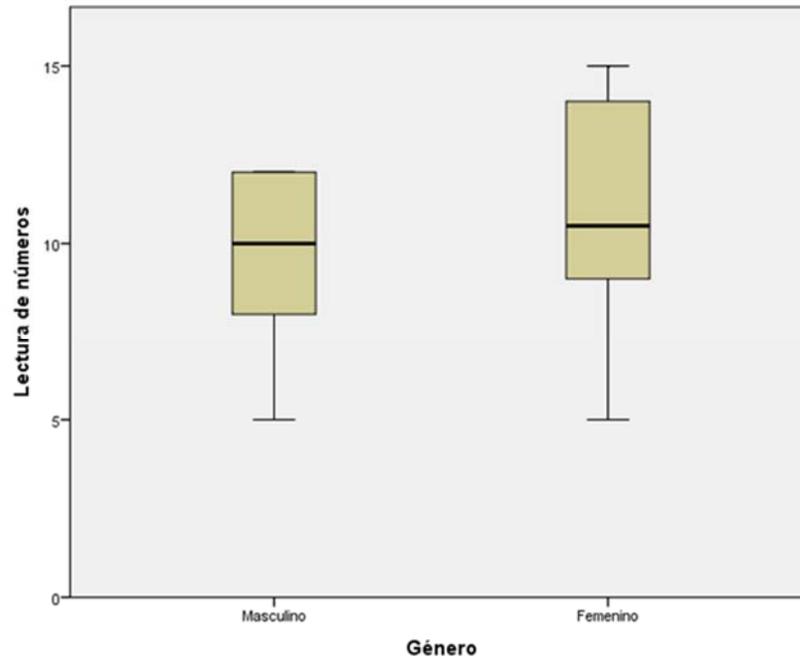


Figura 14. Diferencias en las dispersiones en los puntajes de la prueba de Lectura de Números de la ENI según el sexo.

Para la prueba de Dictado de Números se observó que el 25% inferior de las puntuaciones de los niños se ubicó dentro del intervalo de 6 a 7 puntos, por su parte el 25% superior presentó puntuaciones entre 11 a 13 puntos, y el 50% central estuvo conformado por puntuaciones entre 7 a 11 puntos, con una mediana de 8 puntos. Con respecto a las niñas, el 75% inferior estuvo conformado por 6 a 12 puntos y el 25% superior estuvo conformado por 12 a 15 puntos, con una mediana de 10.5 puntos (Figura 15).

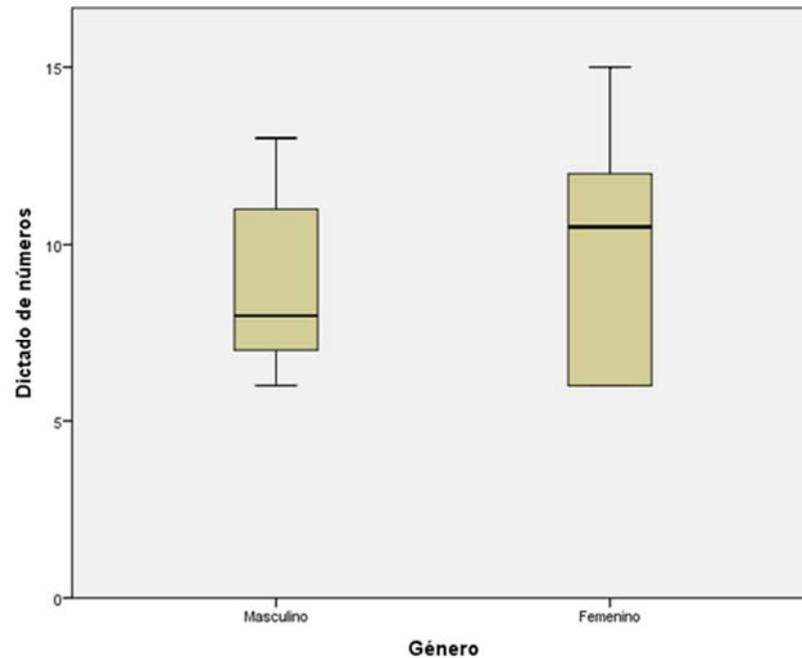


Figura 15. Diferencias en las dispersiones en los puntajes de la prueba de Dictado de Números de la ENI según el sexo.

En la prueba de comparación de Números Escritos las puntuaciones de los niños evaluados se distribuyó en su totalidad entre 11 y 13 puntos, con una mediana de 11 puntos. Por su parte el 25% inferior de las puntuaciones de las niñas presentó puntuaciones entre 3 a 7 puntos, mientras que el 75% superior de las puntuaciones de las niñas estuvo compuesto por puntuaciones entre 7 a 13 puntos, con una mediana de 11 puntos. Resaltó que el 100% de los datos de los niños se ubicaron en el 50% superior de las niñas (Figura 16).

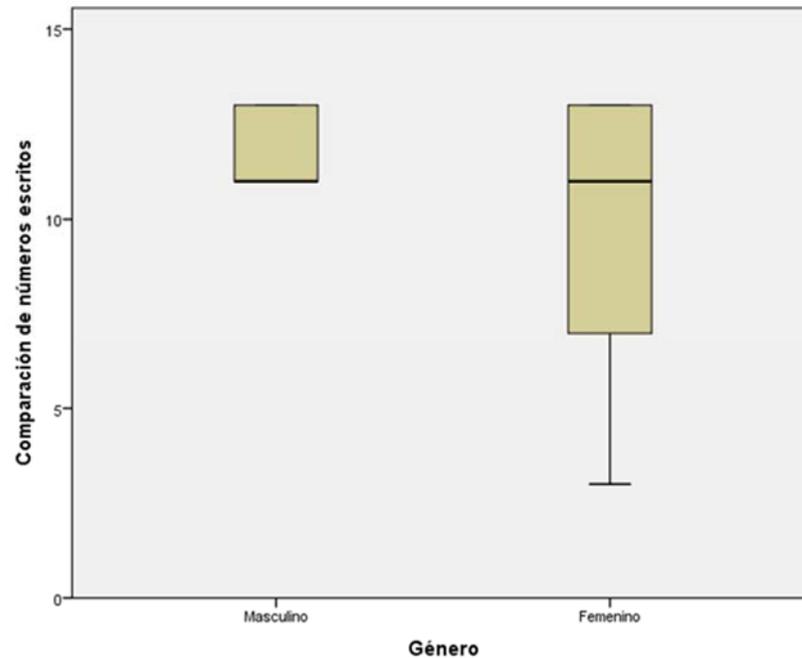


Figura 16. Diferencias en las dispersiones en los puntajes de la prueba de Comparación de Números escritos de la ENI según el sexo.

En la prueba de ordenamiento de cantidades las distribución total de las puntuaciones de los niños evaluados se encontró entre 0 a 11 puntos, con una mediana de 10 puntos. Por su parte, la distribución total de las puntuaciones de las niñas estuvo entre 10 a 11 puntos, más la presencia de dos datos atípicos: 5 y 1 punto, además, se halló una mediana de 10 puntos. En esta prueba de la ENI, contrariamente a la anterior, resalta la concentración del 98% de los datos de las niñas en el 50% superior del recorrido de la variable de los niños, en los cuales hubo mucha variabilidad (Figura 17).

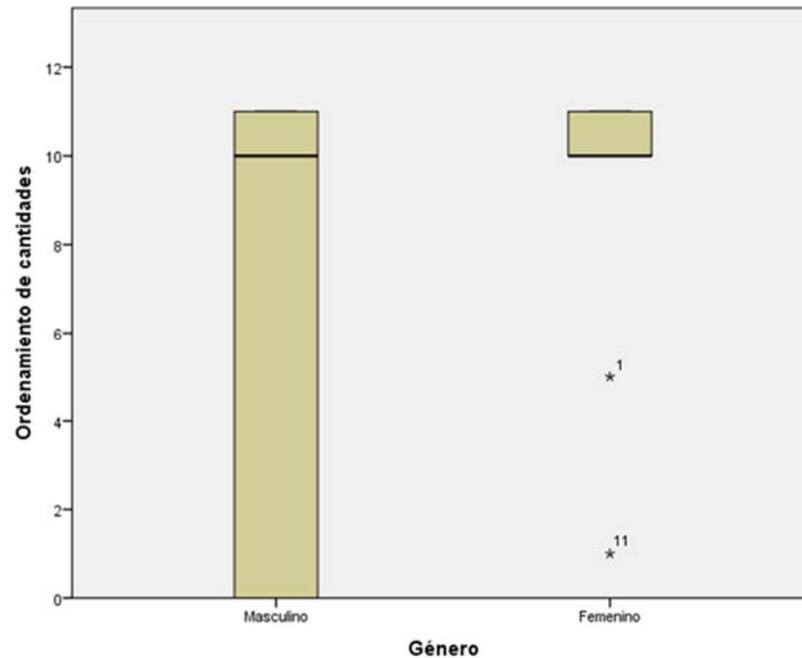


Figura 17. Diferencias en las dispersiones en los puntajes de la prueba de Ordenamiento de Cantidades de la ENI según el sexo.

Para el grupo de los niños en la prueba de Serie Directa, el 25% inferior de los datos se agrupó hasta los 7,75 puntos, mientras que el 25% superior se encontró a los 11 puntos; el 50% de todos los datos se agrupó entre los 7,75 y 11 puntos, siendo la mediana del grupo 11 puntos. Además, para este grupo se presentaron datos atípicos de 3 y 1,5 puntos. El grupo de las niñas obtuvo siempre el mismo puntaje; no se encontró recorrido de la variable, siendo la mediana de las puntuaciones 11 puntos. En el gráfico se puede apreciar que las puntuaciones obtenidas por ambos grupos es elevada, mostrando un óptimo desempeño en la tarea de seriación (Figura 18).

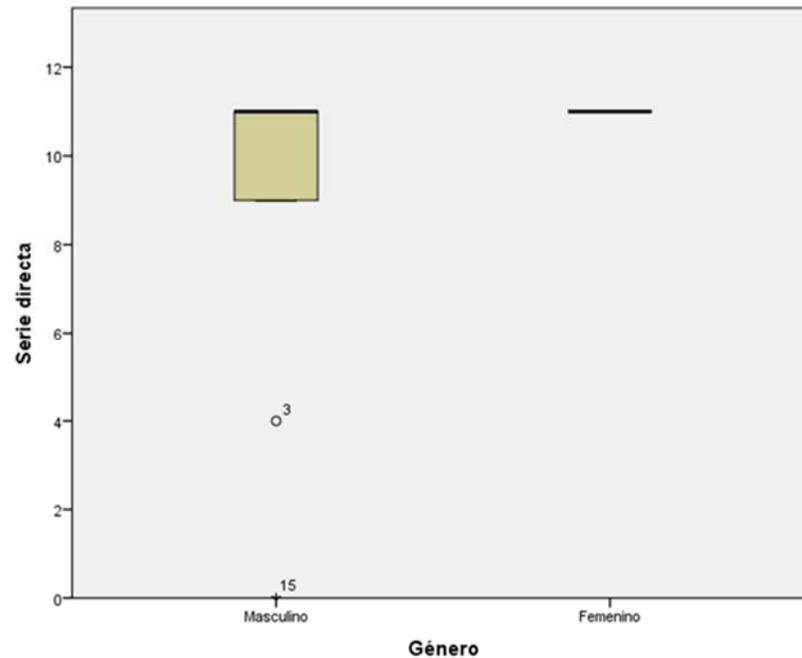


Figura 18. Diferencias en las dispersiones en los puntajes de la prueba de Serie Directa de la ENI según el sexo.

En el Figura 19 se presentó las distribuciones para la tarea de Seriación Inversa en los grupos de niños y niñas, las cuales fueron muy similares. Los niños en este grupo presentaron una mediana de 12.5 puntos, agrupándose en 75% de los datos entre las puntuaciones de 8,5 y 13 puntos, siendo este último la puntuación máxima del grupo. Las niñas por su parte, obtuvieron una mediana de 12 puntos, con una distribución cuyo 75% de los datos se agrupa entre 8,75 y 13, siendo este último el dato máximo obtenido en el grupo. Además se presentó un dato extremo con una puntuación de 0, en este grupo.

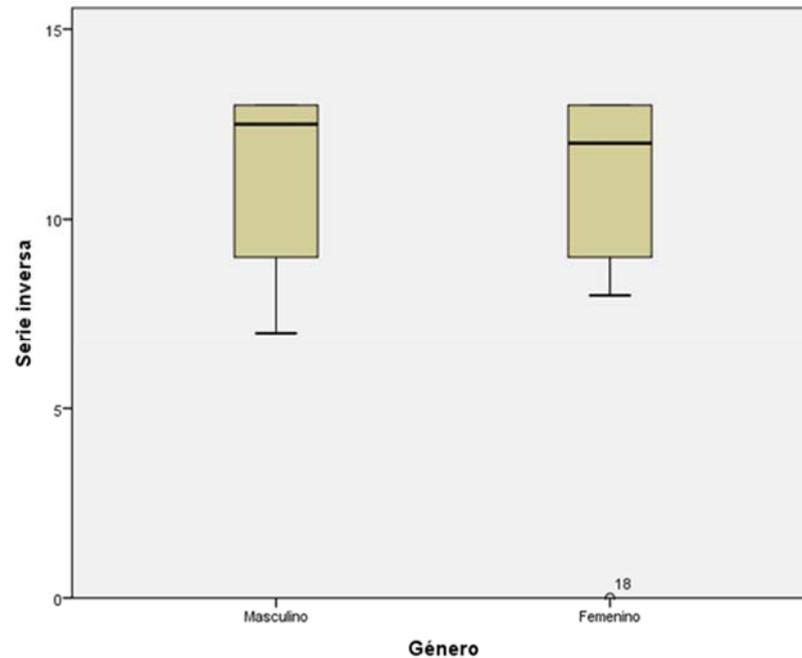


Figura 19. Diferencias en las dispersiones en los puntajes de la prueba de Serie Inversa de la ENI según el sexo.

En la prueba de Cálculo Mental se observó que el 25% inferior de las puntuaciones de los niños se ubicó dentro del intervalo de 0 a 7 puntos, mientras que el 25% superior presentó puntuaciones entre 12 a 14 puntos, y el 50% central de la distribución se ubicó entre 7 a 12 puntos, con una mediana de 9 puntos. Por su parte, el 25% inferior de las niñas ostentó una puntuación entre 4 a 8 puntos, mientras que el 25% superior presentó puntuaciones entre 14 a 15 puntos, la distribución del 50% central de los datos fue de 8 a 14 puntos, con una mediana de 10 puntos (Figura 20).

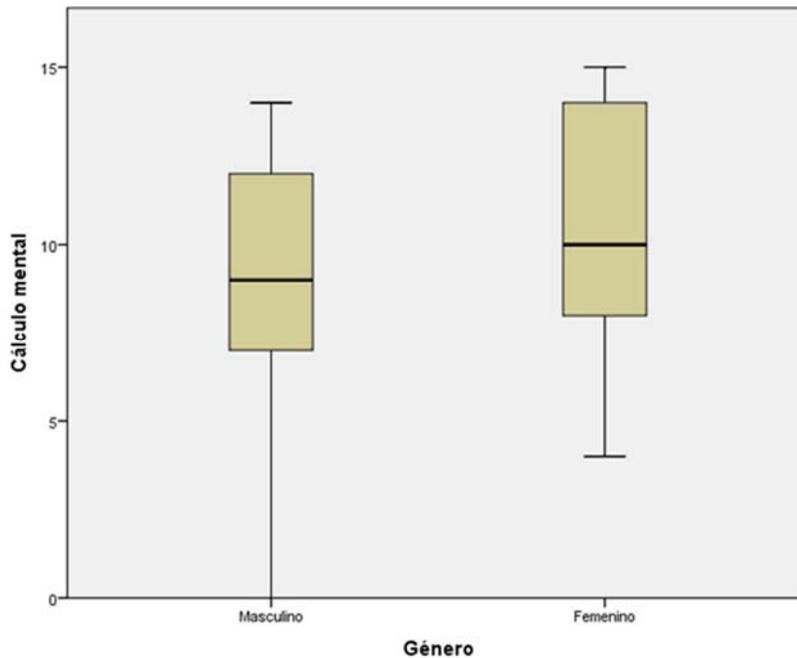


Figura 20. Diferencias en las dispersiones en los puntajes de la prueba de Cálculo Mental de la ENI según el sexo.

En la prueba de Cálculo Escrito, el 75% inferior de las puntuaciones de los niños estuvieron conformadas entre 7 a 10 puntos, mientras que el 25% superior presentó una distribución de 10 a 13 puntos, con una mediana de 9 puntos y un dato atípico de 0. Con respecto al desempeño del 25% inferior de las niñas en esta prueba se halló una distribución entre 1 a 7 puntos, mientras que el 25% superior ostentó puntuaciones entre 11 a 15 puntos, y el 50% central estuvo constituido por puntuaciones de 7 a 11 puntos, con una mediana de 9 puntos (Figura 21).

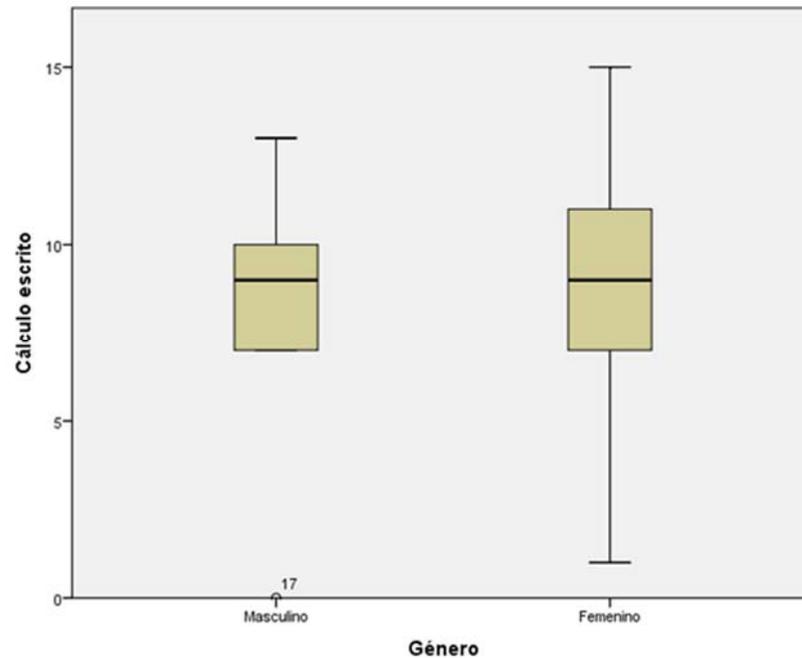


Figura 21. Diferencias en las dispersiones en los puntajes de la prueba de Cálculo Escrito de la ENI según el sexo.

La distribución del 25% inferior de los niños evaluados en la prueba de Problemas Numéricos ostentó puntuaciones entre 7 a 8 puntos, mientras que el 25% superior se halló entre 11 a 14 puntos, y el 50% central de la distribución estuvo constituido por puntuaciones de 8 a 11 puntos, con una mediana de 10 puntos. Por su parte el 25% inferior de la distribución de las puntuaciones de las niñas se encontró entre 4 a 8 puntos, mientras que el 25% superior de las puntuaciones se halló a 11 a 14 puntos, y el 50% central ostentó puntuaciones entre 8 a 11 puntos, con una mediana de 10 puntos (Figura 22).

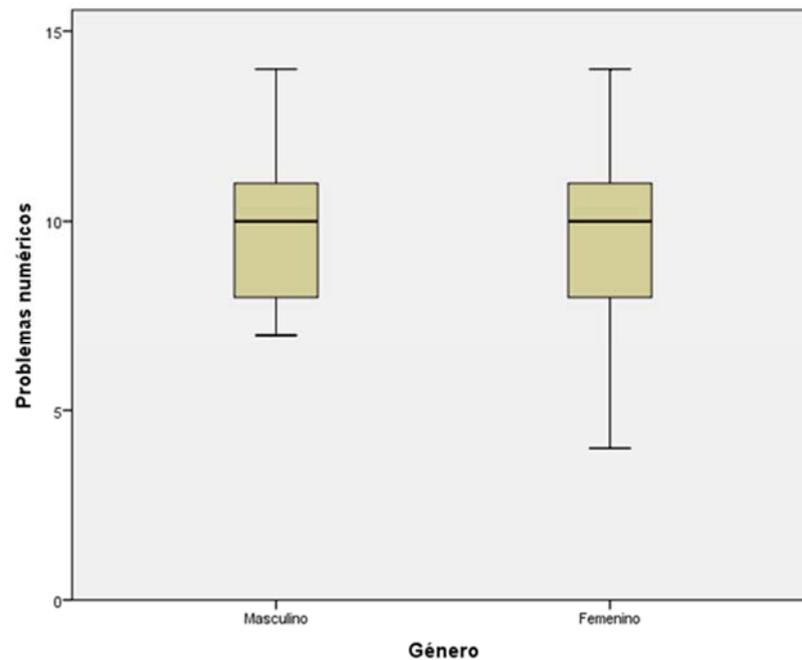


Figura 22. Diferencias en las dispersiones en los puntajes de la prueba de Problemas Numéricos de la ENI según el sexo.

Electrofisiológicamente, se realizaron análisis para las pruebas de Lectura de Números y Problemas Aritméticos, las pruebas seleccionadas para el análisis. A continuación se presenta una tabla resumen con las medias y desviaciones tanto en la prueba de Lectura de Números como en la de problemas aritméticos (Tabla 11).

Tabla 11

Medias y desviaciones de la latencia, amplitud y área bajo la curva en las pruebas de Lectura de Números y problemas aritméticos en niñas y niños

Prueba	Sexo	Variable	Media (M)	Desviación (s)
Lectura de números	niñas	Latencia	350,42	56,44
		Amplitud	0,9313	0,6522
		Área bajo la curva	160253,0443	214609,1429
	niños	Latencia	346,62	57,53
		Amplitud	0,758	0,5100
		Área bajo la curva	101673,6618	133036,8440
Problemas aritméticos	niñas	Latencia	350,39	56,80
		Amplitud	0,4228	0,2673
		Área bajo la curva	33047,329	37795,785
	niños	Latencia	348,33	53,43
		Amplitud	0,4877	0,3819
		Área bajo la curva	46549,088	79131,2419

Se encontraron diferencias entre las amplitudes ($p. 0.011$) y el área bajo la curva ($p. 0.005$) en la prueba de Lectura de Números, en las cuales las niñas presentaron las mayores medidas en ambas variables; es decir las niñas mostraron un mayor esfuerzo y un mayor procesamiento de la

información en ambas pruebas; en la prueba de Problemas Aritméticos no se encontraron diferencias significativas. Este procedimiento estadístico se realizó con la prueba de U de Mann-Whitney, con una significancia del 5%.

Variables Conductuales

De esta muestra de 20 sujetos a los que se les administró la Evaluación Neuropsicológica Infantil (ENI), se obtuvieron los resultados conductuales pertenecientes a las pruebas de Aritmética; los mismos se agruparon por grupos de alto y bajo rendimiento para el análisis, según lo estipulado en la prueba de Psicología Escolar de matemática (UCAB, 2003) administrada anteriormente.

En primer lugar el grupo de alto rendimiento obtuvo en la prueba de Conteo una $m=8,80$ con una desviación de 3,5 y una distribución asimétrica negativamente ($-0,690$), por lo que la distribución de los datos se encontraban más hacia puntuaciones altas en la escala, con tendencia a ser mesocúrtica ($-0,053$).

Para la prueba de Lectura de Números el grupo presentó una $m=12,20$ y una $s=1,93$; presentando una distribución cuyos datos se agrupaban hacia el lado inferior de la escala ($\alpha= 0,342$) y mesocúrtica con tendencia a la platocurtosis ($k=-1,149$). En la prueba de Dictado de Números, este grupo obtuvo una media de 11,90 y una $s= 2,28$; encontrando que su distribución era asimétrica negativa ($-0,688$), es decir que los datos se agrupaban hacia el extremo superior de los puntajes y la misma era platicúrtica ($k=1,806$).

Para la prueba de Comparación de Números Escritos, el grupo de alto rendimiento presentó una $M=$ de 11,80 con una $s=1,03$; cuya distribución de los datos fue sesgada positivamente ($\alpha=0,484$) y platicúrtica ($k=-2,77$). Para la prueba de Ordenamiento de Cantidades, se obtuvo una media de 10,30 y una desviación de 1,25 presentando una distribución sesgada negativamente

($\alpha=2,405$) y con forma leptocúrtica, lo que indica que la distribución fue sumamente homogénea ($k=6,336$).

Siguiendo en los niños de alto rendimiento, en la prueba de Serie Directa este grupo obtuvo $M=10,30$ con una $s=2,21$, mostrando una distribución sesgada negativamente ($\alpha=-3,162$) y en extremo platicúrtica ($k=10$) lo que habla de muy poca variación dentro del grupo en esta prueba. Posteriormente, al contestar la prueba de Serie Inversa, el grupo obtuvo una $M=12,20$ y una $s=1,31$, presentando así una distribución con asimetría negativa ($\alpha=1,913$) y leptocúrtica ($k=3,607$).

La prueba de Cálculo Mental tuvo una $M=12,70$ y una $s=1,88$ presentando una distribución negativamente sesgada ($\alpha=-0,821$) y con forma platicúrtica ($k=-0,157$). En el Cálculo Escrito, la media fue de $10,60$ y una desviación de $2,31$ con una distribución con asimetría positiva de $0,476$ y platicúrtica ($k=0,186$). En último lugar, el grupo de alto rendimiento presentó en la prueba de Problemas Aritméticos una $M= 11,50$, y $s=2,57$; obteniendo así una distribución sesgada positivamente ($\alpha=0,668$) y con forma platicúrtica ($k=-1,629$).

Para el grupo de bajo rendimiento en la prueba de Conteo se obtuvo una $M=9,70$ y $s=3,68$ presentando una distribución asimétrica negativamente ($\alpha=-0,686$) y con forma platicúrtica ($k=-1,364$). Para la prueba de Lectura de Números este grupo tuvo una $M=8,10$ y $s=2,13$ con una distribución negativamente sesgada ($\alpha=-0,420$) y forma platicúrtica ($k=-1,145$). En la prueba de Dictado de Números obtuvieron una $M=7,10$ y $s=1,37$ con una distribución asimétrica positiva ($\alpha=1,075$) y forma platicúrtica ($k=0,614$). Para la prueba de Comparación de Números Escritos, se obtuvo una $M=9,70$ con $s=3,46$ presentando una distribución sesgada negativamente ($\alpha=-1,106$) con forma platicúrtica ($k=-0,054$).

Este grupo en la prueba de Ordenamiento de Cantidades presentó una $M=5,70$ con $s=4,96$; con una distribución sesgada negativamente ($\alpha=-0,218$) y

una forma platicúrtica con tendencia a la normalidad ($k=-2,257$). En Serie Directa, el grupo de bajo rendimiento tuvo una $M=9,70$ con $s=3,46$; esto formando una distribución asimétrica negativa ($\alpha=-2,988$) con forma leptocúrtica ($k=9,089$). Para la Serie Inversa, la media obtenida fue de $9,20$ con una desviación de $4,05$ presentando una distribución sesgada negativamente ($\alpha=-1,285$) y con forma platicúrtica ($k=2,072$).

Respecto a la prueba de Cálculo Mental, este grupo obtuvo una $M=6,20$ y una $s=2,78$ presentando una distribución sesgada negativamente ($\alpha=-1,265$) y una forma platicúrtica ($k=1,682$). Referente a la prueba de Cálculo Escrito, se obtuvo una $M=6,50$ con $s=3,30$ presentando una distribución asimétrica negativa ($\alpha=-1,450$) con forma ($k=0,866$). En último lugar la prueba de Problemas Aritméticos presentó una $M=8,30$ y $s=2,21$ formando una distribución sesgada negativamente ($\alpha=-0,473$) con forma platicúrtica ($k=-0,036$). Estos resultados descriptivos por grupos se representan en la Tabla 12.

Tabla 12.

Descriptivos de las pruebas del dominio de Aritmética del ENI para los grupos de alto y bajo rendimiento.

Pruebas	Rendimiento	Media (M)	Desviación (s)	Asimetría (α)	Kurtosis (k)
Conteo	Alto rendimiento	8,80	3,5	-0,690	-0,053
Lectura de números		12,20	1,93	0,342	-1,149
Dictado de números		11,90	2,28	-0,688	1,806
Comparación de números escritos		11,80	1,03	0,484	-2,77
Ordenamiento de cantidades		10,30	1,25	-2,405	6,336
Serie directa		10,30	2,21	-3,162	10
Serie inversa		12,20	1,31)	-1,913	3,607
Cálculo mental		12,70	1,88)	-0,821	-0,157
Cálculo escrito		10,60	2,31)	0,476	0,186
Problemas aritméticos		11,50	2,57)	0,668	-1,629
		Media (M)	Desviación (s)	Asimetría (α)	Kurtosis (k)
Conteo	Bajo rendimiento	9,70	3,68	-0,686	-1,364
Lectura de números		8,10	2,13	-0,420	-1,145
Dictado de números		7,10	1,37	1,075	0,614
Comparación de números escritos		9,70	3,46	-1,106	-0,054
Ordenamiento de cantidades		5,70	4,96	-0,218	-2,257
Serie directa		9,70	3,46	-2,988	9,089
Serie inversa		9,20	4,05	-1,285	2,072
Cálculo mental		6,20	2,78	-1,265	1,682
Cálculo escrito		6,50	3,30	-1,450	0,866
Problemas aritméticos		8,30	2,21	-0,473	-0,036

Al ser la muestra de la presente investigación una muestra pequeña (N=20), en el cual el muestreo fue no probabilístico y por lo tanto no se cumplían los supuestos de normalidad, se decidió utilizar el estadístico no paramétrico para muestras independientes U de Mann-Withney, para contrastar a los grupos de alto y bajo rendimiento. Las diferencias encontradas entre los mismos a través de la misma, con una significancia de 0,05 se muestran en la Tabla 13.

Tabla 13.

Significancias correspondientes a los contrastes entre los grupos para cada una de las pruebas de la ENI.

Prueba	Significancia en el contraste de los grupos
Conteo	0,529
Lectura de números	0,00(*)
Dictado de números	0,00(*)
Comparación de números escritos	0,247
Ordenamiento de cantidades	0,011(*)
Serie directa	0,739
Serie Inversa	0,063
Cálculo Mental	0,00(*)
Cálculo escrito	0,03(*)
Problemas aritméticos	0,09 (*)

(*) $p < 0,10$.

A continuación en las figuras 23 hasta la 26, se muestran las distribuciones de las puntuaciones de ambos grupos en las pruebas de aritmética de la ENI:

En el subdominio de Conteo el 25% inferior de las puntuaciones de los evaluados pertenecientes al grupo de bajo rendimiento se hallaron entre 4 a 5 puntos, mientras que el 75% restante de las puntuaciones de este grupo se presentó dentro del intervalo de 5 a 13 puntos, con una mediana de 10.5 puntos. Por su parte, las puntuaciones del 25% inferior de los sujetos del grupo de alto rendimiento se encontró entre 2 a 7 puntos, las puntuaciones del 25% superior fueron de 11 a 13 puntos y el 50% central de la distribución de este grupo estuvieron conformadas por puntuaciones entre 7 a 11 puntos, con una mediana de 10 puntos (Figura 23).

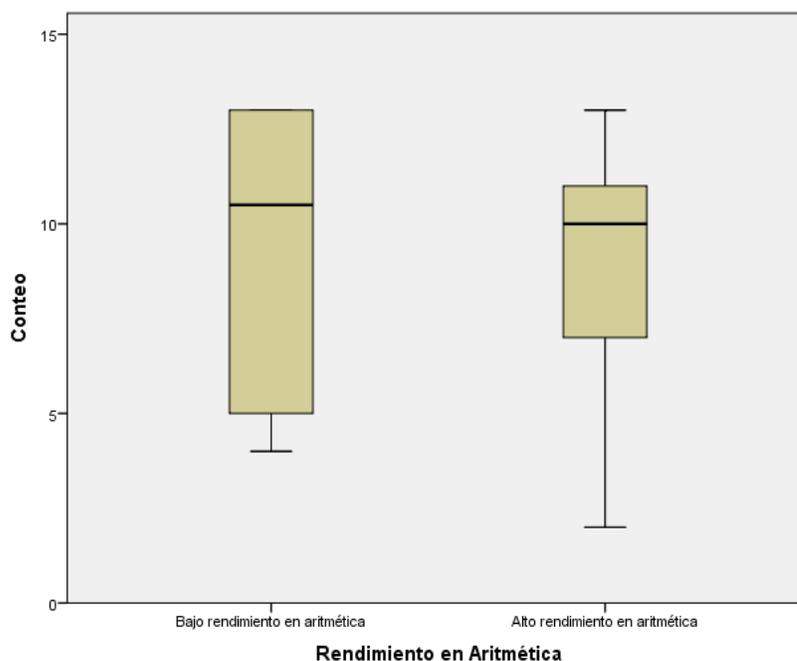


Figura 23. Distribuciones de las puntuaciones en la prueba de Conteo de la ENI en los grupos de bajo y alto rendimiento en Aritmética.

Con respecto a la prueba de Comparación de Número Escritos el 25% inferior de las puntuaciones de los niños pertenecientes al grupo de bajo

rendimiento se hallaron entre 3 a 7 puntos, mientras que las puntuaciones del 25% superior se ubicaron en el intervalo de 12 a 13 puntos. La mediana en este grupo fue de 11 puntos y, el 50% central de la distribución se ubicó entre 7 a 12 puntos. Por su parte, el 50% de las puntuaciones de los niños del grupo de alto rendimiento fue de 11 puntos, mientras que el 50% superior obtuvo puntuaciones que se ubicaron dentro del intervalo de 11 a 13 puntos, con una mediana de 11 puntos (Figura 24).

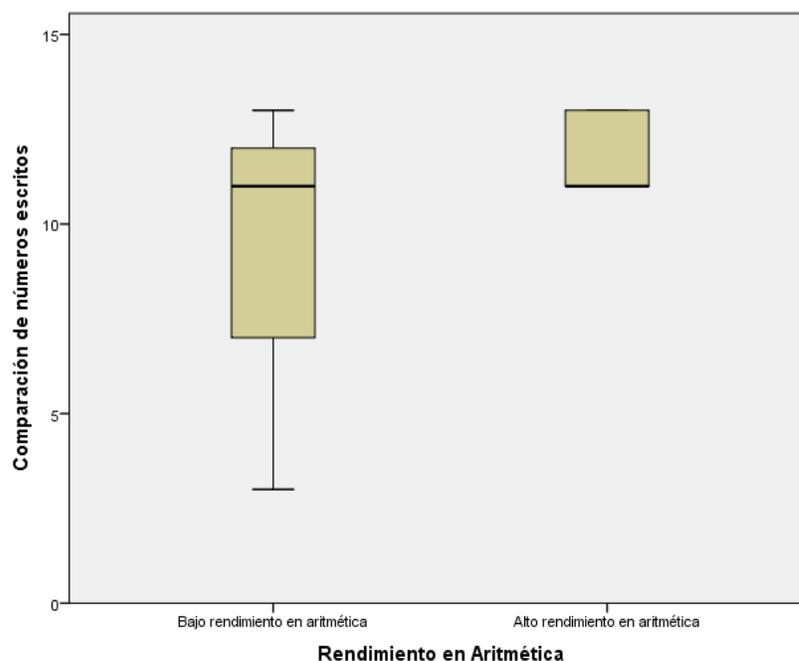


Figura 24. Distribuciones de las puntuaciones en la prueba de Comparación de Números Escritos de la ENI en los grupos de bajo y alto rendimiento.

En el subdominio de Serie Directa el 80% de los niños pertenecientes al grupo de bajo rendimiento obtuvieron 11 puntos, pero se presentaron dos datos atípicos: uno con 9 puntos y otro con 0. Por su parte, el 90% de los niños del grupo de alto rendimiento presentaron igualmente 11 puntos en este subdominio; sin embargo, en este grupo igualmente se presentó un dato atípico de 4 puntos (Figura 25).

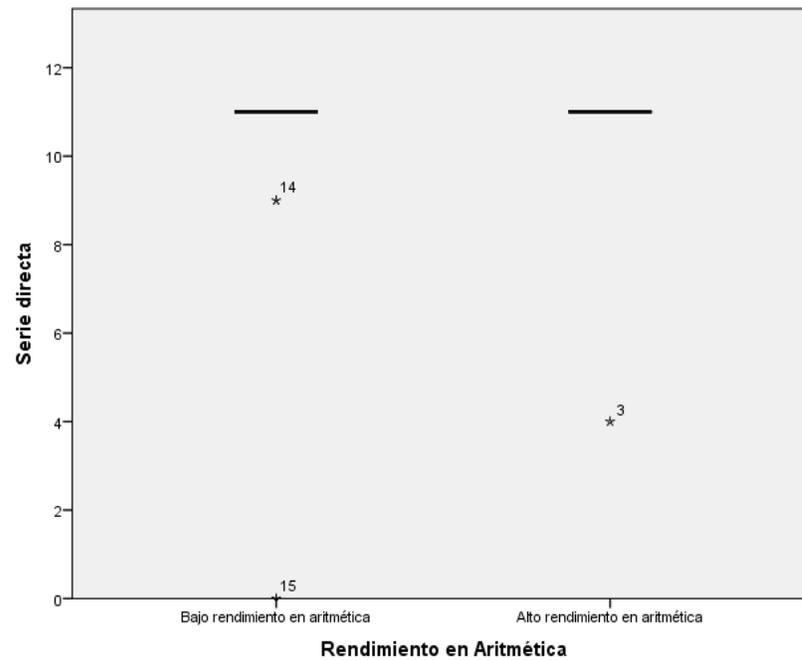


Figura 25. Distribuciones de las puntuaciones en la prueba de Serie Directa de la ENI en los grupos de bajo y alto rendimiento.

Las puntuaciones de los niños de bajo rendimiento en el subdominio de Serie Inversa el 25% inferior presentaron un recorrido de 0 a 7 puntos, mientras que el 75% restante de las puntuaciones entre 7 a 13 puntos, con una mediana de 9.5 puntos. Por su parte, el 25% inferior de las puntuaciones de los evaluados pertenecientes al grupo de alto rendimiento se halló un recorrido entre 11 a 12 puntos, al igual que un dato atípico de 9 puntos, y el 75% restante de este grupo presentó puntuaciones entre 12 a 13 puntos (Figura 26).

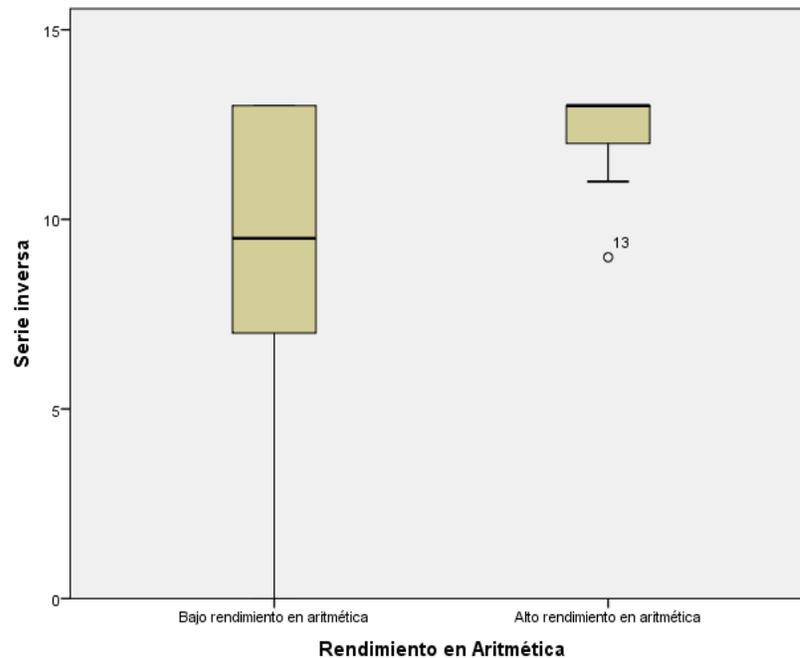


Figura 26. Distribuciones de las puntuaciones en la prueba de Serie Inversa de números de la ENI en los grupos de bajo y alto rendimiento.

Variables Electrofisiológicas

Una vez obtenidos estos resultados conductuales, se procedió a analizar descriptivamente los resultados electrofisiológicos de la latencia, la amplitud y el área bajo la curva en los componentes P300 y N400 de las pruebas que arrojaron diferencias significativas y están más alejadas entre sí con respecto al orden de aplicación y complejidad, es decir, las pruebas de Lectura de Números y Problemas Aritméticos, esto con el fin de comparar dichas pruebas y observar además si la dificultad de la tarea podían influir en las variables estudiadas.

Se analizaron en primer lugar los parámetros del componente P300 y luego los de N400, considerando los descriptivos, el contraste estadístico, el análisis exploratorio de datos y cualitativo para la caracterización topográfica en función de las redes cerebrales entre los niños del alto y bajo rendimiento,

para finalizar con el mapeo cerebral comparativo de los ERP entre los grupos por rendimiento y sexo.

Análisis del Componente P300

Lectura de Números

Se encontró que para el componente P300 en la prueba de Lectura de Números, el grupo de alto rendimiento obtuvo en la latencia una $M=297.43$ milisegundos (ms) con una $s=24.03$, obteniendo una distribución sesgada negativamente y platicúrtica ($\alpha=-0.34$ y $k=0.186$, respectivamente); mientras que el grupo de bajo rendimiento obtuvo una $M=297.85$ ms y una $s=25.79$ ms, presentando una distribución prácticamente simétrica ($\alpha=0.005$) y con una forma platicúrtica ($k=-0.978$), descriptivos que aparecen en la Tabla 14.

Tabla 14.

Descriptivos de las latencias P300 en la prueba de Lectura de números para los grupos de alto y bajo rendimiento

Rendimiento	Media (M)	Desviación (s)	Asimetría (α)	Kurtosis (k)
Alto	297.4368	24.03278	-0.34	0.186
Bajo	297.8574	25.79252	0.005	-0.978

No se encontraron diferencias significativas a nivel global en las latencias entre los grupos al utilizar la prueba de contraste U de Mann-Whitney ($p=0.828 > \text{sig}.0.05$), y al realizar contrastes para observar si existían diferencias significativas en las latencias en las diferentes áreas cerebrales en esta prueba, existieron diferencias significativas entre los grupos en las áreas F4 y C3.

En el análisis exploratorio de datos de las latencias entre los grupos de alto y bajo rendimiento, representado en la Figura 27, se encontró que las

distribuciones de ambos grupos fueron muy similares, siendo que el grupo de bajo rendimiento presentó una mediana de 297 ms, con un recorrido entre 250 y 349 ms; el 25% inferior se agrupó hasta los 275.5 ms y el 25% superior hasta los 349 ms. El 50% de los datos se agrupó entre los 275.5 y los 318.5 ms. Respecto al grupo de alto rendimiento, la latencia obtuvo una mediana de 300 ms, con un recorrido entre los 252 y los 348 ms; el 25% inferior se agrupó hasta los 281.5 ms y el 25% superior hasta los 348 ms. El 50% de los datos se agrupó entre los 281.5 y los 314.5 ms.

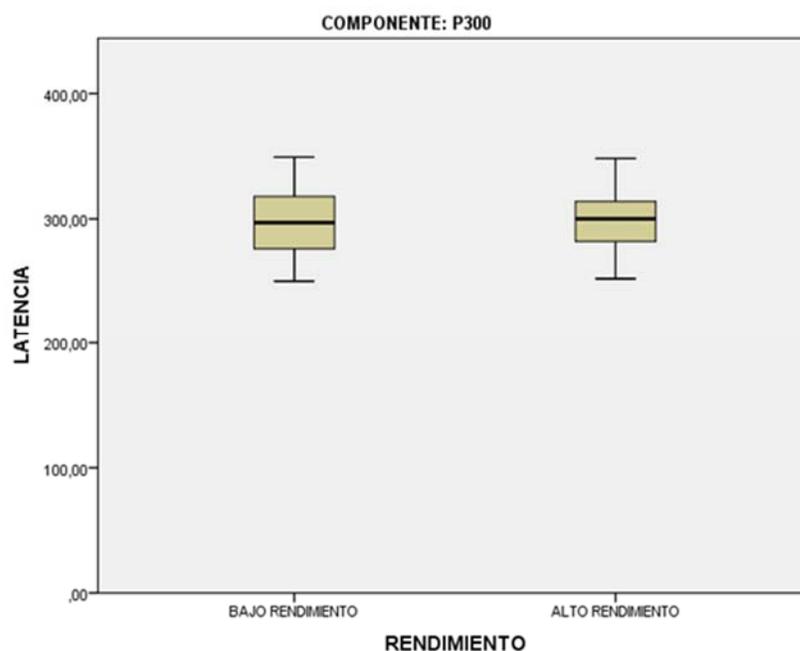


Figura 27. Distribución de las latencias en milisegundos de la onda P300 en la prueba de Lectura de Números.

En el análisis cualitativo regional cerebral de la latencia de P300 para la prueba de Lectura de Números, como se muestra en el histograma de la Figura 28, en general, los valores regionales fueron similares en ambos grupos a excepción de las diferencias estadísticamente significativas de F4 y C3 descritas en cuanto a un procesamiento más rápido evidenciado en los valores menores de las latencias. Sin embargo, se pudo observar como en los niños de alto rendimiento en Aritmética la latencia fue incrementándose progresivamente siguiendo una secuencia desde una menor a una mayor

latencia a través de las regiones F4, un procesamiento más rápido FP1, FP2, C4 y T6. En contraste los niños de bajo rendimiento el incremento siguió otro patrón: C3, P3 y T4.

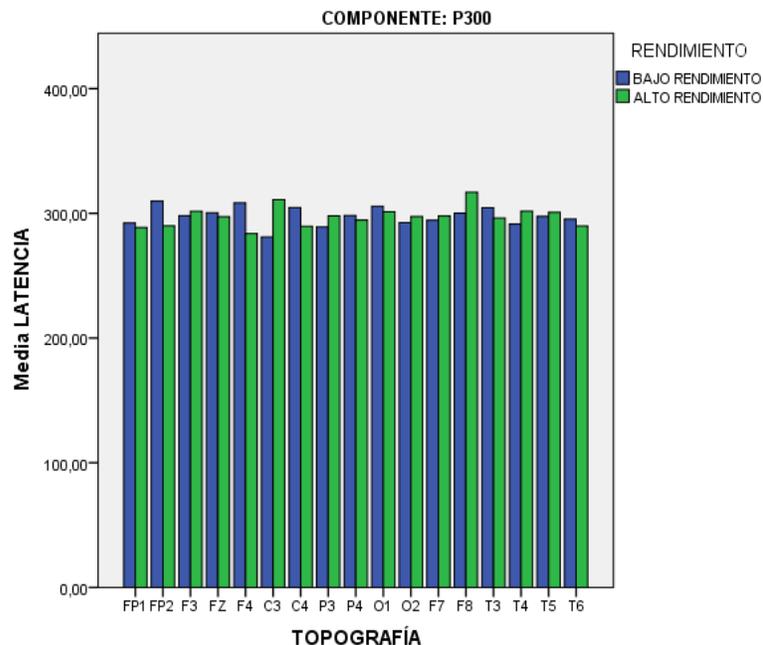


Figura 28. Medias de las latencias de P300, expresadas en milisegundos, por región cerebral y grupo de alto y bajo rendimiento en Lectura de Números.

En lo que respecta a la amplitud, para la prueba de Lectura de Números, los niños de alto rendimiento obtuvieron una $M=0.9308$ microvoltios (μV) y una $s=0.5411$, presentando una distribución sesgada positivamente con forma casi normal ($\alpha=1.394$; $k=2.904$); los niños con bajo rendimiento por su parte obtuvieron una $M=0.8059$ μV y $s=0.6786$, distribuyéndose los datos de forma platicúrtica y sesgada positivamente ($\alpha=1.122$; $k=1.892$). Lo anteriormente descrito se puede observar en la Tabla 15:

Tabla 15.

Descriptivos de las amplitudes de P300 en la prueba de Lectura de Números para los grupos de alto y bajo rendimiento

Rendimiento	Media (M)	Desviación (s)	Asimetría (α)	Kurtosis (k)
Alto	0.9308	0.5411	1.394	2.904
Bajo	0.8059	0.6786	1.122	1.892

No se encontraron diferencias significativas por medio de la prueba de contraste U de Mann-Whitney entre las amplitudes globales de ambos grupos ($0,213 > 0,05$), y al realizar los contrastes por área, se encontró que con una significancia bilateral de 0,1 existieron diferencias entre los niños de alto y bajo rendimiento en las áreas de FZ (0,096), F4 (0,049) y T3 (0,082).

El grupo de alto rendimiento tuvo mayor amplitud en las zonas cerebrales T3, FZ, FP2, F4 y P4. En contraposición, el grupo de bajo rendimiento mostró mayor amplitud las áreas O2, P4, T6, T5, T4, FP1 y FP2.

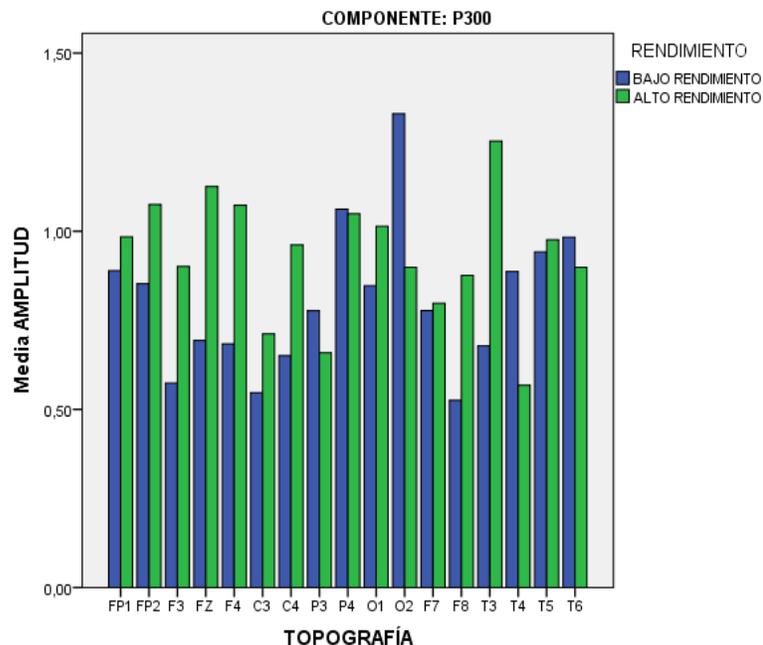


Figura 29. Medias de las amplitudes de P300, expresadas en microvoltios, por región cerebral y grupo de alto y bajo rendimiento en Lectura de Números.

Considerando el rendimiento y el sexo en función del nivel de activación cerebral evidenciado por la amplitud de las diversas regiones estudiadas en las figuras 30 al 31 se pueden observar los mapeos cerebrales de la amplitud de P300 arrojados por el programa Neuron-Spectrum 5, donde las regiones en rojo son las más activadas, seguidas de las amarillas y verdes, mostrando en azul las menos activadas en cada grupo estudiado.

En la Figura 30 se observa como en las niñas de bajo rendimiento se activaron más las zonas prefrontal izquierda (FP1), temporal derecha (T4), parietal izquierdo (P3) y occipital derecha (O2). Las niñas de alto rendimiento por el contrario activaron más las zonas prefrontal derecha (FP2), frontal derecho e izquierdo y el área frontal central (F4, F3 y FZ); central derecha e izquierda (C3 y C4) y parietal derecha (P4), observándose en las niñas de alto rendimiento concentración de mayor activación hacia regiones anteriores frontales y en las de menor rendimiento una mayor dispersión de las regiones cerebrales activadas particularmente hacia regiones posteriores.



Figura 30. Mapeos cerebrales de la amplitud de P300 en las niñas de bajo y alto rendimiento durante la prueba de Lectura de Números.

La Figura 31 muestra las áreas activadas en la prueba de Lectura de Números de los varones con alto y bajo rendimiento. Los niños de alto rendimiento presentaron activaciones en las áreas centrales y parietales derechas (C4 y P4); a diferencia de éstos, los niños de bajo rendimiento utilizaron regiones temporales anteriores y posteriores derechas (T4 y T6) y occipitales del mismo hemisferio (O2).

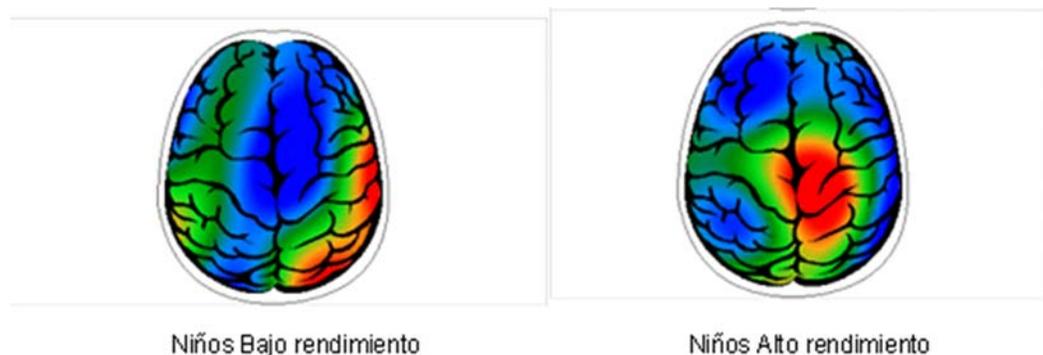


Figura 31. Mapeos cerebrales de la amplitud de P300 en los niños de bajo y alto rendimiento durante la prueba de lectura de Lectura de Números.

Por último, en lo que respecta al área bajo la curva en el componente P300, se encontró en la prueba de Lectura de Números que los niños con alto rendimiento poseen una $M=113255.44 \mu Vms$ y una $s=161222.88$, obteniendo así una distribución sesgada positivamente con forma leptocúrtica ($\alpha=2.989$; $k=11.650$); en comparación a los de bajo rendimiento que poseen una

M=81578,48 μ Vms y s=103696,18 distribuyéndose los datos de forma leptocúrtica y asimétrica positivamente ($\alpha=2.779$; $k=10.970$), datos que se resumen en la tabla 16.

Tabla 16.

Descriptivos de las áreas bajo la curva de P300 en los grupos de alto y bajo rendimiento en la prueba de Lectura de Números.

Rendimiento	Media (M)	Desviación (s)	Asimetría (α)	Kurtosis (k)
Alto	113255.4389	161222.8814	2.989	11.650
Bajo	81578.48206	103696.1881	2.779	10.970

Al realizar los contrastes de U de Mann-Whitney, no se encontraron diferencias significativas a nivel global con una probabilidad de 0,05 ($0,239 > 0,05$) entre los grupos. En los contrastes de las áreas bajo la curva entre los grupos en las áreas cerebrales, se obtuvo que hubo diferencias significativas en FZ (0,070) y T3 (0,096) en la prueba de Lectura de Números.

En el análisis exploratorio de datos para la prueba de Lectura de Números, el grupo de bajo rendimiento obtuvo una mediana de 46070.3872 μ Vms, con un recorrido entre 0.00 μ Vms y 730101.8916 μ Vms; el 25% inferior de los datos se agrupó hasta los 14250.7075 μ Vms y el 25% superior hasta los 730101.8916 μ Vms, representando éste un dato extremo.

El 50% de la distribución se encontró entre los 14250.7075 y los 116103.4284 μ Vms. Se encontraron datos extremos, superiores a los de la distribución. Respecto al grupo de alto rendimiento presentó una mediana de 57393.8018 μ Vms, con un recorrido entre 29.16 y 1067502.24 μ Vms; el 25% inferior se agrupó hasta los 18537.9984 μ Vms y el 25% superior hasta los 1067502.24 μ Vms. El 50% de los datos se agrupó entre los 18537.9984 y los

149901.0032 μVms . Se encontraron datos extremos, los cuales representaron áreas bajo la curva mayores a la de la distribución (Figura 32).

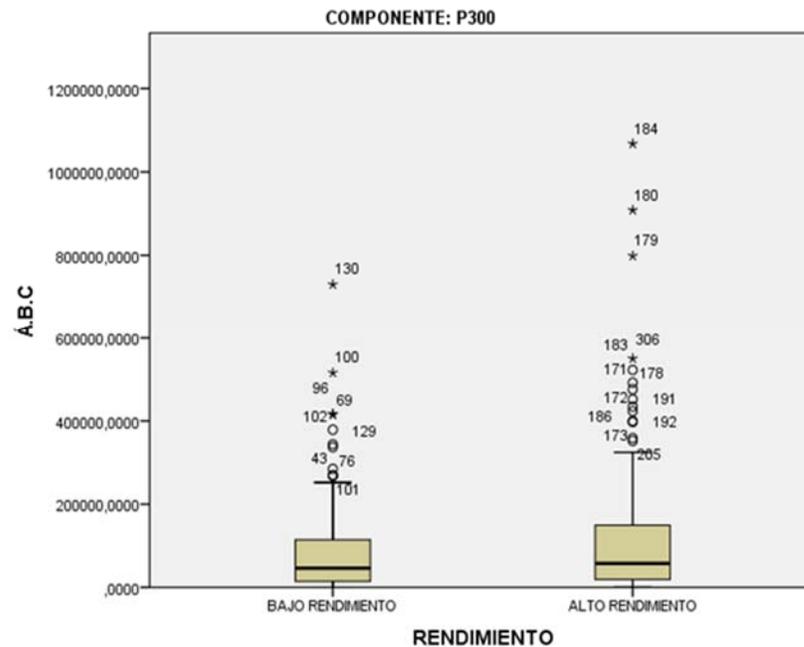


Figura 32. Distribuciones por grupos en el área bajo la curva en μVms en la prueba de Lectura de Números.

Problemas Aritméticos

En la prueba de Problemas Aritméticos, la cual es la de mayor complejidad de las pertenecientes al dominio de Aritmética del ENI, en relación a P300 se encontró que los niños de alto rendimiento obtuvieron una latencia $M=303.28$ ms y una $s=22.69$, con una distribución sesgada negativamente y con forma platicúrtica ($\alpha=-2.15$; $k=-1.61$). En tanto, los niños de bajo rendimiento obtuvieron una $M=301.59$ ms y una $s=28.44$, presentando una distribución sesgada negativamente y con forma platicúrtica ($\alpha=-2.36$; $k=-1.089$), descriptivos que se encuentran en la tabla 17.

Tabla 17.

Descriptivos de latencia de P300 para los grupos de alto y bajo rendimiento en la prueba de Problemas Aritméticos.

Rendimiento	Media (M)	Desviación (s)	Asimetría (α)	Kurtosis (k)
Alto	303.28	22.69	-2.15	-1.61
Bajo	301.59	28.44	-2.36	-1.089

No se encontraron diferencias significativas a nivel global entre los grupos al utilizar la prueba de contraste U de Mann-Whitney ($p = 0.80 > 0.05$), y al realizar los contrastes por área cerebral, se obtuvo que existen diferencias significativas a 0.1 bilateral en las latencias de P300 en F8 y T3 en esta prueba.

En el análisis exploratorio de datos de las latencias realizado en la Figura 33, se encontró similitud entre las distribuciones, siendo que el grupo de bajo rendimiento obtuvo una mediana de 304 ms; el 25% inferior se agrupó hasta los 279 ms y el 25% superior hasta los 348 ms. El 50% de los datos se agruparon entre los 279 y los 324 ms; mientras el grupo de alto rendimiento presentó una mediana de 307 ms, el 25% inferior se agrupó hasta los 290 ms y el 25% superior hasta los 353 ms. El 50% de los datos se agrupó entre los 290 y los 316 milisegundos. Este grupo presentó un dato extremo por debajo del dato más bajo de la distribución.

Si bien no existen diferencias significativas entre los grupos en ninguna de las pruebas respecto a las latencias, sí se puede percibir que la mediana para los grupos de alto rendimiento es ligeramente mayor que los grupos de bajo rendimiento; la varianza entre e intra grupal no difieren más allá de las esperadas por el azar. Sin embargo, se presenta un dato extremo en el grupo de alto rendimiento, lo que, aunque no es estadísticamente remarcable,

resulta cualitativamente interesante debido a que presenta una latencia inferior a los sujetos pertenecientes al grupo de bajo rendimiento.

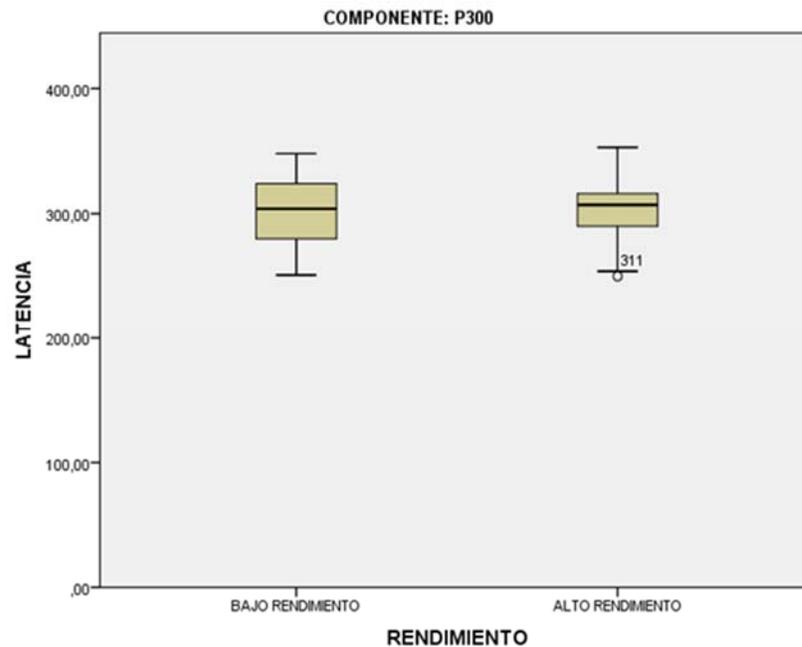


Figura 33. Distribución de la latencia P300 en ms de la prueba de Problemas Aritméticos para los grupos de alto y bajo rendimiento.

En el análisis cualitativo para observar las diferencias entre los grupos referentes a las distintas áreas topográficas cerebrales para la prueba de Problemas aritméticos en el componente P300 realizado en la figura 34, se observó que aunque no existieron diferencias significativas entre los grupos y que se evidenció un comportamiento similar en las latencias por región cerebral para ambos grupos, sí se hallaron diferencias en las áreas F8 y T3, mostrando los niños de bajo rendimiento latencias mayores en estas áreas.

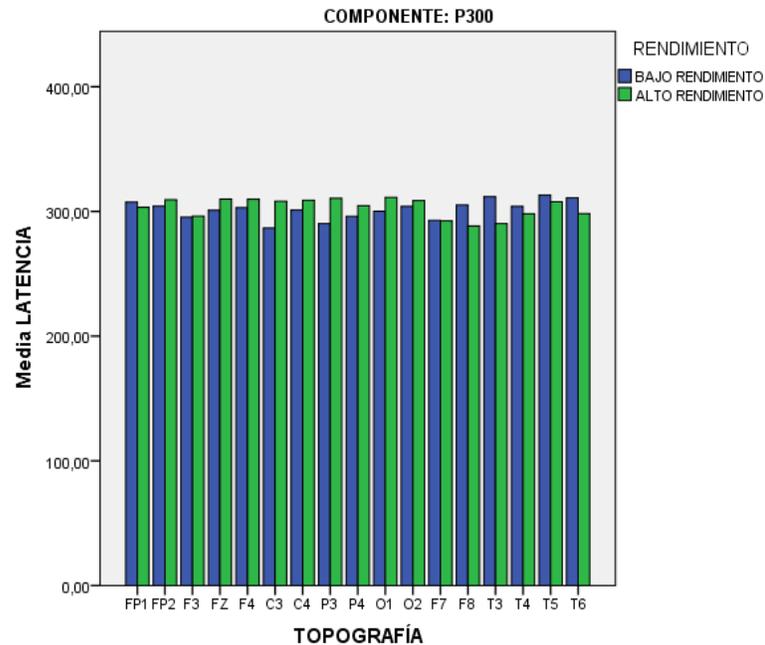


Figura 34. Medias de las latencias de P300, expresadas en milisegundos, por región cerebral y grupo de alto y bajo rendimiento en Problemas Aritméticos.

Respecto a la amplitud de P300, la media de 0.4617 microvoltios (μV) y $s=0.395$ correspondió a los niños de alto rendimiento, presentando éstos una distribución con asimetría positiva y con forma platicúrtica ($\alpha=1.435$; $k=1.970$). Por su parte, los de bajo rendimiento presentaron una $M=0.4221 \mu V$ y $s=0.268$, con una distribución asimétrica positiva y una forma platicúrtica ($\alpha=0.708$; $k=0.496$). Lo anteriormente descrito se puede observar en la Tabla 18.

Tabla 18.

Descriptivos de las amplitudes en P300 para la prueba de Problemas aritméticos en los grupos de alto y bajo rendimiento

Rendimiento	Media (M)	Desviación (s)	Asimetría (α)	Kurtosis (k)
Alto	0.4617	0.39555	1.435	1.970
Bajo	0.4221	0.26823	0.708	0.496

No se encontraron diferencias significativas entre ambos grupos de niños para esta variable al utilizar el contraste de U de Mann-Whitney ($0,687 > 0,05$). Para las áreas cerebrales se realizaron los mismos análisis estadísticos, encontrando diferencias en las áreas F3 (0,095) y T3 (0,031), en las que los niños con alto rendimiento tuvieron amplitudes más bajas que el otro grupo.

La figura 35 muestra la distribución de las amplitudes en la prueba de Problemas Aritméticos para los grupos de alto y bajo rendimiento por área cerebral. El grupo de alto rendimiento mostró amplitudes mayores en μV en las regiones FZ, O2 y P4, seguidas de F4, T4 y C4 y significativamente menores en F3 y T3. Por su parte en el grupo de bajo rendimiento las amplitudes mayores las presentaron las regiones FZ, C4, F4, P4, O1 y O2.

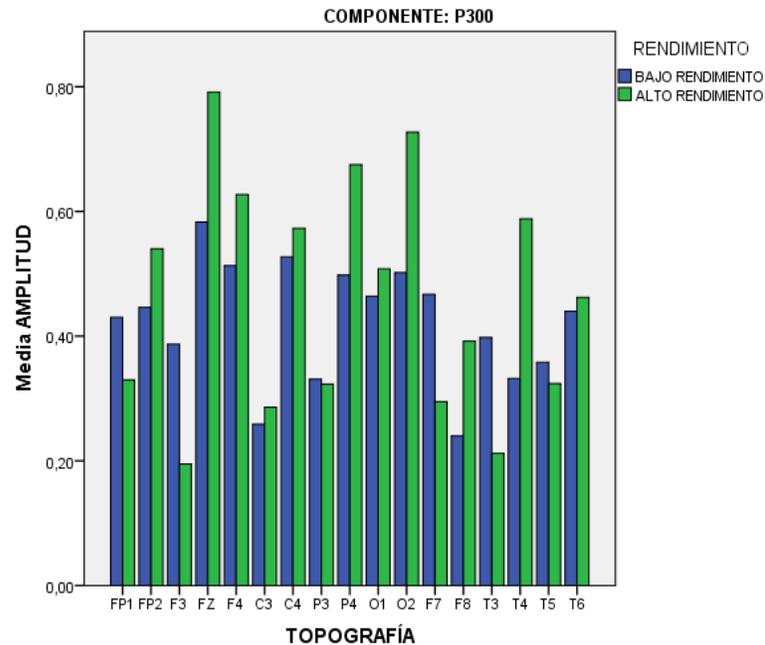


Figura 35. Medias de las amplitudes de P300, expresadas en microvoltios, por región cerebral y grupo de alto y bajo rendimiento en Problemas Aritméticos.

De nuevo considerando el rendimiento y el sexo, se realizaron mapeos cerebrales para observar la activación diferencial en la amplitud P300 en la prueba de Problemas aritméticos, encontrando que las niñas de bajo rendimiento activaron zonas prefrontales izquierdas y con proyecciones al prefrontal derecho (FP1 y FP2), también se activó el área frontal izquierda (F3) y las áreas temporales de ambos hemisferios (T3 y T4), mientras las niñas alto rendimiento presentaron activaciones en las regiones centrales contralaterales (C3 y C4), además del parietal y occipital derecho (P4 y O2). Figura 36.

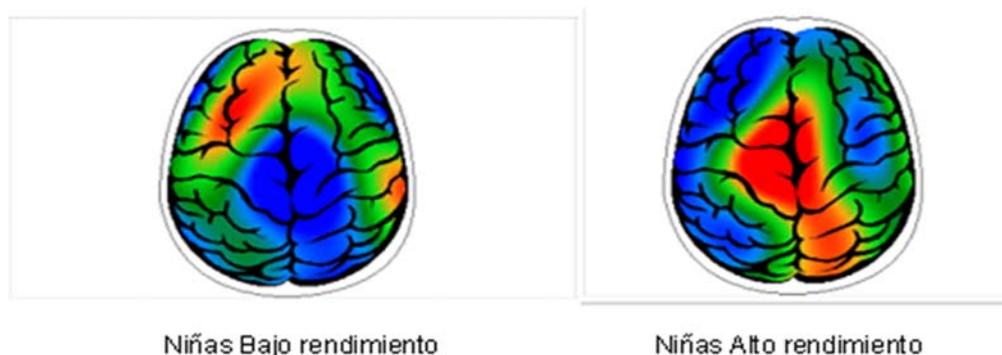


Figura 36. Mapeos cerebrales de la amplitud de P300 en las niñas de bajo y alto rendimiento durante la prueba de Problemas Aritméticos.

La figura 37 expresa las mismas comparaciones entre los niños de bajo y alto rendimiento en la prueba de problemas aritméticos. Los varones con bajo rendimiento activaron zonas frontales derechas, occipitales derechas y frontolaterales izquierdas (F4, O2 y F7). Por otro lado, los niños con alto rendimiento activaron durante la tarea las zonas frontales derechas (F4) y occipital derecha (O2), con ligeras activaciones en zonas frontolaterales izquierdas (F7) y temporales derechas (T4).

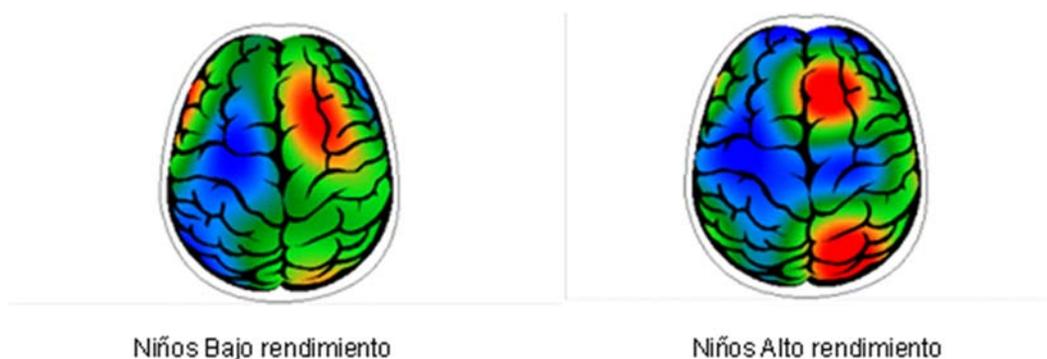


Figura 37. Mapeos cerebrales de la amplitud de P300 en los niños de bajo (izquierda) y alto rendimiento (derecha) durante la prueba de Problemas Aritméticos.

Para las áreas bajo la curva en la prueba de Problemas Aritméticos, se encontró que los niños de alto rendimiento poseían una $M=35634.47$ y una $s=61879.56$ milisegundos por microvoltios al cuadrado o μVms , presentando una distribución asimétrica positivamente y con forma leptocúrtica ($\alpha=2.988$;

$k=9.671$) mientras los niños con bajo rendimiento tenían una $M=22412.38$ μVms y $s=25299.38$, con una distribución sesgada positivamente y de forma leptocúrtica ($\alpha=1.956$; $k=4.419$), datos que se resumen en la Tabla 19.

Tabla 19.

Descriptivos de las áreas bajo la curva en P300 para la prueba de Problemas Aritméticos en los grupos de alto y bajo rendimiento.

Rendimiento	Media (M)	Desviación (s)	Asimetría (α)	Kurtosis (k)
Alto	35634.47	61879.56	2.988	9.671
Bajo	22414.38	25299.38	1.956	4.419

No se mostraron diferencias significativas entre los grupos al utilizar la prueba de contraste de U de Mann-Whitney ($p. 0.757 > 0.05$); sin embargo, para el contraste entre las áreas cerebrales se encontraron diferencias en T3 (0,028), todo esto con una probabilidad de rechazar la hipótesis de 0.10.

Se realizó un análisis exploratorio de datos, para profundizar en los resultados de las áreas bajo la curva, el cual se encuentra en la figura 38, donde se aprecia que en la prueba de problemas aritméticos, el grupo de bajo rendimiento presentó una mediana de 14525.2640 μVms , el 25% inferior de los datos se agrupó hasta los 4042.5616 μVms y el 25% superior hasta los 128264.2596 μVms . El 50% de los datos se agrupó entre los 4042.5616 y los 30950.0053 μVms . Se encontraron datos extremos, los cuales representaron áreas bajo la curva mayores a la distribución. En último lugar, el grupo de alto rendimiento obtuvo una mediana de 12078.50 μVms ; el 25% inferior de los datos se agrupó hasta 3104.2116 μVms , mientras que el 25% superior se agrupó hasta los 338072.4736 μVms . El 50% de los datos se agrupó entre los 3104.2116 y los 41287.5225 μVms . Se presentaron extremos que

representaron mayores áreas bajo la curva, y por lo tanto un mayor procesamiento de información.

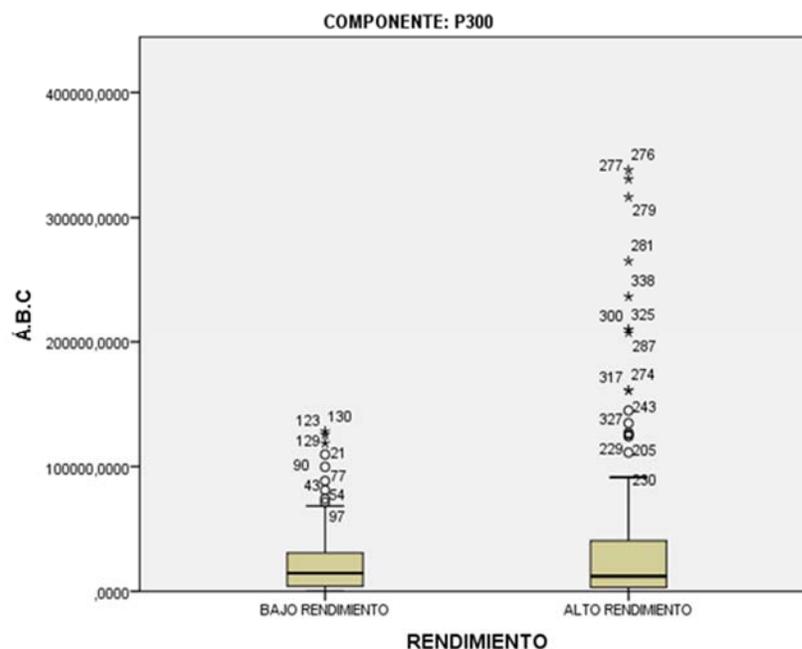


Figura 38: Distribuciones de las áreas bajo la curva de P300 en la prueba de Problemas Aritméticos en los grupos de alto y bajo rendimiento

A continuación se procedió a realizar el análisis del componente N400 para las variables electrofisiológicas de latencia, amplitud y área bajo la curva. Dicho análisis se realizó con los mismos estadísticos utilizados hasta el momento, (U de Mann-Withney) con una significancia del 10%, siendo esta significancia bilateral.

Análisis del Componente N400

Lectura de Números

En primer lugar, en lo que respecta a las latencias, en la prueba de Lectura de Números, se encontró que los niños con alto rendimiento presentaban una $M=400.4265$ ms y $s=26.50481$, presentando una distribución asimétrica negativamente y con forma platicúrtica ($\alpha=-0.270$; $k=-0.977$). En

contraste, los niños de bajo rendimiento obtuvieron una $M=398.3735$ ms y $s=26.1059$ microvoltios, presentando una distribución casi simétrica y con forma platicúrtica ($\alpha=-0.020$; $k=0.846$), descriptivos que se aprecian en la tabla 20.

Tabla 20.

Descriptivos de las latencias de N400 en la prueba de Lectura de Números para los grupos de alto y bajo rendimiento

Rendimiento	Media (M)	Desviación (s)	Asimetría (α)	Kurtosis (k)
Alto	400.4265	26.50481	-0.270	-0.977
Bajo	398.3735	26.1059	-0.020	0.846

Se realizó el contraste con U de Mann-Withney, y no se encontraron diferencias significativas entre los grupos a nivel global ($p.0,346 > 0,05$); De manera similar a la realizada anteriormente se realizaron contrastes para obtener diferencias en las latencias en las diferentes áreas cerebrales, no habiéndose encontrado diferencias significativas entre los grupos en las latencias de las distintas áreas para la prueba de Lectura de Números.

En el análisis exploratorio de datos de las latencias entre los grupos de alto y bajo rendimiento, representado en la figura 39, el grupo de bajo rendimiento presentó una mediana de 400 milisegundos (ms), el 25% inferior se agrupa hasta los 376 ms, en tanto que el 25% superior se localiza entre los 418 y los 450 ms. El 50% de la distribución se agrupa entre los 376 y los 418 ms. Por su parte, el grupo de alto rendimiento obtuvo una mediana de 406 milisegundos, el 25% inferior se agrupa hasta los 374 ms y el 25% superior se ubica entre 418 y 450 ms. el 50% de los datos se localiza entre los 374 y los 418 ms.

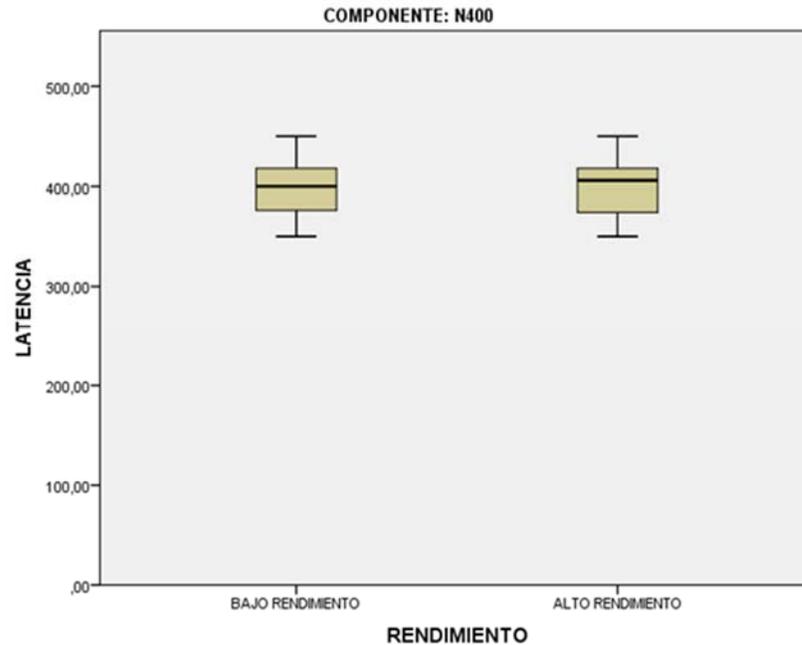


Figura 39. Distribuciones de las latencias de N400 expresadas en milisegundos en la prueba de Lectura de Números entre los grupos de alto y bajo rendimiento.

En el análisis cualitativo de las latencias por área cerebral en Lectura de Números para el componente N400, aunque no se presentaron diferencias significativas entre los grupos, se observó que el grupo de alto rendimiento presentó latencias más cortas predominantemente en el hemisferio izquierdo en las regiones T5, T3, F3, FZ y F4 y latencias un poco más largas en FP1, FP2, F7, C3, C4, P4. Por su parte, los niños de bajo rendimiento evidenciaron latencias más cortas en F8, T6 seguidas de P3 y P4 con latencias un poco más largas en C3 y F7, muy similares al otro grupo.

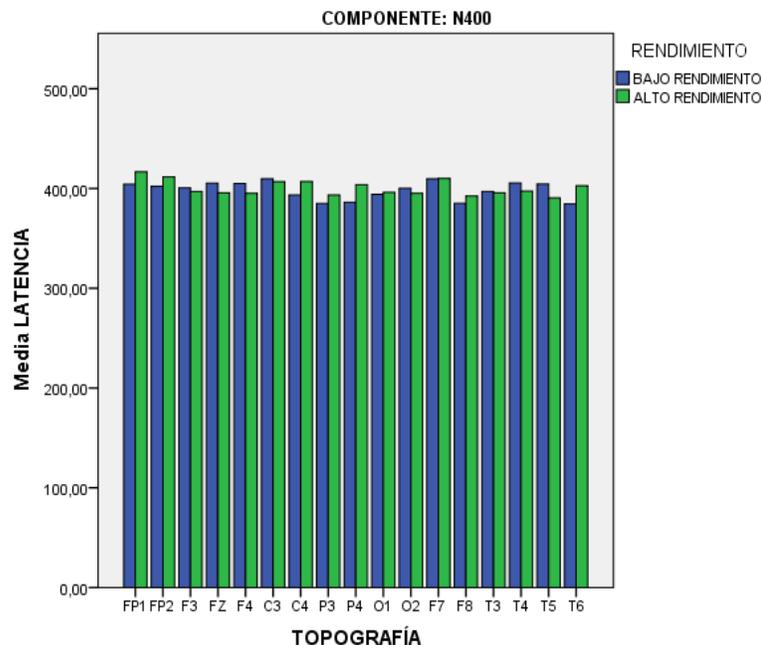


Figura 40. Comparación en las latencias de N400 expresadas en milisegundos de los niños de alto y bajo rendimiento en las pruebas de Lectura de Números.

En lo que respecta a la amplitud de N400, se encontró que para la prueba de Lectura de Números los niños con alto rendimiento obtuvieron una $M=0.9106 \mu V$ y $s=0.611$, presentando una asimetría sesgada positivamente y una forma platicúrtica en su distribución ($\alpha=1.081$; $k=0.954$); en contraste, los niños que poseían un bajo rendimiento presentaron una $M=0.7870 \mu V$, y $s=0.502$ microvoltios, con una distribución positivamente sesgada y con forma platicúrtica ($\alpha=0.780$; $k=0.607$). Lo anterior puede apreciarse en la Tabla 21.

Tabla 21.

Descriptivos de las amplitudes de N400 en la prueba de Lectura de Números en los grupos de alto y bajo rendimiento

Rendimiento	Media (M)	Desviación(s)	Asimetría (α)	Kurtosis (k)
Alto	0.9106	0.61178	1.081	0.954
Bajo	0.7870	0.50285	0.780	0.607

Se contrastaron los grupos de alto y bajo rendimiento Con la prueba U de Mann-Withney respecto a las amplitudes de N400 en la prueba de Lectura de Números, encontrando que estas diferencias no fueron significativas al 5% ($p.0,137$). Así mismo, se realizaron las pruebas de contraste para observar si existían diferencias en las amplitudes por área cerebral, encontrando que en la prueba de lectura de números se presentaron diferencias entre los grupos en el área T6 (0,041).

En la figura 41 se muestran la distribución de las amplitudes de N400 en los grupos de alto y bajo rendimiento en la prueba de Lectura de Números por área cerebral. En el grupo de alto rendimiento resalta la mayor amplitud en T6, FZ y F4, seguidas de C4 y P4. Por su parte, en el grupo de bajo rendimiento la mayor amplitud fue en O2, seguida de P4, C4 y FP2, F4, FZ y FP1.

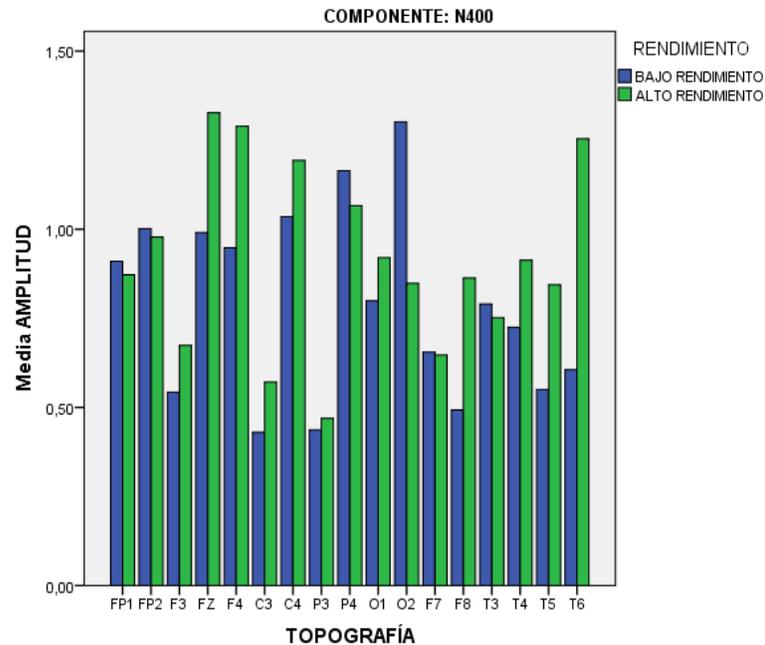


Figura 41. Comparaciones entre las amplitudes de N400 expresadas en microvoltios en las distintas regiones cerebrales en las pruebas de Lectura de Números.

Respecto a las amplitudes y la activación de las zonas cerebrales considerando el sexo, las cuales se reflejan en la Figura 42, las niñas de bajo rendimiento, presentaron activación más marcada en el prefrontal derecho (FP2) y la región central derecha (C4), además del temporal posterior izquierdo (T5), mientras que las niñas con alto rendimiento presentaron activaciones discretas en áreas prefrontales izquierdas (FP1), frontolaterales derechas (F8), centrales (CZ), y preferentemente regiones temporo-occipitales de forma bilateral (T5-O1 y T6-O2).

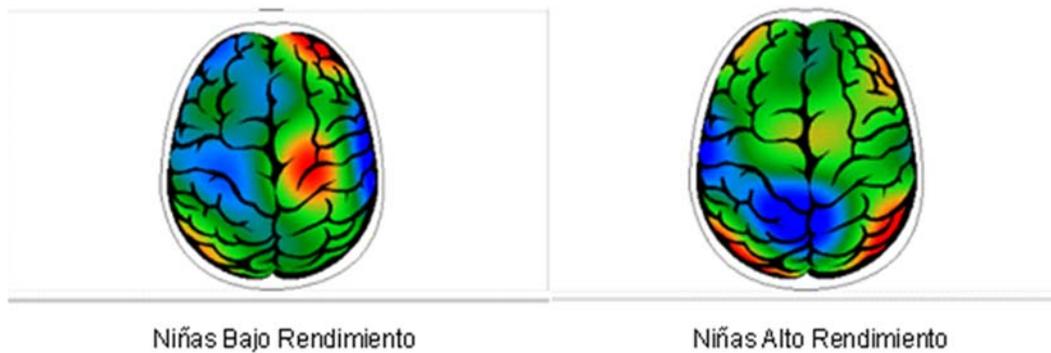


Figura 42. Mapeos cerebrales de la amplitud de N400 en las niñas de bajo y alto rendimiento durante la prueba de Lectura de Números.

En la Figura 43 se encuentran las diferencias encontradas en la misma prueba para los varones. Los niños de bajo rendimiento activaron regiones de línea media desde prefrontales, frontales, centrales parietales y occipitales derechas (FP2, F4, C4, P4, y O2), mientras que los de alto rendimiento presentaron una activación más hacia regiones dorsolaterales del hemisferio derecho más acentuada en la región temporal posterior derecha (T6) con proyección a O2.

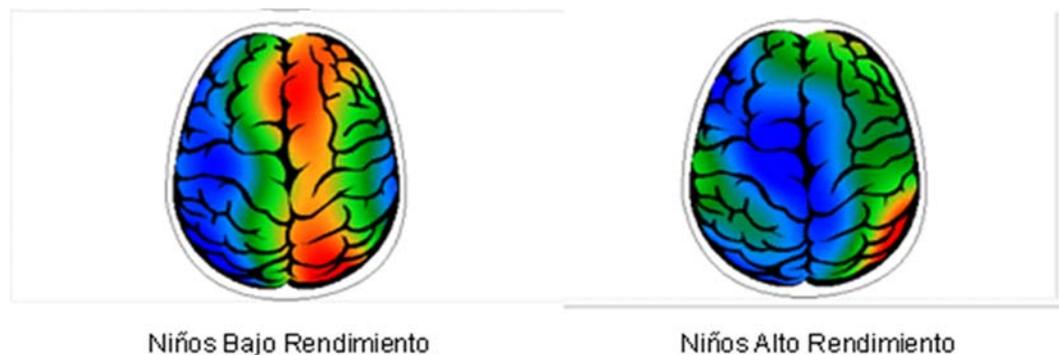


Figura 43. Mapeos cerebrales de la amplitud de N400 en los niños de bajo y alto rendimiento durante la prueba de Lectura de Números.

Para culminar el análisis del componente N400 en la prueba de Lectura de Números, en las áreas bajo la curva calculadas, se encontró que en la prueba de lectura de números los niños de alto rendimiento obtuvieron una $M=190270.35 \mu\text{Vms}$ y $s=164509.75$, con una distribución asimétricamente positiva y con forma leptocúrtica ($\alpha=2.204$; $k=5.516$); en tanto que los niños con bajo rendimiento presentaron una $M=138749.1407 \mu\text{Vms}$ y $s=169903.80$, con una distribución sesgada positivamente y con forma leptocúrtica ($\alpha=2.594$; $k=9.899$) en la misma prueba. Estos datos se resumen en la Tabla 22.

Tabla 22.

Descriptivos de las áreas bajo la curva de N400 en la prueba de Lectura de Números en los grupos de alto y bajo rendimiento

Rendimiento	Media (M)	Desviación (s)	Asimetría ()	Kurtosis (k)
Alto	190270.3504	243639.1271	2.204	5.516
Bajo	138749.1408	169903.8017	2.594	9.899

Al realizar el contraste de los grupos con la prueba de contraste U de Mann-Withney para el área bajo la curva no hubo diferencias estadísticamente significativas ($p. 0.107$) entre de los niños con alto rendimiento y los de bajo rendimiento. Además se procedió a realizar un contraste entre las diferentes áreas cerebrales respecto al área bajo la curva, encontrando con la prueba de U de Mann-Withney ($p. 0,10$) que existen diferencias en la prueba de lectura de números, específicamente en el área T6 ($p. 0,023$).

En el análisis exploratorio de datos, en la Figura 44 el grupo de bajo rendimiento obtuvo una mediana $72975.7352 \mu\text{Vms}$, el 25% inferior de los datos se agrupó hasta $26630.9316 \mu\text{Vms}$ y el 25% superior se agrupó entre

los 191515.8843 y los 1162730.89 μ Vms. El 50% de los datos se agrupó entre 26630.9316 y los 191515.8843 μ Vms. Por su parte, el grupo de alto rendimiento obtuvo una mediana de 91302.7392 μ Vms, el 25% inferior de los datos se agrupó hasta los 32989.9612 y el 25% superior se encontró entre 246399.4637 y 1438752.27 μ Vms. El 50% de los datos de la distribución se localizó entre los 32989.9613 y los 246399.4637 μ Vms.

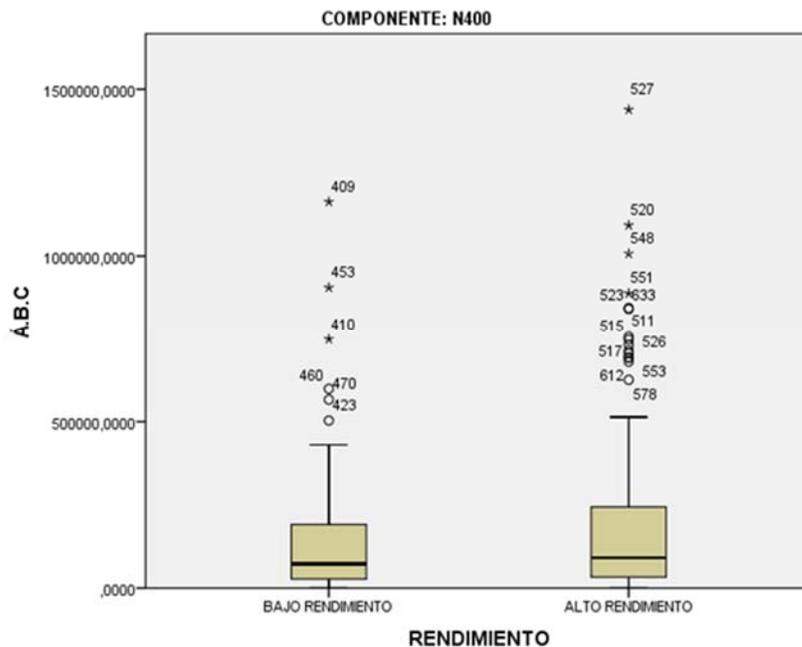


Figura 44. Distribuciones de las áreas bajo la curva de N400 expresadas en μ Vms de los grupos de alto y bajo rendimiento en la prueba de Lectura de Números.

Problemas Aritméticos

Como último punto electrofisiológico, y para culminar el análisis de resultados, se procedió a realizar el análisis de la prueba de Problemas Aritméticos en el componente N400.

En este componente, la prueba de Problemas Aritméticos presentó una latencia $M=391.93$ ms y una $s=30.99$, presentando una distribución asimétrica positivamente y con forma platicúrtica ($\alpha=391.93$; $k=30.99$) en los

niños con alto rendimiento; los niños de bajo rendimiento obtuvieron una $M=400.6353$ ms y $s=31.95$, presentando una distribución prácticamente simétrica y con forma platicúrtica ($\alpha=-0.091$; $k=-1.290$), datos reflejados en la Tabla 23.

Tabla 23.

Descriptivos de las latencias en N400 de la prueba de Problemas Aritméticos para los grupos de alto y bajo rendimiento

Rendimiento	Media (M)	Desviación (s)	Asimetría (α)	Kurtosis (k)
Alto	391.93	30.99	0.308	-1.133
Bajo	400.6353	31.95	-0.091	-1.290

Se realizó un contraste entre los grupos con la prueba de U de Mann-Whitney, encontrando diferencias significativas entre los mismos ($p.0.008 < 0.05$), donde los niños del grupo de alto rendimiento tuvieron menores latencias. Además, se realizó el mismo análisis para las regiones cerebrales evidenciándose diferencias significativas ($p. 0,10$) en las áreas de FP2 (0,069), C3 (0,045) y F8 (0,17) para esta prueba de Problemas Aritméticos, donde los niños con alto rendimiento mostraron menores latencias en FP2 y F8 y mayor latencia en C3 que el otro grupo.

Aún más, siendo las latencias similares entre los grupos, salvo en las regiones anteriormente señaladas, cualitativamente se observó que los niños de alto rendimiento mostraron latencias más cortas en FP2, F8, FZ, F4, C4 y P3 al contrario del otro grupo, fue menor. Por su parte, los de bajo rendimiento mostraron latencias más cortas en C3, F3, FZ, FP1, T3 y T4 (Figura 45):

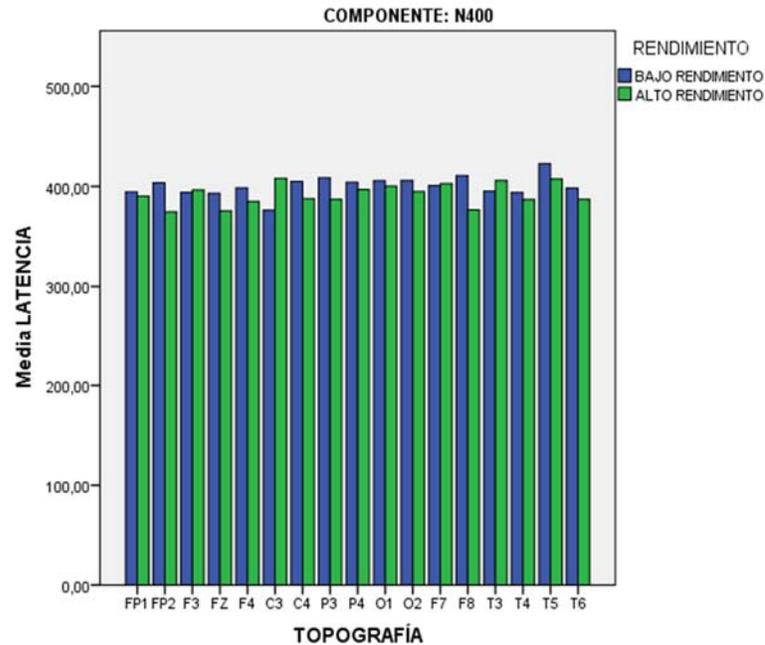


Figura 45. Comparación en las latencias de N400 expresadas en milisegundos de los niños de alto y bajo rendimiento en las pruebas de Problemas Aritméticos.

Respecto a la amplitud, para la prueba de Problemas Aritméticos los descriptivos obtenidos fueron de $M=0,4494 \mu V$ con $s=0,3390$ para el grupo de alto rendimiento formando una distribución sesgada positivamente y de forma platicúrtica ($\alpha=1.022$; $k=0.748$). Mientras que para el grupo de bajo rendimiento, se obtuvo una $M=0,4879 \mu V$ con una $s=0,3075$, presentando una distribución asimétrica positivamente y con forma mesocúrtica, con tendencia a la leptocurtosis ($\alpha=1.251$; $k=3.97$), datos reflejados en la Tabla 24.

Tabla 24.

Descriptivos de las amplitudes en N400 de la prueba de Problemas Aritméticos para los grupos de alto y bajo rendimiento

Rendimiento	Media (M)	Desviación (s)	Asimetría (α)	Kurtosis (k)
Alto	0.4494	0.3390	1.022	0.748
Bajo	0.4879	0.3075	1.251	3.97

Al realizar el contraste de U de Man-Withney, se encontró que las diferencias no fueron significativas al 5%. (p. 0,80). De la misma forma, se realizaron los mismos análisis con U de Mann-Whitney para las regiones cerebrales, encontrando diferencias en F8 (0,049) siendo estas diferencias significativas al 10%.

Ambos grupos mostraron su mayor amplitud en la región O2 proyectándose la misma hacia P4 y C4, con idéntica activación en FP2 y ciertas diferencias. El grupo de alto rendimiento significativamente activó F8 en contraposición al otro grupo, como se acaba de indicar, además de activar F4 y las regiones temporales derechas (T4 y T6), mientras que el grupo de bajo rendimiento activó más T5, FZ, C4, FP1, F3, O1, T6 y T3 (Figura 46).

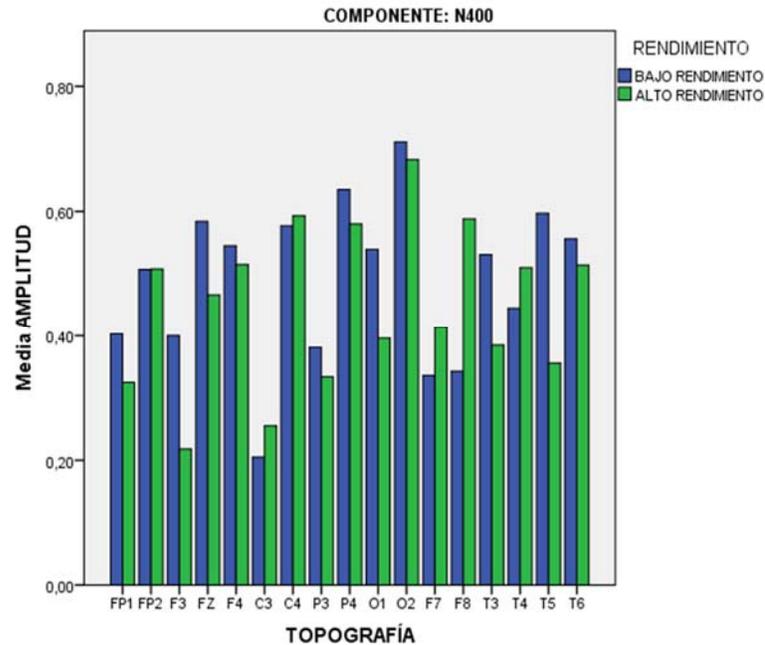


Figura 46. Comparaciones entre las amplitudes expresadas en microvoltios en N400 para las distintas regiones cerebrales en la prueba de Problemas Aritméticos.

En la Figura 47 se muestran los mapeos cerebrales que representan las diferencias en la caracterización topográfica encontradas entre las niñas de alto y bajo rendimiento en la prueba de Problemas Aritméticos. Las hembras con bajo rendimiento activaron zonas prefrontales y frontales en ambos hemisferios con predominio izquierdo (FP1, F3, FP2 y F4), así como temporales derechas (T4) y con proyección hacia regiones posteriores; mientras que las niñas de alto rendimiento mostraron mayor activación dorsolateral derecha concentrada en F8, C4 y P4 con proyecciones anteriores y posteriores activando las áreas occipitales (O1 y O2), activación última no observada en el otro grupo.

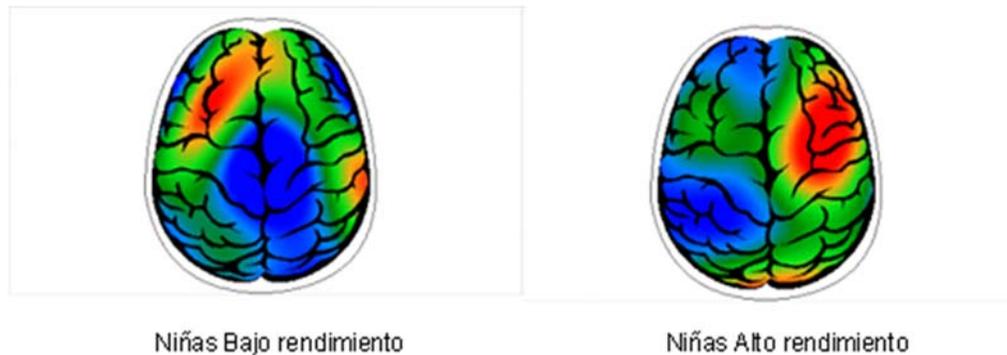


Figura 47. Mapeos cerebrales de la amplitud de N400 en las niñas de bajo y alto rendimiento durante la prueba de Problemas Aritméticos.

En la Figura 48 se muestran las zonas de activación en los varones de alto y bajo rendimiento, encontrando que en ambos grupo predominó la activación cerebral regional del hemisferio derecho. La activación cerebral en los varones de bajo rendimiento fue mayor en la región occípito-parietal derecha (O2-T6), en menor grado en el parietal central derecho (C4) y hacia la región prefrontal derecha (FP2). De manera contraria, los varones de alto rendimiento en esta prueba activaron en mayor grado regiones prefrontales, frontodorsolaterales con intensa proyección hacia regiones temporales medias (FP2, F8 y T4).

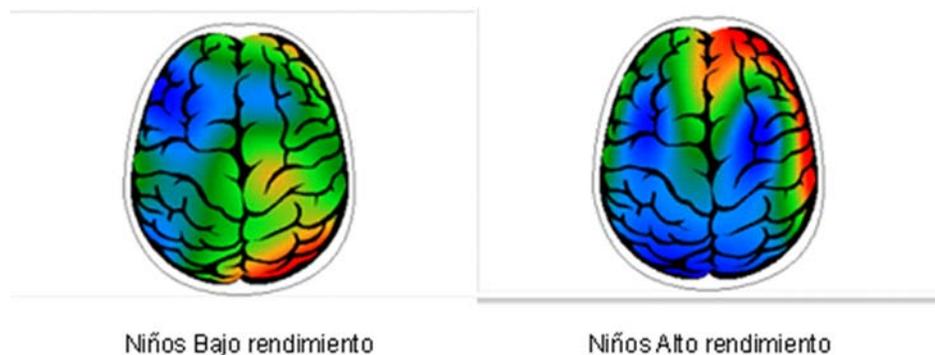


Figura 48. Mapeos cerebrales de la amplitud de N400 en los niños de bajo y alto rendimiento durante la prueba de Problemas Aritméticos.

Para el área bajo la curva, en la prueba de Problemas Aritméticos, se encontró que la media de los niños con alto rendimiento fue de $M=45935.176$ μ Vms y $s=58814.8903$, presentando una distribución con asimetría positiva y forma mesocúrtica con tendencia a la leptocurtosis ($\alpha=1.94$; $k=3.774$). Por su parte los niños con bajo rendimiento obtuvieron una media de $M=55210.805$ μ Vms y $s=84159.17$, presentando una distribución sesgada positivamente y de forma leptocúrtica ($\alpha=5.611$; $k=45.846$), lo que se puede apreciar en la Tabla 25.

Tabla 25.

Descriptivos del área bajo la curva de N400 para la prueba de Problemas Aritméticos entre los grupos de alto y bajo rendimiento.

Rendimiento	Media (M)	Desviación (s)	Asimetría (α)	Kurtosis (k)
Alto	45935.176	58814.8903	1.941	3.774
Bajo	55210.805	84159.17	5.611	45.846

En este contraste entre los grupos utilizando U de Mann-Withney sí se hallaron diferencias significativas entre los grupos ($0,05=p. 0,05$); y respecto al contraste de las áreas cerebrales, se encontraron diferencias significativas entre los grupos para F8 (0,082).

Discusión

El objetivo de esta investigación consiste en evaluar neuropsicológicamente, a través de las pruebas del dominio de Aritmética de la Evaluación Neuropsicológica Infantil (ENI), y electrofisiológicamente, mediante los componentes P300 y N400 de los potenciales relacionados a eventos (PRE), a niños con alto y bajo rendimiento en aritmética verificando la existencia de diferencias significativas entre los mismos.

Luego de una revisión exhaustiva de la literatura se podría haber esperado que los niños de alto rendimiento por excelencia o paradigmáticamente presentaran conductualmente un mejor desempeño en todas las pruebas del dominio de la Aritmética de la ENI en comparación con los niños de bajo rendimiento, lo cual se evidenciaría electrofisiológicamente en menores latencias, amplitudes y áreas bajo la curva reducidas en los componentes electrofisiológicos considerados por los autores. Es así que se esperaba que los niños de alto rendimiento requirieran, en las tareas dadas de natura matemática, procesar menor cantidad de información, en menor tiempo y con menor esfuerzo que los niños con bajo rendimiento en la Aritmética. Sin embargo, se considera que los resultados de la presente investigación rompen paradigmas establecidos como era asumido por sus investigadores.

La hipótesis céntrica a partir de la cual se articuló esta investigación, en base a la literatura revisada, fue la existencia de discrepancias, tanto conductuales como electrofisiológicas, más allá de las esperadas por eventos azarosos, entre los grupos de niños evaluados en los subdominios cognitivos

de: Conteo, Manejo Numérico, Cálculo y Razonamiento Lógico-Matemático. Sin embargo, los resultados muestran en los contrastes conductuales que los niños con bajo rendimiento obtuvieron un desempeño no sólo inferior con respecto a los niños de alto rendimiento, sino que en diversos subdominios de la Aritmética (Conteo, Comparación de Números Escritos, Serie Directa y Serie Inversa) tuvieron una ejecución igual o superior al grupo contrastante; situación similar se presenta con las hipótesis electrofisiológicas, donde unas se corroboran y otras se descartan. Se procede a discutir los resultados obtenidos en función de las hipótesis planteadas.

Con respecto a la hipótesis 1 en la que se esperaban diferencias significativas entre los grupos en la prueba de Conteo, la misma fue rechazada, contrario a lo que se esperaba, ya que los niños con alto rendimiento obtuvieron puntajes semejantes a los de bajo rendimiento.

Esto puede deberse a que siendo el proceso de Conteo uno de los escalafones primarios en el aprendizaje matemático, que sugiere aspectos pre-lingüísticos que se adquieren entre los 2 y los 3 años de edad (Carey, 2001), y fundamentándose en los principios de correspondencia uno a uno, orden estable, cardinalidad, abstracción e irrelevancia y, éstos a su vez caracterizándose en el aprendizaje de relaciones de semejanza, diferencia e igualdad entre diversos conjuntos de objetos o sujetos, los niños que se encuentran en la infancia media, de 6 a 11 años, han podido consolidar a través de la experiencia cotidiana y escolar estos axiomas, pudiendo responder adecuadamente a los reactivos de esta prueba, independientemente de su desempeño en la prueba preliminar de matemática de la cátedra de Psicología Escolar, siendo esto concordante con el campo de la *neuroeducación*, que establece la interdeterminación entre el desarrollo madurativo de las funciones neurocognitivas de mayor nivel y el aprendizaje académico.

A partir de este hecho es posible afirmar que, cuando menos, tanto los niños de alto como los de bajo rendimiento presentan conservados los

procesos matemáticos básicos en los cuales se fundamentan otros de mayor complejidad (De Andrés, 2012; De la Barrera y Donolo, 2009; Gelman y Gallister, citado en Villaroel, 2009; Papalia et al., 2010).

En relación a la hipótesis 2, vinculada al subdominio del Manejo Numérico, se encontraron diferencias significativas en algunas de las pruebas: Lectura de Números, Dictado de Números y Ordenamiento de Cantidades, mientras que en la prueba de Comparación de Números Escritos no se presentaron diferencias estadísticamente significativas entre los grupos, es así que hay un rechazo parcial de esta hipótesis de investigación.

Las no diferencias encontradas en el desempeño de los niños de bajo y alto rendimiento en Comparación de Números Escritos, posiblemente sea debida a que se constituye principalmente del *sentido de número*, proceso cognitivo elemental, que está desarrollado y conservado en ambos grupos el cual es una capacidad básica presente no solo en el ser humano, sino también en otros animales cordados ubicados en escalafones más bajos en la escala filogenética; empero, según Vygotsky (1979) este proceso en el ser humano es diferente tanto cuantitativa como cualitativamente. El *sentido de número* es necesario para discernir entre las relaciones de “mayor que” y “menor que” entre números tan discrepantes cuantitativamente como lo son el 9010 y 1090 (Luria, 1976; Serra-Grabulosa et al., 2010; Vygotsky, 1979).

Se hallaron diferencias significativas en la prueba de Ordenamiento de Cantidades entre los niños evaluados, debido, posiblemente, a que al implicar esta tarea además de conceptos básicos, procesos complejos de abstracción, categorización, seriación y secuenciación numérica los niños de alto rendimiento que ostentan mayor dominio en ambos procesos obtuvieron un alto desempeño con respecto a los miembros del otro grupo. Sin embargo, el 50% superior de los niños de bajo rendimiento obtuvieron puntuaciones similares al de su grupo contrastante; lo que indica que los conceptos básicos podrían ya estar desarrollados, mientras que los procesos complejos podrían estar en la zona de desarrollo próximo, significando así que si se diseñan

estrategias centradas en esta zona cercana, fungiendo esto como un andamiaje, podrían alcanzar estos niños la actualización del potencial obteniendo un desempeño similar al de los niños de alto rendimiento (Vygotsky, 1979).

Con respecto a las diferencias halladas en las pruebas de Lectura de Números y Dictado de Números entre los niños de bajo y alto rendimiento cabe destacar que estas son pruebas que consideran procesos cognitivos superiores. Dobato (2007) menciona, sobre la lectura y escritura de números, que a éstas subyace la transcripción gráfica-verbal, transcripción recíproca de los sistemas arábigo-verbal, capacidad de transcribir a una numeración arábigo y verbal un número de elementos concretos con lo cual se objetiviza el elemento numérico a partir de aspectos lingüísticos; los procesos antes mencionados por Dobato pueden ser símiles, hasta cierto punto, con los códigos: Arábigo-Visual, Verbal-Auditivo y Análogo a las Magnitudes del teórico del código triple propuesto por Dehaene (1992). Es decir, ambas tareas involucran un procesamiento semántico y lingüístico, por lo que al fallar en el uso de estrategias de tipo lingüístico para resolverlas pueden verse afectados estos procesos aritméticos, lo que concuerda con lo planteado por Rosselli et al. (2010), en las que se encontraron similitudes en el funcionamiento aritmético de niños con discalculia y problemas de aprendizaje de lectura.

De manera que es conveniente en los niños que presentan bajo rendimiento en Aritmética, explorar el dominio del Lenguaje, ya que podría estar afectando el desarrollo de las habilidades aritméticas. Un hecho que fundamenta esta aseveración es el estudio de Otálora-Sevilla (2002) el cual indaga sobre dos tipos distintos de discalculia (adquirida y del desarrollo); pero en ambos, independientemente de su génesis, se presentaron comorbilidad con problemas lexicográficos.

En la tercera hipótesis se esperaban diferencias en las tareas de Serie Directa, Serie Inversa, Cálculo Mental y Cálculo Escrito. No se encontraron diferencias significativas en Serie Directa y Serie Inversa.

En relación a Serie Directa, esto puede deberse a la poca complejidad de los reactivos, que implican procesos atencionales básicos y actividades aritméticas rutinarias dentro de la construcción mental del niño en tareas de adición (Carey, 2001); sumado a esto Rosselli et al., (2004) señalan que al ser los reactivos de esta prueba muy sencillos, no discriminan efectivamente a los niños que posean habilidades matemáticas cónsonas con su grupo etario de los que presentan un desfase, puesto que las destrezas necesarias para responder a esta prueba puede ser adquiridas antes de los 5 años y al tener los niños evaluados entre 8 y 9 años es evidente que las mismas ya estén desarrolladas; por esto, al ser tan simples estos ítem puntajes significativamente bajos indicarían una afección en el dominio de la Aritmética, fenómeno que no se presentó en los niños evaluados.

Con respecto a Serie Inversa, la cual implica un proceso más complejo que requiere del desarrollo inicial de la memoria operativa correspondiente al lóbulo frontal, se ha determinado que el niño debe ser capaz de mantener en la mente la información que requiere para realizar la operación numérica solicitada; específicamente ésta tarea está limitada a series pequeñas que pueden ser conservadas durante el procesamiento cognitivo que se lleva a cabo rápidamente, y debido al momento evolutivo de los niños evaluados, se hipotetiza que los procesos mnésicos derivados de la maduración de los lóbulos frontales y temporales les permiten, independientemente de su categorización previa en los grupos de bajo o alto rendimiento, dar respuestas similares (Kolb y Whishaw, 2006).

En las tareas de Cálculo Escrito y Mental se encontraron diferencias significativas entre los grupos en el sentido esperado ya que implican un mayor grado de dificultad. Este resultado pareciera apropiada explicarlo a través del modelo de Mc Closkey (citado en Dobato, 2007) quien plantea que

las funciones cognitivas del cálculo se agrupan en dos sistemas: (a) el sistema de procesamiento numérico y (b) el sistema de cálculo *per se*. En el sistema de procesamiento numérico se contempla la comprensión y producción de número escrito y verbal, así como las reglas de valoración de cantidades y de dígitos en función de su situación en una cifra de varios números. Por su parte, en el sistema de cálculo se aprecia la comprensión de y recuerdo de símbolos y principios de las operaciones matemáticas; el recuerdo de hechos matemáticos y la ejecución de procesos matemáticos.

Mc Closkey (citado en Dobato, 2007) señala que, si la operación de cálculo se hace mentalmente, la información numérica y de las reglas de cálculo se ha de mantener durante en la memoria de trabajo, mientras que, si la operación se hace con apoyo gráfico, como en la prueba de Cálculo Escrito, el soporte del papel desempeña las funciones de esta memoria de trabajo, que ha de actuar en las operaciones aritméticas mentales. En los resultados de la presente investigación donde los niños con bajo rendimiento en la Aritmética obtuvieron un desempeño significativamente menor que los niños en alto rendimiento en ambas pruebas, se hace evidente que el apoyo gráfico no facilitó los procesos neurocognitivos en curso.

Se puede aseverar a partir de los planteamientos realizados por McCloskey (citado en Dobato, 2007) que las puntuaciones superiores de los niños de alto rendimiento en comparación con su grupo contrastante se deben a que al ser el Cálculo, tanto mental como escrito, un proceso complejo que involucra aspectos sensoriales, atencionales y la organización y reorganización de los estímulos a partir de los cuales se debe dar una respuesta, los niños que posean una adecuada consolidación en dichos procesos, presentan un fundamento adecuado para realizar abstracciones que le permitan asignar un número cardinal como representación de un elemento determinado, y por tanto, tener un mejor desempeño en las tareas de cálculo. Este hecho se cree que acontece en los niños de alto rendimiento.

La hipótesis 4, referente al rendimiento de los niños evaluados en la prueba de Problemas Aritméticos, fue aceptada, siendo esto congruente con la base teórica y el patrón hallado en las otras pruebas, donde a mayor complejidad de los procesos aritméticos necesarios para dar una respuesta adecuada, se afianzan las diferencias entre los grupos, a favor de los niños de alto rendimiento.

Específicamente, al ser la prueba de Problemas Aritméticos la de mayor complejidad implementada en la evaluación, a ésta subyace la capacidad de identificar, relacionar y operar sobre una serie de presuposiciones, las cuales permiten describir hechos lógicos objetivos, a través de procesos de raciocinio deductivo e inductivo con el fin de falsear una determinada hipótesis. Como resulta evidente, los procesos cognitivos que subyacen a esta prueba son complejos y requieren niveles elevados de abstracción lógica, pero al presentar los niños de bajo rendimiento afecciones en la comprensión de las relaciones matemáticas no pueden llevar a cabo esta tarea con el mismo nivel de eficacia que los niños de alto rendimiento (Alsina y Canals, 2000; Ruíz-Lázaro et al.; Sagüillo, 2008).

Antes de finalizar la discusión de los resultados conductuales, es necesario considerar que se hallaron diferencias por sexo y, aunque esta no fuera una hipótesis de investigación *per se*, porque fue una variable controlada, es un resultado evidente imposible de ignorar debido a que desde el estudio poblacional se encontró, contrario a lo reportado en la literatura revisada, que en la Prueba de Matemáticas (UCAB, 2003) las niñas presentaron un mejor desempeño que los niños así como en la muestra de estudio en las pruebas de Conteo, Lectura de Números, Dictado de Números, Serie Directa y Cálculo Mental, cuando era de esperar lo contrario debido al proceso de diferenciación y especialización regional cerebral por sexo.

Kolb y Whishaw (2006) señalan que, debido a la influencia de la testosterona a nivel prenatal, los hombres evidencian mayor diferenciación y especialización intra-hemisférica cerebral en regiones centrales, parietales y

occipitales, y menor diferenciación hemisférica en las regiones frontales y temporales. En contraposición, las mujeres presentan una menor especialización focal con una organización cortical más difusa y homogénea la cual es más marcada en regiones posteriores siendo que sus regiones frontales presentan mayor diferenciación. Por su parte, Portellano (2007) indica que el “cerebro matemático” se encuentra en regiones posteriores del hemisferio izquierdo, específicamente en el área 40 de Brodmann.

Kolb y Whishaw (2006) explican que “los resultados de gran cantidad de estudios indican que el rendimiento de los hombres en pruebas de habilidad cuantitativa es superior al de las mujeres” (p.579), sin embargo, señala que realmente estas diferencias aparecen durante la adolescencia y son más prominentes en el extremo superior de la escala de rendimiento, señalando que esta relación “era mundial y en diferentes culturas aunque la puntuaciones absolutas dependían del sistema educativo” (p.292), a lo cual aún se le está tratando de dar una explicación.

En el presente estudio esa diferenciación por sexo entre niños de alto y bajo rendimiento matemático pudo ser observada, así como diferencias estadísticamente significativas en el rendimiento de la Prueba de Matemática (UCAB, 2003) entre los colegios involucrados, este hecho, plausiblemente, se deba a las diferencias en las estrategias pedagógicas empleadas en el proceso de enseñanza y aprendizaje por cada institución educativa. De manera tal que sería importante profundizar en el punto de comienzo de esta diferenciación cerebral en esta competencia cognitiva y de los factores ambientales que influyen en la misma, más aún si se considera que Vygotsky (1979) planteaba que cada función superior tiene su propia génesis sociohistórica.

Debido a todo lo discutido anteriormente en la evaluación electrofisiológica se toma en cuenta el sexo para cerrar el análisis correspondiente de las pruebas del ENI contrastadas entre los grupos de alto y bajo rendimiento en Aritmética.

Por otro lado, para el análisis de las variables electrofisiológicas de los componentes P300 y N400 se consideran las pruebas de Lectura de Números y Problemas Aritméticos al sopesar que eran las más extremas entre sí en cuanto a complejidad y que las diferencias entre los grupos de alto y bajo rendimiento fueron estadísticamente significativas. Cabe retrotraer el procedimiento seguido para el análisis de estas variables, ya que permiten organizar la discusión de las hipótesis restantes.

Como se describiera anteriormente, se analizaron en primer lugar los parámetros del componente P300 y luego los de N400, considerando los descriptivos, el contraste estadístico, el análisis exploratorio de datos y cualitativo para la caracterización topográfica en función de las redes cerebrales entre los niños del alto y bajo rendimiento, para finalizar con el mapeo cerebral comparativo de los ERP entre los grupos por rendimiento y sexo. Aunque los contrastes estadísticos, debido al tamaño de la muestra, en muchas oportunidades no dieron diferencias significativas y/o sus resultados no siguieron la dirección predicha, lo encontrado en el resto de los análisis dan aportes fundamentales para la ruptura de paradigmas y generación de conocimiento en la Psicología Cognitiva y áreas relacionadas como la Neuropsicología y las Neurociencias Cognitivas en las cuales se enmarca la presente investigación.

Las hipótesis 5, 6, 7 y 8 referentes a la latencia, amplitud, área bajo la curva y características topográficas del componente P300, en las pruebas de Lectura de Números y Problemas Aritméticos de la ENI, en el contraste estadístico global no fueron confirmadas. En el contraste a nivel regional la situación evidenciada fue otra.

La latencia de P300 en Lectura de Números arroja diferencias estadísticamente significativas en F4 y C3. Los niños de alto rendimiento, al obtener una latencia menor en la región frontal derecha (F4), presentan un procesamiento más rápido en comparación con los de bajo rendimiento, quienes procesaron más rápidamente en zonas centrales izquierdas (C3),

esto implica que los niños de alto rendimiento van directamente a utilizar un red atencional anterior, mientras que los de bajo rendimiento responden inmediatamente con una red atencional posterior (Posner y Petersen, 1990).

Los niños de alto rendimiento comenzaron el procesamiento en F4 para luego proseguir con regiones prefrontales (FP1 y FP2), pasando a regiones centrales (C4) y en último lugar pasar a un procesamiento más rápido en el área posterior derecha (T6). En comparación a esto, los niños de bajo rendimiento presentaron un procesamiento más rápido en zonas centrales izquierdas (C3) para proseguir en zonas posteriores del mismo hemisferio (P3), y en último lugar pasar a regiones temporales en el hemisferio derecho (T4). Lo más resaltante de estos resultados es que ambos grupos presentaron un patrón diferencial en cuanto al tiempo de procesamiento cognitivo por región cerebral, dependiendo de la red atencional con la cual iniciaron el procesamiento cognitivo.

El no haber encontrado diferencias estadísticamente significativas a nivel global en las latencias de P300 entre los grupos en función del rendimiento en la prueba de Lectura de Números se puede explicar por ser un proceso cognitivo de los más sencillos, que puede procesarse fácilmente y en un tiempo muy rápido; sin embargo, en las áreas cerebrales más vinculadas a la memoria operativa como lo es F4 y C3, regiones de proyección del “cerebro matemático” en el hemisferio izquierdo si hubo diferencias significativas, lo que puede implicar diferencias en la conformación de la red de regiones cerebrales que se asocian a este proceso cognitivo entre los niños de alto y bajo rendimiento en la Aritmética.

La amplitud de P300 en Lectura de Números tuvo diferencias significativas en FZ, F4 y T3, siendo mayor en el grupo de alto rendimiento, quienes, por ende, realizan mayor esfuerzo con estas áreas para rendir adecuadamente en la tarea, contrario a lo encontrado por Rodríguez et al. (2012), investigación en la cual se encontraron menores amplitudes y, por

tanto, menor esfuerzo realizado, en los niños de alto rendimiento, en comparación con los de bajo rendimiento.

El patrón de activación seguido por los niños de alto rendimiento en la presente investigación fue desde T3, FZ, FP2, F4 y P4, mostrando que el origen de la activación de la red neuronal en P300 para las tareas utilizadas comienzan más anteriormente partiendo del área temporal izquierda anterior (T3), pasando luego a la zona frontal central (FZ), a zonas prefrontales derechas (FP2) para después trasladarse a regiones frontales un poco más posteriores (F4) y por último al parietal derecho (P4).

En contraposición, el grupo de bajo rendimiento presentó una red distinta que involucra de mayor a menor amplitud las áreas O2, P4, T6, T5, T4, FP1 y FP2. Este grupo inició la activación regional cerebral de P300 por el área occipital derecha (O2), siguiendo hacia el parietal posterior derecho (P4), luego hacia el temporal posterior del mismo lado (T6), pasando luego al lado izquierdo del mismo lóbulo (T5), para luego volver al hemisferio derecho aunque un poco más anteriormente hacia el temporal medio (T4) y en último lugar llegar a la zona prefrontal (FP1 y FP2). Se evidencia, al igual que en el tiempo de procesamiento, un esfuerzo regional cerebral diferente para cada grupo.

Esto muestra que el origen de la red neuronal en P300 en los niños de bajo rendimiento utilizada para responder a esta prueba comienza en áreas de asociación en zonas posteriores, específicamente en el occipital derecho (O2), donde se realiza la representación espacial visual de los números hasta llegar a regiones frontales donde se localizan procesos más complejos. En cambio en los niños de alto rendimiento se inicia en la región temporal media izquierda (T3) asociada a la memoria numérica, pasa al giro cingulado (FZ) y otras regiones frontales (F4) que procesan más complejamente y retroalimentan a las áreas de asociación parietales (P4) (Dobato, 2007; Fernández-Bravo, 2010).

Al incluirse el sexo en el análisis de los resultados se encuentra que en la prueba de Lectura de Números, las niñas de alto rendimiento utilizan áreas cerebrales de forma más integrada, creando una red más consistente que la de las niñas de bajo rendimiento, las cuales activan zonas cerebrales más alejadas y con un procesamiento más disperso. Esto implica que las niñas con bajo rendimiento hacen mayor esfuerzo a través de la participación de mayores áreas cerebrales para compensar las dificultades que presentan en el procesamiento de este subdominio de la Aritmética. Considerando a Dobato (2007), las niñas de alto rendimiento se focalizan en el análisis numérico representado por la activación frontal mientras que las de bajo rendimiento, utilizan estrategias de análisis que requieren de mayor esfuerzo para la comprensión numérica (activación de regiones temporales perisilvianas posteriores) y hacer posteriormente la representación visual de número (occipital).

Con respecto a los niños en los mapeos cerebrales de la amplitud de P300 se evidencia que los varones de alto rendimiento presentaron activación en áreas centroparietales, con tendencia hacia zonas occipitales, en tanto que los niños de bajo rendimiento, presentaron mayores activaciones en las áreas temporales derechas, tanto anteriores como posteriores. Este resultado ratifica la caracterización diferencial del esfuerzo realizado por ambos grupos en esta tarea.

Los niños de alto rendimiento concentraron su esfuerzo en regiones de asociación parietales derechas implicadas en la representación espacial de los números, mientras que los niños de bajo rendimiento lo hicieron hacia regiones temporo-occipitales implicadas como se señalara en las niñas de bajo rendimiento en funciones de comprensión numérica (temporales) y de la representación visual de los números.

Realizando una comparación entre los sexos, las niñas y niños de alto rendimiento utilizaron áreas cerebrales especializadas, en función de las diferencias por sexo, en cambio las niñas y niños de bajo rendimiento

utilizaron las mismas áreas compensatorias: temporo-occipitales, con un aparente mayor esfuerzo en los varones; es por esto que, tanto las niñas de alto como bajo rendimiento presentaron un procesamiento más frontal que el de los varones, evidenciándose una activación en zonas centrales, frontales y prefrontales, en comparación con los varones, que aunque están divididos en alto y bajo rendimiento y presentaron activaciones diferenciales, ambos poseen procesamiento de tipo posterior, involucrando zonas temporales y parietales.

Por último, en el área bajo la curva, aunque no se encontraron diferencias significativas globales, sí se encontraron diferencias significativas en las regiones T3 y FZ en la prueba de Lectura de Números en P300 lo que implica que en estas regiones los niños de alto rendimiento procesaron mayor cantidad de información, siguiendo el patrón de T3, O1, P4, FZ, FP1, FP2, a diferencia de los niños con bajo rendimiento que procesaron mayor cantidad de información en áreas posteriores (O2 y P4) pasando por regiones temporales (T6) y finalmente llegar al procesamiento de regiones frontales del hemisferio izquierdo (FP1). Es decir, que también en este parámetro de P300 el procesamiento de información fue realizado por ambos grupos a través de regiones cerebrales diferentes.

De los tres parámetros de P300 evaluados, se evidencia que aún en procesos cognitivos básicos de las competencias aritméticas, como lo constituye Lectura de Números, la caracterización topográfica de este componente en cuanto a tiempo de procesamiento, el esfuerzo realizado y la cantidad de información procesada contempla redes neuronales diferentes, subyacentes a los procesos cognitivos involucrados.

En la prueba de Problemas Aritméticos, la latencia de P300 no obtuvo diferencias significativas a nivel global, sin embargo sí se presentaron en F8 y T3. Los niños con alto rendimiento obtuvieron latencias menores en dichas áreas, presentando un procesamiento más rápido en comparación con los de bajo rendimiento en dichas áreas, quienes procesaron más rápidamente en

C3, P3, F7, P4, FZ, y C4. Los niños de alto rendimiento comenzaron el procesamiento en zonas dorsolaterales (F8), pasando a la región temporal izquierda, prosiguiendo a zonas más anteriores (F7, F3) para finalmente llegar a las regiones posteriores de ambos hemisferios (T5, T6).

En contraposición a esto, los niños de bajo rendimiento presentaron un procesamiento más rápido en las zonas centrales, prosiguiendo a zonas parietales izquierdas, a regiones dorsolaterales izquierdas, para pasar a procesar más rápidamente en el parietal derecho y llegar a áreas más centrales (FZ, C4). Es resaltante que los grupos presentan un patrón de activación diferente el uno del otro con respecto al tiempo de procesamiento cognitivo por región cerebral.

La amplitud del componente P300 en Problemas Aritméticos, tuvo diferencias en las regiones de T3 y F3, siendo mayor en el grupo de alto rendimiento quienes realizan mayor esfuerzo con estas áreas para rendir adecuadamente en la tarea. El patrón de activación para el grupo de alto rendimiento fue desde T3, F3, T4, F4, P4, O2 y FZ, mostrando el origen de la activación de la red en áreas temporales izquierdas, para luego pasar a regiones frontales ipsilaterales (F3), prosiguiendo a regiones temporales, frontales y parietales derechas (T4, F4, P4), llegando a regiones de análisis visuales (O2) y luego volver a procesar en regiones anteriores (FZ).

Por su parte, los niños de bajo rendimiento presentaron una red distinta, comenzando con la activación regional en O2, O1, P4, F4, C4, FZ, donde lo primero que se realiza es una análisis visual en ambos hemisferios (O2, O1), para proseguir a regiones parietales y frontales derechas (P4, F4) llevando la información a regiones anteriores, para finalmente llegar a regiones centrales (C4 y FZ). Es notorio, que, como lo encontrado anteriormente en Lectura de Números, durante esta prueba de Problemas Aritméticos, los sujetos de ambos grupos presentan patrones de activación diferentes.

Al realizar las comparaciones entre las niñas, se encontró que las zonas de activación significativas se encuentran en las niñas de bajo rendimiento (F3 y T3), mostrando una activación completa en F3 y una tendencia a la activación en el temporal izquierdo (T3), aunque presenta mayor activación en la zona temporal derecha y con proyecciones hacia las zonas prefrontales. A diferencia de ellas, las niñas con alto rendimiento no activaron las zonas de T3 y F3, por el contrario, presentaron activaciones en las áreas centrales izquierdas, con tendencia hacia el occipital derecho, pasando por el parietal derecho.

Los niños con alto rendimiento presentaron activaciones en las áreas frontal derecha y parietooccitotemporal derecha; los niños de bajo rendimiento presentaron activaciones en el área frontal derecha, y una propensión a la activación en el área occipital, al igual que los anteriores; además presentó activación en el área frontolateral izquierda. Los niños no presentaron activación en las áreas significativas del análisis, en comparación de las niñas con bajo rendimiento que sí obtuvieron dicha activación.

Haciendo una comparación de los sexos, las niñas continuaron presentando una mayor activación en áreas frontales, y aunque los varones también presentan activación en el área frontal, éstos obtuvieron mayores activaciones en las áreas posteriores, presentando similitudes con las niñas de alto rendimiento, las cuales también presentaron dicha activación en la zona parietal más posterior, utilizando estrategias basadas más en los estímulos visuales y espaciales, y por tanto utilizando más áreas del hemisferio derecho. Todo lo anterior pareciera vincularse a la especialización cerebral regional que se ha descrito en relación a los sexos (Ardila y Rosselli, 2007; Kolb y Whishaw, 2006; Portellano, 2005).

Por último, en el área bajo la curva, aunque no se encontraron diferencias significativas en el contraste global, sí se encontraron diferencias en la región T3, en la prueba de Problemas Aritméticos en P300, lo que implica que en esta región los niños de alto rendimiento procesaron muy poca

información, contrario a lo esperado, ya que el área T3 según Dobato (2007) es la que está más vinculada con la resolución de tareas matemáticas. Los niños de alto rendimiento siguieron el patrón de FZ, O2, F4, P4, C4, de la misma manera en que los niños de bajo desempeño, que procesaron la información por las mismas áreas centrales, occipitales y frontales (FZ, O2, F4), pero luego volver a las regiones parietales y centrales derechas (P4, C4). Para este parámetro el procesamiento fue realizado de forma similar, por lo que se infiere que ambos grupos poseen un procesamiento de la información semejante, aunque la rapidez con la que procesan y el esfuerzo realizado en cada área no sea el mismo.

Las hipótesis 10, 11, 12 y 13 que hacen referencia a la latencia, amplitudes, áreas bajo la curva y características topográficas del componente N400, en las pruebas de Lectura de Números y Problemas Aritméticos de la ENI, se encontró que fueron confirmadas parcialmente.

La latencia de N400 para la prueba de Lectura de Números no arrojó diferencias significativas para los contrastes globales ni para los regionales, mostrando que los grupos no presentan diferencias significativas en el tiempo de procesamiento en la tarea, por lo cual procesan la información en el mismo tiempo. Esto contrasta con lo encontrado regionalmente en esta prueba para P300 donde sí hubo diferencias. Pareciera entonces que esa discrepancia regional en el tiempo de procesamiento se da en procesos cognitivos más tempranos vinculados a la atención, tiempo que es igualado en procesos más complejos, debido a que la utilización de redes diferenciales para enfrentar la tarea podrían compensar esta variable.

Si bien no hay diferencias significativas en la latencia de N400 en Lectura de Números, sí se presenta un patrón diferencial en el orden de activación, encontrando que los niños de alto rendimiento utilizan las áreas de T5, T3, F3, FZ, F4, FP1, FP2, F7, C3, C4 y P4, es decir que el procesamiento más rápido se realiza en el temporal posterior izquierdo vinculado a la memoria numérica, para hacer camino hacia las zonas frontales, donde se

analiza, procesa, organiza la información y se mantiene la atención yendo desde lo más posterior hacia regiones más anteriores (T3, F3, FZ, F4, FP1, FP2, F7), para proseguir a las áreas centrales (C3, C4) y llegar al área de parietal derecha (P4) donde se realiza el procesamiento espacial numérico y se involucran los elementos lingüísticos (Ardila y Rosselli, 2007; Portellano, 2007).

Diferencialmente, los niños de bajo rendimiento comenzaron el procesamiento más rápido en regiones frontales (F8), para luego pasar áreas posteriores temporales y parietales (T6, P3, P4), proseguir a regiones centrales e izquierdas (C3, F7). Es resaltante, que aún sin diferencias significativas entre los grupos en general, ni en las áreas cerebrales en particular, presenten un funcionamiento diferencial en el patrón de la velocidad del procesamiento, contrario al utilizado por ambos grupos en los procesos cognitivos iniciales vinculados a la atención, como se señala anteriormente.

La amplitud de N400 en la prueba de Lectura de Números tuvo diferencias en el área de T6, siendo mayor en el grupo de alto rendimiento, ya que fueron éstos los que realizaron mayores esfuerzos en esta área en comparación con el grupo de bajo rendimiento, contrario a lo esperado, ya que la hipótesis formulaba que los niños de alto rendimiento presentarían menores esfuerzos que los de bajo. El patrón de activación de los niños de alto rendimiento fue desde T6, FZ, F4 C4 y P4, comenzando por la región temporal posterior (T6), pasando por las áreas frontales (F4, FZ), la región central (C4) y llegando a las áreas parietales (P4) todo este procesamiento realizado en el hemisferio derecho; por su parte los niños de bajo rendimiento realizaron el esfuerzo desde las regiones posteriores haciendo un análisis visual, (O2), prosiguiendo a regiones parietales derechas (P4), luego a regiones centrales (C4), pasando por el prefrontal derecho y luego a los frontales (FP2, F4, FZ) y finalmente llegar al área prefrontal (FP1).

En este subdominio de Lectura de Números en los niños de bajo rendimiento se explica que las regiones posteriores cerebrales donde se recibe, codifica y analiza la información (segunda unidad funcional de Luria) se hayan activado más para luego activar regiones anteriores frontales encargadas de verificar y regular la actividad mental (tercera unidad funcional de Luria) antes de dar una respuesta.

El grupo de alto rendimiento se comporta diferente, pareciera que estos niños directamente activan regiones frontales, comenzando por el giro cingulado (FZ), con las cuales ejecutivamente verifican la información, seleccionando conductas en base al conocimiento internalizado, autorregulado o impulsado internamente (F4) para luego analizar en menor tiempo mayor cantidad de información y a mayor profundidad en función de lo almacenado (latencia de T6 significativamente más corta que el otro grupo y área bajo la curva mayor), para seguir codificando información (C4 y P4) y finalmente con la región frontal dorsolateral derecha (FP2), perteneciente a la red de funciones ejecutivas, seleccionar la respuesta en relación a la información proporcionada ordenada en el tiempo.

Este comportamiento tanto del esfuerzo realizado como del tiempo de procesamiento del grupo de alto rendimiento pareciera ajustarse más al Modelo Jerárquico Distribuido de Felleman y van Essen (1991, citado en Kolb y Whishaw, 2006) que plantea varios niveles de análisis en áreas interconectadas entre sí que conforman las redes funcionales. En función de lo anteriormente discutido se hace evidente que ambos grupos utilizan redes cerebrales diferentes desde procesos aritméticos más sencillos, como lo es la prueba de Lectura de Números, dedicando tiempos de procesamiento diferentes en función de la fase del mismo en que se encuentren, lo que se infiere a partir del análisis realizado de la ventana temporal de 300 a 500 milisegundos, donde aparece el componente P300, y de 400 a 500 milisegundos, momento temporal de ocurrencia de N400 (Presentación y Martínez, 2005; Rodríguez-Camacho et al., 2011).

Los 4 grupos activaron más el hemisferio derecho pero con una distribución diferente del esfuerzo regional realizado. El grupo de alto rendimiento activó más redes de línea media y el grupo de bajo rendimiento activó más zonas dorsolaterales, estando estas últimas más distribuidas cerebralmente. A su vez las niñas de ambos grupos activaron, a diferencia de los niños, regiones parieto-occipitales izquierdas lo que implica que tuvieron que realizar mayor esfuerzo en las mismas. Lo anterior es otro indicador que evidencia las diferencias en el esfuerzo realizado por los grupos no solamente en función del rendimiento sino del sexo, lo que debe ser indispensablemente considerado en otras investigaciones porque esas diferencias cerebrales derivadas del sexo influyen en el tipo de procesamiento a seguir y en las áreas cerebrales subyacentes al mismo.

Realizando una comparación entre las pruebas estudiadas en N400, se encontró que las amplitudes en la prueba de Lectura de Números son mayores que las de Problemas Aritméticos, lo cual es contrario a lo esperado, ya que al ser una tarea más compleja la resolución de problemas, se esperaría que el esfuerzo en dicha tarea sea mayor. Estas discordancias entre la literatura y los resultados obtenidos, pueden deberse a que en la presente investigación, los niños de alto rendimiento se encontraban más concentrados realizando las tareas de Aritmética que los de bajo rendimiento, por lo tanto los primeros presentaron mayores amplitudes, y en consecuencia mayores esfuerzos para responder a la tarea.

Para finalizar, el área bajo la curva no presentó diferencias significativas en cuanto al contraste global, sin embargo la región temporal posterior (T6) sí las presentó, siendo los niños de alto rendimiento los que presentaran una mayor cantidad de información procesada en esta área, siguiendo el patrón de O2, P4, C4, F8, FP2, F4, FZ, mostrándose un procesamiento mayor en áreas de análisis visual (O2) para luego progresivamente a través de las zonas parietales y centrales (P4, C4) llegar a procesar mayor cantidad de información en las áreas frontales, desde las más

dorsolaterales, pasando por las prefrontales para llegar a las más centrales (F8, FP2, F4, FZ).

Por su parte el grupo de bajo rendimiento procesaron mayor cantidad de información siguiendo este otro patrón: T5, O2, P4, O1, C4, F4, FZ, es decir, va desde regiones más posteriores hacia las más frontales o anteriores. Esto muestra un patrón diferencial al del componente P300 en cuanto a la cantidad de información procesada realizado por ambos grupos a través de regiones cerebrales diferentes, ya que, aunque la vía es similar, y el procesamiento va desde regiones posteriores hacia las anteriores, el procesamiento por área se hace de diferente manera.

Para la última prueba analizada, Problemas Aritméticos la latencia de N400 arrojó diferencias significativas entre los grupos, como era esperado por ser de mayor complejidad e involucrar procesos cognitivos tales como lenguaje, funciones ejecutivas, estructuración espacial y memoria (Portellano, 2007). Los niños de alto rendimiento con estrategias cognitivas más apropiadas y eficientes, muestran un procesamiento de la información significativamente más rápido que los niños de bajo rendimiento.

El comportamiento de las latencias de N400 durante la prueba de Problemas Aritméticos fue diferente que el mostrado para la prueba de Lectura de Números, lo que es de esperar debido a que la primera es una tarea más compleja. Los niños de alto rendimiento inician el procesamiento con las regiones dorsolaterales anteriores derechas (FP2 y F8), es decir, iniciaron el tiempo de procesamiento en la selección de las respuestas en relación a la información proporcionada ordenada en el tiempo.

Contrariamente los niños de bajo rendimiento lo iniciaron en la región temporal posterior izquierda (T5) en la búsqueda de la información almacenada, es decir, el primer grupo de una vez selecciona e incorpora la nueva información, la ordena y luego la contrasta con lo aprendido, siendo que los niños de bajo rendimiento pareciera que lo hicieran al revés.

Los resultados de la amplitud del componente N400 en Problemas Aritméticos ponen en evidencia que, aún cuando ambos grupos realizaron su mayor esfuerzo con las regiones occipitales derechas (O2), prosiguiendo hacia áreas parietales posteriores y centrales (P4 y C4) para proyectar el nivel de activación hacia regiones frontales y terminar en áreas de almacenamiento temporales (T6 con T4 para los de alto rendimiento y T3 para los de bajo rendimiento), el grupo de bajo rendimiento requirió de la activación de mayores regiones cerebrales lo que implica mayor esfuerzo y el uso de otras áreas para compensar sus dificultades al enfrentar la tarea de Problemas Aritméticos.

Lo anterior implica que el esfuerzo para enfrentar con éxito esta tarea se inicia con la mayor activación de una red neuronal que parte del occipital y se proyecta hacia delante en los niños con bajo rendimiento, mientras que en los de alto rendimiento casi todo el esfuerzo se realiza dorsolateralmente con una red ejecutiva que se inicia en regiones prefrontales y se proyecta hasta regiones temporales medias.

Al incluirse el sexo en el análisis de las amplitudes, las niñas, según lo esperado por la literatura revisada, activaron regiones anteriores donde están más especializadas con la diferencia que las pertenecientes al grupo de alto rendimiento activaron más el hemisferio derecho y las de bajo rendimiento el hemisferio izquierdo. Por su parte, los varones activaron fundamentalmente regiones dorsolaterales del hemisferio derecho con la discrepancia que los de alto rendimiento evidenciaron mayor activación en regiones frontotemporales y los de bajo en regiones occipitales.

Este hallazgo ratifica lo que se ha resaltado; que si bien, el alto y bajo rendimiento en Aritmética implica de manera general la utilización y organización de redes neurales diferentes, debe considerarse como una variable en el funcionamiento de esas redes las diferencias cerebrales regionales por sexo.

Por último, el contraste del área bajo la curva presenta diferencias significativas globales, encontrando que los niños con bajo rendimiento fueron los que obtuvieron las mayores áreas bajo la curva. Este resultado implica que el grupo de alto rendimiento con menor cantidad de información procesada ejecuta exitosamente las tareas implicadas en este proceso cognitivo para lo cual los niños de bajo rendimiento requieren de mayor cantidad de información a ser procesada en su intento de afrontar una tarea compleja como lo constituye Problemas Aritméticos.

En base a todo lo que se ha venido desarrollando en la discusión considerando los resultados cuantitativos y cualitativos obtenidos en la presente investigación, no quedan dudas que la Aritmética es una dimensión compleja, compuesta de varios subdominios, a la par que es interdependiente de otros procesos cognitivos superiores, tales como: el lenguaje, las funciones ejecutivas, la estructuración espacial y la memoria, entre otros, los cuales deben considerarse en una evaluación neuropsicológica global que permita una visión integral de los niños bajo estudio.

No se puede partir de premisas establecidas en cuanto a que todos los subdominios de la Aritmética pueden estar comprometidos en los niños que comienzan a evidenciar problemas durante el proceso de enseñanza y aprendizaje de esta función cognitiva, porque, como se muestra en la presente investigación, los niños con bajo rendimiento pueden desarrollar subdimensiones de la Aritmética a la par que los niños con alto rendimiento, tanto conductual como electrofisiológicamente.

Conductualmente lo anterior se evidencia en la prueba de Lectura de Números. Los problemas se presentan en dimensiones que requieren el uso de procesos cognitivos complejos interdependientes, como se evidencia en Problemas Aritméticos, que implican a su vez el uso de mayores redes neuronales de manera más eficiente, donde cabría enfocar los programas de intervención para que los mismos sean más efectivos. Esto se corrobora en el análisis electrofisiológico, por ejemplo, de P300 el cual detecta que a nivel

atencional ambos grupos funcionan de manera similar pero las diferencias se manifiestan en procesos más tardíos representados por N400.

Es así que en la presente investigación, se observan diferencias conductuales y electrofisiológicas en el desempeño alto y bajo en el dominio de Aritmética en niños evaluados a través de la ENI y electrofisiológicamente por medio de los potenciales relacionados a eventos (ERP). Se hace evidente que la evaluación conductual se enriquece con los estudios electrofisiológicos toda vez que permiten precisar las redes involucradas en los procesos cognitivos que subyacen al rendimiento en la Aritmética, lo que permite el diseño y la intervención más efectiva dentro de aquellos problemas que se puedan encontrar en el proceso de enseñanza y de aprendizaje de este proceso cognitivo.

Conclusiones y Recomendaciones

En función al objetivo de investigación del presente estudio, que pretende establecer las diferencias significativas entre los correlatos electrofisiológicos (medidos a través de los potenciales P300 y N400) y en los subdominios cognitivos de Conteo, Manejo Numérico, Cálculo y Razonamiento Lógico-Matemático entre niños y niñas con bajo y alto rendimiento en tareas Aritméticas se destacan los siguientes hallazgos:

A nivel conductual los niños de bajo y alto rendimiento no se diferenciaron significativamente en las tareas que involucran procesos cognitivos inferiores o básicos, como lo es el *sentido de número*. Sin embargo, en aquellas otras que implican tanto procesos simples, como procesos complejos de abstracción, categorización, seriación y secuenciación numérica se evidencia un mejor rendimiento en los niños que fueron categorizados como de alto rendimiento según la Prueba de Matemática de la cátedra de Psicología Escolar (UCAB, 2003).

A pesar de esta tendencia, en diversas pruebas, como Ordenamiento de Cantidades, el 50% superior de los niños de bajo rendimiento obtuvieron puntuaciones similares al de su grupo contrastante; lo que indica que los conceptos básicos podrían ya estar desarrollados, mientras que los procesos complejos podrían estar en la zona de desarrollo próximo, significando así que si se diseñan estrategias centradas en esta zona cercana, fungiendo esto como un andamiaje, podrían alcanzar estos niños la actualización del potencial obteniendo un desempeño similar o incluso superior al de los niños de alto rendimiento (Vygotsky, 1979).

Por otra parte se presenta un patrón conductual diferencial en la prueba empleada para evaluar a la población, como en las tareas de la ENI según el sexo de los niños evaluados. Las niñas en la Prueba de Matemática perteneciente a la cátedra de Psicología Escolar obtuvieron un mejor desempeño que los niños, al igual que en las tareas de Conteo, Lectura de Números, Dictado de Números, Serie Directa y Cálculo Mental, cuando era de esperar lo contrario debido al proceso de diferenciación y especialización regional cerebral por sexo. Siendo concordantes con esta aseveración, Kolb y Whishaw (2006) señalan que copiosas investigaciones afirman que el rendimiento de los hombres en pruebas de habilidad cuantitativa y visoespaciales es superior al de las mujeres, aunque esta condición se encuentra supeditada a procesos madurativos, factores socioculturales y elementos propios a los procesos de enseñanza y aprendizaje en los que estén circunscrito el sujeto de interés.

De este hecho se deriva que el patrón de rendimiento de los niños según su sexo se deba a variables macrosociales propias de la muestra estudiada y diferencias pedagógicas de las casas de estudio donde los niños se forman académicamente.

Con respecto a los correlatos electrofisiológicos de los componentes P300 y N400 del proceso de la Aritmética se encuentra que no existieron diferencias en el potencial P300 para ninguna de las variables, por lo tanto, podría decirse que aunque no existen diferencias entre el tiempo que tardan en procesar los estímulos, en el esfuerzo que se hace para responder ni en el procesamiento de información que realizan, sí existen diferencias en las redes utilizadas para responder ante estímulos matemáticos, por lo cual cabría preguntarse si las inadecuadas respuestas conductuales se deben más a la configuración de la red atencional responsable del rendimiento en Aritmética, ya que, los niños de bajo rendimiento suelen atender a los estímulos matemáticos a través de procesos atencionales ubicados en zonas

posteriores, mientras que los de alto rendimiento se ubican en zonas frontales.

Por otro lado, referente al potencial N400, sí se encontraron diferencias en las latencias y áreas bajo la curva en la prueba de Problemas Aritméticos, mostrando diferencias a niveles más tardíos en el procesamiento de la información, lo cual podría relacionar con el componente lingüístico, mostrando que, corroborando lo registrado en la literatura, el lenguaje tiene un papel fundamental en el desempeño en tareas matemáticas.

El sexo, como se ha mencionado anteriormente, marca un patrón diferencial en cuanto a la activación de las regiones cerebrales, ratificando que, las niñas tienen procesamientos en general relacionados con áreas frontales, presentan mejores capacidades lingüísticas, y mejor capacidad de razonamiento matemático, esto relacionado con la actividad anterior. En contraposición, los niños al poseer una preferencia mayor por las áreas posteriores, poseen un mejor manejo de las habilidades espaciales (capacidad visoespacial, cierre visual entre otros).

Uno de los aspectos más importantes a rescatar es el uso diferencial encontrado en todas las pruebas analizadas respecto a las redes neuronales activadas, mostrando que, los de bajo rendimiento utilizan un procesamiento desde zonas posteriores, comenzando desde el procesamiento espacial numérico hasta la codificación y procesamiento más anterior en comparación con los de alto rendimiento que realizan la activación contraria; comienzan activando anteriormente la atención y el mantenimiento del foco atencional hasta realizar análisis visuales en regiones posteriores.

Más allá de estas diferencias, las áreas cerebrales se combinan para dar respuesta a los estímulos matemáticos, sin importar su dificultad: el uso del análisis visual (Occipital), la memoria evocativa (Temporal), el pensamiento espacial numérico y la sensopercepción (Parietal), y el procesamiento de cantidades, codificación, seriación y entre otros (Frontal) y

las zonas cinguladas, con lo cual se espera, al combinar el uso de técnicas neurofisiológicas en conjunto con la evaluación neuropsicológica, permitan una acertada y mejorada forma de diagnóstico.

Finalmente, se debe señalar que, el bajo rendimiento en Aritmética es un fenómeno frecuente en las aulas de clase, que no sólo involucra a los niños, sino también a sus representantes, maestros, compañeros y directivos. Este rendimiento inadecuado, produce sentimientos de ineficacia en el niño y puede conducir, si no es detectado y tratado a tiempo, al fracaso escolar. Es trabajo del psicólogo desarrollar estrategias que fomenten un aprendizaje escolar significativo y así el niño pueda desarrollar formas más adecuada para desarrollar su potencial a cabalidad en el ámbito académico.

Así, se espera que este estudio contribuya a la comprensión de los procesos superiores cognitivos que subyacen al rendimiento escolar en matemática y/o aritmética; razón por la cual se le puede adjudicar un valor heurístico, en un campo del saber poco estudiado, además de la posibilidad de extrapolar los hallazgos obtenidos a las población de 150 niños a partir de los cuales se articuló la presente investigación.

Entre las limitaciones encontradas en el transcurso de esta investigación, resalta la dificultad en el contacto con los representantes de los niños evaluados, especialmente los representantes del grupo de bajo rendimiento, ya que, aunque la presente investigación se realizó con miras a la búsqueda de nuevas estrategias para el mejor desarrollo de las habilidades matemáticas, para los padres de estos niños probablemente no sea fácil admitir que sus hijos presentan una dificultad, la cual, en mayor o menor medida les impide un adecuado rendimiento en la escuela o que el quehacer académico de éstos no sea de mayor relevancia para ellos. Esta dificultad en el contacto de dichos padres, representó un atraso en la evaluación y análisis de los niños pertenecientes a la muestra.

Otra limitación fue la dificultad en adquirir la pasta adherente y conductora para la evaluación electrofisiológica, debido a factores sociopolíticos actuales, lo cual retrasó la medición de los PRE. Ante esto, se recomienda obtener los recursos con anterioridad (si es posible), o cerciorarse de que la institución pueda brindar los mismos.

Se recomienda seguir, como línea de investigación, la búsqueda de diferencias y semejanzas en los procesos Aritméticos considerando como variable céntrica el sexo debido a su influencia en el desarrollo neurofuncional y en el proceso de socialización. Esto en miras de poder ayudar a complementar la información encontrada en el presente trabajo. De la misma forma, se recomienda obtener una muestra más grande, esto con el objetivo de obtener resultados más robustos y significativos sobre la evaluación en aritmética.

Referencias Bibliográficas

- Alonso, D. & Fuentes, L. (2001). Mecanismos cerebrales del pensamiento matemático. *Revista de Neurología*, 33 (6), 568-576. Recuperado en: <http://www.dislexia.med.br/homepage/mecanismo%20cerebral%20do%20pensamento%20matem%C3%A1tico.pdf>.
- Alsina, M.A. & Canals A. (2000). *Divertimat 1*. Barcelona, España: Editorial Onda.
- American Psychiatric Association (1995). *Manual estadístico de Diagnóstico de desórdenes Mentales*. (4ta. Ed). Barcelona, España: Masson, S.A.
- Ardila, A. & Ostrosky, F. (2012). *Guía Para el Diagnóstico Neuropsicológico*. Recuperado de http://www.ineuro.cucba.udg.mx/libros/bv_guia_para_el_diagnostico_neuropsicologico.pdf.
- Ardila, A. & Rosselli, M. (2007). *Neuropsicología clínica* (1era ed.). Ciudad de México, México: El Manual Moderno.
- Ardila, A., Rosselli, M. & Matute Villaseñor, E. (2005). *Neuropsicología de los trastornos de aprendizaje*. México D.F.: Editorial Manual Moderno.
- Bausela Herrera, E. (2008). Revisión Baterías en evaluación neuropsicológica infantiles. *Boletín De La Sociedad De Pediatría De Asturias, Cantabria, Castilla Y León*. (48) 203. 8-12. Recuperado de http://www.sccalp.org/boletin/203/BoIPediatr2008_48_008-012.pdf.

Bausela-Herreras, E. (2006). La neuropsicología de A. R. Luria: coetáneos y continuadores de su legado. *Revista de Historia de la Psicología*, 27 (4), 79-92. Recuperado de [https://www.google.co.ve/search?q=Bausela-Herreras%2C+E.\(2006\).+La+neuropsicolog%C3%ADa+de+A.+R.+Luria%3A+coet%C3%A1neos+y+continuadores+de+su+legado.+Revista+de+Historia+de+la+Psicolog%C3%ADa%2C+27+\(4\)%2C+79-92.&aq=chrome..69i57.1104j0j7&sourceid=chrome&es_sm=122&ie=UTF-8](https://www.google.co.ve/search?q=Bausela-Herreras%2C+E.(2006).+La+neuropsicolog%C3%ADa+de+A.+R.+Luria%3A+coet%C3%A1neos+y+continuadores+de+su+legado.+Revista+de+Historia+de+la+Psicolog%C3%ADa%2C+27+(4)%2C+79-92.&aq=chrome..69i57.1104j0j7&sourceid=chrome&es_sm=122&ie=UTF-8).

Bolaños-García, R. & Gómez-Betancourt, L.A. (2009). Características Lectoras De Niños Con Trastorno Del Aprendizaje De La Lectura. *Acta Colombiana De Psicología* 12 (2). 37-45. Recuperado de [https://www.google.co.ve/search?q=Bola%C3%B1os-Garc%C3%ADa%2C+R.+%26+G%C3%B3mez-Betancourt%2C+L.A.\(2009\).+Caracter%C3%ADsticas+Lectoras+De+Ni%C3%B1os+Con+Trastorno+Del+Aprendizaje+De+La+Lectura.+Acta+Colombiana+De+Psicolog%C3%ADa+12+\(2\).+37-45.&aq=chrome..69i57.676j0j7&sourceid=chrome&es_sm=122&ie=UTF-8](https://www.google.co.ve/search?q=Bola%C3%B1os-Garc%C3%ADa%2C+R.+%26+G%C3%B3mez-Betancourt%2C+L.A.(2009).+Caracter%C3%ADsticas+Lectoras+De+Ni%C3%B1os+Con+Trastorno+Del+Aprendizaje+De+La+Lectura.+Acta+Colombiana+De+Psicolog%C3%ADa+12+(2).+37-45.&aq=chrome..69i57.676j0j7&sourceid=chrome&es_sm=122&ie=UTF-8).

Bruno, M. y Kilzi, D. (2010). Comparación de funciones ejecutivas en niños con autismo de alto funcionamiento, déficit de atención con

hiperactividad y sin trastorno, a través de la evaluación neuropsicológica infantil y El test de los cinco dígitos. (Trabajo de grado de Licenciatura no publicado) Escuela de Psicología de la Universidad Metropolitana, Caracas, Venezuela.

Calero, M.D., Carles, R., Mata, S., & Navarro, E. (2010). Diferencias en habilidades y conducta entre grupos de preescolares de alto y bajo rendimiento escolar. *Revista Electrónica de Investigación y Evaluación Educativa*, 16 (2), 1-17. Recuperado de http://www.uv.es/relieve/v16n2/RELIEVEv16n2_5.pdf.

Campagnaro de Solorzano, S. (1994). Visión Integral de las Dificultades de Aprendizaje. Historia, Definición Y Evaluación Adaptada A La Realidad Venezolana. UCAB: Caracas.

Campos-Castelló, J. (1998). Evaluación neurológica de los trastornos del aprendizaje. *Revista de Neurología*, 27 (156): 280-285. Recuperado de <http://www.neurologia.com/pdf/Web/27156/f1560280.pdf>.

Carboni-Román, A., del Río Grande, D., Capilla, A., Maestú, F., Ortiz, T. (2006). Bases neurobiológicas de las dificultades de aprendizaje. *Revista de Neurología* 42 (2), 171-175. Recuperado de http://www.uma.es/media/files/BASES_NEUROLOGICAS_DE_LAS_DA.pdf.

Carey, S. (2001). Bridging the Gap between Cognition and Developmental Neuroscience: The Example of Number Representation. En Nelson, C. & Luciana, M. (Eds.). *Handbook of Developmental Cognitive Neuroscience*. (p.415-433). Madison, Estados Unidos: Impressions Book and Journal Services.

Castro Márquez, C.L., Álvarez Barreras, L.M., Rivera Suarez, Y. & Echemendía Tourt, F. (2013). Dislexia y Discalculia. Sistemas para el

diagnóstico neuropsicológico. *Revista Congreso Universidad*. 2 (2) 1-8.
Recuperado de
<http://200.14.55.210/revista/index.php/congresouniversidad/article/view/170/156>.

Christensen, A.L. (2009). *Luria's Legacy in the 21 st Century*. New York, Estados Unidos: Oxford University Press.

Coelho, L. A., Fernandes, C., Ribero, C. & Perea-Bartolomé, M.V. (2006). El modelo de Alexander Romanovich Luria (revisitado) y su aplicación a la evaluación neuropsicológica. *Revista Galego-Portuguesa de Psicología y Educación*, 13, 156-194. Recuperado de http://ruc.udc.es/bitstream/2183/7027/1/RGP_13-9.pdf

Csoban-Mirka, E. (2009). Aprendizaje. En G. Peña, Y. Cañoto y Z. Santalla (Eds.), *Una introducción a la psicología* (pp.183-200). Caracas, Venezuela: Publicaciones UCAB.

De Andrés de Frutos, R. (2012). *El Desarrollo lógico-matemático en la etapa de educación infantil* (Trabajo de Grado de Licenciatura). Universidad de Valladolid, Valladolid, España. Recuperado de <https://uvadoc.uva.es/bitstream/10324/1437/1/TFG-B.67.pdf>.

De la Barrera, M.L. & Donolo, D. (2009) Neurociencias y su importancia en contexto de aprendizaje. *Revista Digital Universitaria*, 10 (4), 1-18. Recuperado de <http://www.revista.unam.mx/vol.10/num4/art20/art20.pdf>.

Dehaene, S. (1992). Varieties of numerical abilities. *Cognition*, 44, 1-42. Recuperado de http://www.unicog.org/publications/Dehaene_VarietiesOfNumericalAbilities_Cognition_1992.pdf.

- Delgado-Mejía, I. & Etchepareborda, M. (2013). Trastornos de las funciones ejecutivas. Diagnóstico y tratamiento. *Revista de Neurología*, 57, 95-103.
- Díaz, J. (2004). El Problema Mente-Cuerpo: Fundamente Teórico de la Psicobiología. En M. Corsi (Ed.) *Aproximaciones de las neurociencias a la conducta* (2ª ed.). D.F, México: Editorial Manual Moderno.
- Dobato, J. (2007). Cálculo. Acalculias. En J. Peña-Casanova (Ed.) *Neurología de la Conducta y Neuropsicología* (pp. 317-326). Madrid, España: Editorial Médica Panamericana.
- Domjan, M. (2010). *Principios de aprendizaje y conducta*. (6ta ed.) Ciudad de México, México: Wadsworth Cengage Learning.
- Dos Santos, A., & Piñero, D. (2011). Teoría de la mente y sus correlatos electrofisiológicos en niños con autismo de alto nivel de funcionamiento, trastorno deficitario de atención e hiperactividad y sin diagnostico (Trabajo de Grado de Licenciatura no publicado). Universidad Católica Andrés Bello, Caracas, Venezuela.
- Fernández-Bravo, J. A. (2010). Neurociencias y Enseñanza de la Matemática. Prólogo de algunos retos educativos. *Revista Iberoamericana de Educación*, 51 (3), 1-12. Recuperado de <http://www.rieoei.org/expe/3128FdezBravo.pdf>.
- Frostig, M. (1972). Visual Perception: Integrative Functions and Academic Learning. *Journal of Learning Disabilities*. 5 (1), 5-19.
- Gil-Verona, J.A., Macías, J.A., Pastor, J.F., de Paz, F., Barbosa, M., Maniega, M.A., et al. (2002). Diferencias sexuales en el sistema nervioso humano. Una revisión desde el punto de vista psiconeurobiológico. *Revista Internacional de Psicología Clínica y de la Salud*. 3(2), 351-361. Recuperado de http://www.aepc.es/ijchp/articulos_pdf/ijchp-76.pdf.

- González, A. R. & García, V. (1984). La conducta de contar en niños preescolares: un análisis comparativo. *Revista mexicana de de análisis de la conducta*, 10 (2), 113-123. Recuperado de file:///C:/Users/PC/Downloads/26997-52494-1-PB.pdf.
- González-Urbaneja, P.M. (1991). Historia de la Matemática: integración cultural de las matemáticas, génesis de los conceptos y orientación de su enseñanza. *Enseñanza de las Ciencias*, 9 (3), 28 1-289. Recuperado de <http://www.raco.cat/index.php/Ensenanza/article/download/39904/93151>.
- González-Urbaneja, P.M. (2004). La historia de las matemáticas como recurso didáctico e instrumento para enriquecer culturalmente su enseñanza. *Suma*, 45, 17-28. Recuperado de <http://revistasuma.es/IMG/pdf/45/017-028.pdf>.
- Hernández-Sampieri, R., Fernández-Collado, C. & Baptista-Lucio, P. (2003). Metodología de la investigación (3ra ed.). Ciudad de México, México: Mc Graw Hill.
- Idiazábal, M.A.; Palencia-Taboada, A.B.; Sangorrín, J. & J Espadaler-Gamissans, J.M. (2002). Potenciales evocados cognitivos en el trastorno por déficit de atención con hiperactividad. *Revista de Neurología* 34 (4) 301-305. Recuperado de <http://www.revneurol.com/sec/resumen.php?id=2000501>.
- Jasper, H. (1958). The ten-twenty electrode system of the International Federation. *Electroencephalography and Clinical Neurophysiology*, 10, 371-375.
- Jayaro, C (2009). Patrón específico de la respuesta emocional en el trastorno límite de la personalidad. Un estudio con el International Affective

Picture System (IAPS). Tesis doctoral no publicada, Universidad Complutense de Madrid, Madrid, España.

Jiménez, M. (2000). Competencia social: intervención preventiva en la escuela. *Infancia y Sociedad*. 24, pp. 21- 48.

Kerlinger, F. & Lee, H. (2002). Investigación del Comportamiento. Métodos de investigación en Ciencias Sociales. (4ta ed.). McGraw-Hill. México D.F.

Kolb, I. & Whishaw, Q. (2006). *Neuropsicología Humana* (5° ed.). Madrid, España: Editorial Panamericana.

León, O., & Montero, I. (1997). *Diseño de Investigación* (2da ed.). Madrid, España: McGraw Hill.

López-Astorga, M. (2010). Neurodiversidad y razonamiento lógico. La necesidad de una nueva perspectiva en las investigaciones sobre el autismo. *Revista de Educación Inclusiva*, 3 (2), 97-111. Recuperado de <http://www.redescritoresespa.com/L/lopezA.htm>.

Luck, S. (2005). *An introduction to the event-related potential technique*. (1er ed.). Massachusetts, Estados Unidos: Massachusetts Institute of Technology.

Luria; A. R. (1976) *The Working Brain: An Introduction to Neuropsychology*. United Kingdom: Basic Books.

Martínez, M., Hassainia, D., Martínez, M., Reyes, M., Azpiroz, L., & Medina, B. (2001). *Procesamiento remoto de mapas cerebrales. II Congreso Latinoamericano de Ingeniería Biomédica*. Habana, Cuba. Recuperado de http://www.researchgate.net/publication/268275171_PROCESAMIENTO_REMOTO_DE_MAPAS_CEREBRALES.

- Martínez-Padrón, O.J. (2008). Discusión Pedagógica. Actitud hacia las matemáticas. *Sapiens* 1, 237-256. Recuperado de http://www2.scielo.org.ve/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1317-58152008000100013&lng=es&nrm=i
- Matute, E., Inozemtseva, O., González-Reyes, A.L. & Chamorro, Y. (2014). La Evaluación Neuropsicológica Infantil (ENI): Historia y fundamentos teóricos de su validación. Un acercamiento práctico a su uso y valor diagnóstico. *Revista Neuropsicología, Neuropsiquiatría y Neurociencias*, 14 (1), 68-95. Recuperado de <https://revistannn.files.wordpress.com/2014/07/6-la-evaluacion-neuropsicologica-infantil-eni-historia-y-fundamentos-teoricos-de-su-validacion-un-acercamiento-practico-a-su-uso-y-valor-diagnostico-esmeralda-matute.pdf>.
- Matute, E., Roselli, M., Ardila, A. & Ostrosky-Solís, F. (2007). *Evaluación Neuropsicológica Infantil* (1ra ed.). Ciudad de México, México: Manual Moderno.
- Monedero, C. (1989). *Dificultades de Aprendizaje Escolar. Una perspectiva neuropsicológica* (2da ed.). Ediciones Pirámide. Madrid.
- Moreno de Ibarra, M. (1992). Comparación de potenciales evocados endógenos entre sujetos con autismo, retardo mental y normales (Trabajo de maestría no publicado). Universidad Simón Bolívar, Caracas, Venezuela.
- Moreno de Ibarra, M. (1999). Potenciales Evocados Cognitivos. En *1 curso básico en técnicas electrofisiológicas de uso actual*. (pp. 71-84). Caracas: Sociedad Venezolana de Técnicos en Electroneurodiagnóstico.

- Moreno de Ibarra, M. (2005). Concepción neuropsicobiológica del espectro autista. *Analogías del Comportamiento*, 8, 32 - 78.
- Morrison, J. (2015). *DSM-5: Guía para el Diagnóstico Clínico*. México: Editorial El Manual Moderno.
- Neira-Guaman, M.I. & Palacios-Toapanta, I.N. (2011). La discalculia en los niños y niñas de segundo grado de educación básica de las escuelas fiscales: Eugenio Espejo, Hector Encalada Sanchez, Mauro Matamoros Meza, ubicadas en la parroquia de puerto Bolivar de la ciudad de Machala- Provincia del Oro durante el periodo lectivo 2010-2011. (Trabajo de grado de Licenciatura). Universidad Técnica de Machala, Machala, Ecuador. Recuperado de <http://repositorio.utmachala.edu.ec/jspui/bitstream/123456789/1338/1/T-UTMACH-FCS-808.pdf>.
- Núñez-Peña, I., Corral, J., & Escera, C. (2004). Potenciales evocados cerebrales en el contexto de la investigación psicológica: una actualización. *Anuario de Psicología*, 35 (1), 3-21. Recuperado de <http://www.raco.cat/index.php/anuariopsicologia/article/viewFile/61776/96256>.
- Otálora Sevilla, Y. (2002). *Lectura de numerales arábigos en niños con discalculia*. Cali, Colombia: Universidad del Valle. Recuperado de <http://cognitiva.univalle.edu.co/archivos/grupo%20matematica%20y%20cognicion/Yenny/Lectura%20de%20numerales%20ar%20bigos%20en%20ni%20F1os%20con%20discalculia.pdf>.
- Papalia, D., Olds S., & Feldman R. (2010) *Psicología del Desarrollo*. (8va ed.). México: Mc Graw Hill.
- Parra-Gámez, L., García-Hidalgo, A. A., Ortiz-Vázquez S., Pérez-Sámano, D., Nájera-Reyes, J., Basurto-Acevedo, N.E. et al. (2009, Julio-Agosto) Las

diferencias anatómicas cerebrales que implican diferencias funcionales (1a de dos partes). *Revista de la Facultad de Medicina UNAM*, 52(4), 177-181. Recuperado de <http://www.journals.unam.mx/index.php/rfm/article/view/14793>.

Paterno, R.M. & Eusebio, C.A. (s/f). Neuropsicología Infantil: Sus aportes al campo de la educación especial. *Fundación de Neuropsicología Clínica*. Recuperado de: http://www.fnc.org.ar/pdfs/paterno_eusebio.pdf.

Peña, G. & Cañoto, Y. (2009). La psicología: noción e historia. En G. Peña, Y. Cañoto y Z. Santalla (Eds.), *Una introducción a la psicología* (pp.17-39). Caracas, Venezuela: Publicaciones UCAB.

Peña, G. (2010). Más de 50 años de Controversia del contraste de hipótesis: ¿Una luz al final del túnel? *Analogías del Comportamiento*, 11. 75-108. Recuperado de http://biblioteca2.ucab.edu.ve/anexos/biblioteca/marc/texto/AAL0565_11.pdf.

Pérez Vallejo, M. (2010). Dificultades de Aprendizaje. *Revista Digital de Innovación y Experiencia educativas*. (35) 1-10. Recuperado de http://www.csi-csif.es/andalucia/modules/mod_ense/revista/pdf/Numero_35/MARIA_PEREZ_1.pdf.

Pérez, L. & Salvador, M. (2000). Relación entre las estrategias de afrontamiento, el apoyo social, el sexo, nivel socioeconómico, la edad y la duración en el tratamiento sobre el ajuste psicosocial de los pacientes con insuficiencia renal crónica bajo el tratamiento de hemodiálisis (Trabajo de grado de Licenciatura no publicado). Universidad Católica Andrés Bello. Caracas, Venezuela.

- Picton, T. (1988). Handbook of electroencephalography and clinical neurophysiology. Human even-related potentials, (3), Amsterdam: Elsevier.
- Pinel, J. (2010). *Biopsicología* (6ta ed). Madrid, España: Pearson Educación.
- Portellano, J.A. (2005). Introducción a la neuropsicología (1ra ed.). Madrid, España: Mc Graw Hill.
- Portellano, J.A. (2007). *Neuropsicología infantil* (1ra ed.). Madrid, España: Síntesis.
- Posner, M.I. & Petersen, S.E. (1990). The attention system of the human brain. *Annual Review of Neuroscience*, 13, 25-42.
- Presentación, M. & Martínez, M., (2005). Atención con hiperactividad y potenciales evocados. Proyecto de investigación. Jornades de foment de la Investigació. Castello de la Plana, España: Universidad Jaume. Recuperado de <http://www.uji.es/bin/publ/edicions/jfi4/tdah.pdf>.
- Rebollo, M. & Rodríguez, A. (2006). Dificultades en el aprendizaje de matemática. *Revista de Neurología*. 42 (2): 135-138. Recuperado de <https://conociendolasmaticas.files.wordpress.com/2012/11/5dificultades-en-el-aprendizaje-de-las-maticas.pdf>.
- Rodríguez, S. & Rojas, J. (2010). Software educativo que permita estimular habilidades matemáticas en niños de tercer grado de educación básica con dificultades en la aritmética. (Trabajo de grado de licenciatura no publicado). Universidad Católica Andrés Bello, Caracas, Venezuela.
- Rodríguez, S., Rojas, J., Moreno de Ibarra, M., Tarrío, G. & Solórzano, I. (Febrero, 2012). Educational software to develop mathematical competencies in children with dyscalculia. Transdisciplinary assessment with brain electrophysiology. Trabajo presentado en el 40th

Meeting de la International Neuropsychological Society, Montreal, Canadá.

Rodríguez-Camacho, M., Prieto, B. & Bernal, J. (2011). Potenciales relacionados a eventos (PRE): aspectos básicos y conceptuales. En J. Silva-Pereyra (Ed.), *Métodos en neurociencias cognitivas* (pp.41-67). Ciudad de México, México: Manual Moderno.

Rodríguez-Gastelo, C. (2012). Evaluación de las funciones ejecutivas y sus correlatos electrofisiológicos en niños con: autismo de alto funcionamiento y trastornos deficitarios de atención e hiperactividad y sin diagnóstico (Trabajo de grado de licenciatura no publicado). Universidad Católica Andrés Bello, Caracas, Venezuela.

Rosselli, M. y Matute, E. (2011). La Neuropsicología del Desarrollo Típico y Atípico de las Habilidades Numéricas. *Revista Neuropsicología, Neuropsiquiatría y Neurociencias*, 11 (1) 123-140. Recuperado de http://neurociencias.udea.edu.co/revista/PDF/REVNEURO_vol11_num_1_12.pdf.

Rosselli, M., Matute, E., Pinto, N. & Ardila, A. (2006). Memory abilities in children with subtypes of dyscalculia. *Developmental Neuropsychology*, 30 (3), 801-818. Recuperado de http://psy2.fau.edu/~rosselli/NeuroLab/pdfs/memory_abilities.pdf.

Rosselli-Cock, M., Matute-Villaseñor, E., Ardila-Ardila, A., Botero-Gómez V.E., Tangarife-Salazar, G.A., Echeverría-Pulido, et al. (2004). Evaluación Neuropsicológica Infantil (ENI): una batería para la evaluación de niños entre 5 y 16 años de edad. Estudio normativo colombiano. *Revista de Neurología*. 38 (8). 720-731. Recuperado de: <http://psy2.fau.edu/~rosselli/NeuroLab/pdfs/revision.pdf>.

- Rugg, M., & Coles, M. (1996). *Electrophysiology of mind: event-related brain potentials and cognition* (1era ed.). Oxford, Inglaterra: Oxford University Press.
- Ruiz-Lázaro, P.M., Nicolau-Palou, R. & García-Giral, M. (2010). Trastornos de Dificultades del Aprendizaje. En Soutullo Esperón, C. y Mardomingo Sanz, M.J. (Eds.), *Manual de Psiquiatría del Niño y del Adolescente*. (pp. 207-218). Caracas, Venezuela: Editorial Médica Panamericana.
- Sagüillo, J.M. (2008). El Pensamiento lógico-matemático. Elementos de heurística y apodíctica demostrativa (1ra ed.). Madrid, España: Ediciones Akal.
- Salas Silva, R. (2003). ¿La educación necesita realmente de la neurociencia? *Estudios Pedagógicos*, 29, 155-171. Recuperado de <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=173514130011>.
- Schrank, F., McGrew, K., Ruef, M., Alvarado, C., Muñoz-Sandoval, A. & Woodcock, R. (2005). *Batería III Woodcock-Muñoz. Assessment Service Bulletin Number 1. Overview and Technical Supplement*. Itasca, IL: Riverside Publishing. Recuperado de Schrank, F., McGrew, K., Ruef, M., Alvarado, C., Muñoz-Sandoval, A. & Woodcock, R. (2005). *Batería III Woodcock-Muñoz. Assessment Service Bulletin Number 1. Overview and Technical Supplement*. Itasca, IL: Riverside Publishing.
- Sellán-Paniceres, C. (1991). Registro de los potenciales evocados: Aproximación a los componentes P300 y N400. *Psicología General y Aplicada*, 44 (3), 317-322. Recuperado de <http://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=2860465>.
- Serra-Grabulosa, J.M., Adan, A., Pérez-Pámies, M., Lachica, J. & Membrives, S. (2010). Bases Neurales del Procesamiento Numérico y del Cálculo.

Revista de Neurología, 50 (1), 39-46. Recuperado de <http://www.neurologia.com/pdf/web/5001/bd010039.pdf>.

Silva, L. H. (s/f). *Prueba: Evaluación Neuropsicológica Infantil (ENI)*. Bogotá, Colombia: Universidad Nacional de Colombia. Recuperado de <http://www.humanas.unal.edu.co/psicometria/files/8213/7051/8367/Prueba - Evaluación Neuropsicológica Infantil ENI.pdf>.

Universidad Católica Andrés Bello, Escuela de Psicología. (2002). *Contribuciones a la deontología de la investigación en psicología*. Caracas: Publicaciones UCAB.

Vargas-Vargas, R.A. (2013). Matemáticas y neurociencias: una aproximación al desarrollo del pensamiento matemático desde una perspectiva biológica. *Revista Iberoamericana de Educación Matemática* 36, 37-46. Recuperado de <http://www.fisem.org/www/union/revistas/2013/36/archivo7.pdf>.

Vásquez, H. (1994). *Curso de Evaluación Curricular*. Ministerio de Educación, Dirección de Educación Especial y Fundación para el Desarrollo de la Educación Especial, Caracas, Venezuela.

Vila-Corts, A., & Callejo de la Vega, M. L. (2004). *Matemáticas para aprender a pensar* (1ra ed.). Madrid, España: Narcea.

Villaroel, J.D. (2009). *Investigación sobre el conteo infantil*. Recuperado de http://www.ehu.eus/ikastorratza/4_alea/4_alea/conteo%20infantil.pdf

Vygotsky, L. (1979). *Aprendizaje y Desarrollo intelectual en la edad escolar*. En Luria, Leontiev y Vygotsky (Eds.). *Psicología y pedagogía* (1ra ed). Madrid, España: Akal Editores.

Zschaeck, I. (2000). Percepción de la relación maestro-alumno mediante la prueba gráfica pareja educativa (Trabajo de Grado de Licenciatura no publicado). Universidad Católica Andrés Bello, Caracas, Venezuela.

Anexos

Anexo A

Dominios, subdominios y tareas o medidas de la ENI.

Dominios	Subdominios	Tareas o pruebas
1. Habilidades constructivas:	1.1. Construcción con palillos.	1.1.1 Construcción con palillos
	1.2. Habilidades gráficas.	1.2.1. Copia de figuras. 1.2.2. Dibujo de la figura humana. 1.2.3. Copia de la figura compleja.
2. Memoria (codificación):	2.1. Memoria verbal-auditiva.	2.1.1. Lista de palabras. 2.1.2. Recuerdo de una historia.
	2.2. Memoria visual.	2.2.1. Lista de figuras
3. Habilidades Perceptuales:	3.1. Percepción táctil.	3.1.1. Mano derecha. 3.1.2. Mano izquierda.
	3.2. Percepción visual.	3.2.1. Imágenes sobrepuestas. 3.2.2. Imágenes borrosas. 3.2.3. Cierre visual. 3.2.4. Reconocimiento de expresiones. 3.2.5. Integración de objetos.
	3.3. Percepción auditiva.	3.3.1. Notas musicales. 3.3.2. Sonidos ambientales. 3.3.3. Fonémica.
4. Memoria (evocación diferida):	4.1. Evocación de estímulos auditivos.	4.1.1. Espontánea de la lista de palabras. 4.1.2. Por claves. 4.1.3. Reconocimiento. 4.1.4. De la historia.
	4.2. Evocación de estímulos visuales.	4.2.1. Figura compleja. 4.2.2. Espontánea de la lista de figuras. 4.2.3. Por claves. 4.2.4. Reconocimiento.

5. Lenguaje:	5.1. Repetición.	5.1.1. Sílabas. 5.1.2. Palabras. 5.1.3. Repetición de no palabras. 5.1.4. Repetición de oraciones.
	5.2. Expresión.	5.2.1. Denominación de imágenes. 5.2.2. Coherencia narrativa. 5.2.3. Longitud de la expresión.
	5.3. Comprensión.	5.3.1. Designación de imágenes. 5.3.2. Seguimiento de instrucciones. 5.3.3. Comprensión del discurso.
6. Habilidades metalingüísticas:	6.1. Síntesis fonémica.	6.1.1. Síntesis fonémica.
	6.2. Conteo de sonidos.	6.2.1. Conteo de sonidos.
	6.3. Deletreo.	6.3.1. Deletreo.
	6.4. Conteo de palabras.	6.4.1. Conteo de palabras.
7. Lectura:	7.1. Precisión.	7.1.1. Sílabas. 7.1.2. Palabras. 7.1.3. No palabras. 7.1.4. Oraciones. 7.1.5. Lectura en voz alta de un texto.
	7.2. Comprensión.	7.2.1. Oraciones. 7.2.2. Lectura en voz alta de un texto. 7.2.3. Lectura silenciosa de un texto.
	7.3. Velocidad.	7.3.1. Lectura en voz alta. 7.3.2. Lectura silenciosa de un texto.
8. Escritura:	8.1. Precisión.	8.1.1. Escritura del nombre. 8.1.2. Dictado de sílabas. 8.1.3. Dictado de palabras. 8.1.4. Dictado de no palabras. 8.1.5. Dictado de oraciones. 8.1.6. Copia de un texto.

		8.1.7. Recuperación escrita.
	8.2. Composición narrativa.	8.2.1. Coherencia narrativa. 8.2.2. Longitud de la producción narrativa.
	8.3. Velocidad.	8.3.1. En la copia de un texto. 8.3.2. En la recuperación escrita.
9. Aritmética	9.1. Conteo.	9.1.1. Conteo
	9.2. Manejo numérico.	9.2.1. Lectura de números. 9.2.2. Dictado de números. 9.2.3. Comparación de números. 9.2.4. Ordenamiento de cantidades.
	9.3. Cálculo.	9.3.1. Serie directa. 9.3.2. Serie inversa. 9.3.3. Cálculo mental. 9.3.4. Cálculo escrito.
	9.4. Razonamiento lógico-matemático.	9.4.1. Problemas numéricos.
10. Habilidades espaciales:	10.1. Comprensión derecha – izquierda.	10.1.1. Comprensión derecha – izquierda.
	10.2. Expresión derecha – izquierda.	10.2.1. Expresión derecha – izquierda.
	10.3. Dibujos desde ángulos diferentes.	10.3.1. Dibujos desde ángulos diferentes.
	10.4. Orientación de líneas.	10.4.1. Orientación de líneas.
	10.5. Ubicación de coordenadas.	10.5.1. Ubicación de coordenadas.
11. Atención:	11.1 Atención visual.	11.1.1. Cancelación de dibujos. 11.1.2. Cancelación de letras.
	11.2. Atención auditiva.	11.2.1. Dígitos en progresión. 11.2.2. Dígitos en regresión.
12. Habilidades conceptuales:	12.1. Similitudes.	12.1.1. Similitudes.
	12.2. Matrices.	12.2.1. Matrices.

	12.3. Problemas aritméticos.	12.3.1. Problemas aritméticos.
13. Funciones ejecutivas:	13.1. Fluidez verbal.	13.1.1. Fluidez semántica. 13.1.2. Fluidez fonológica.
	13.2. Fluidez gráfica.	13.2.1. Fluidez semántica. 13.2.2. Fluidez no-verbal.
	13.3. Flexibilidad cognitiva.	13.3.1. Número de ensayos administrados. 13.3.2. Total de errores. 13.3.3. Porcentaje de errores. 13.3.4. Número de categorías. 13.3.5. Incapacidad para mantener la organización. 13.3.6. Número de respuestas perseverativas. 13.3.7. Porcentaje de respuestas perseverativas.
	13.4. Planeación y Organización.	13.4.1 Diseños correctos. 13.4.2. Excedente de movimientos. 13.4.3. Diseños correctos con el mínimo de movimientos.

Nota. Adaptada de “La Evaluación Neuropsicológica Infantil (ENI): Historia y fundamentos teóricos de su validación. Un acercamiento práctico a su uso y valor diagnóstico” por E. Matute, O. Inozemtseva, A.L. González-Reyes y Y. Chamorro, 2014, *Revista Neuropsicología, Neuropsiquiatría y Neurociencias*, 14 (1), 68-95.

Anexo B**Prueba de Matemática Final 2° - Inicio 3° Grado (UCAB, 2003)****PRUEBA DE MATEMÁTICA****FINAL 2° - INICIO 3° GRADO****CRITERIOS PARA LA EVALUACIÓN**

Los objetivos evaluados son considerados los más importantes del programa de Evaluación Básica del Ministerio de Educación, cada una de las preguntas ha sido construida para medir un objetivo específico. A cada ítem se le dio un puntaje de acuerdo a una tabla de especificaciones elaborada para tal fin. La prueba está formada por 8 ítems y el puntaje es de 0 a 20.

El contenido y las puntuaciones para cada ítem se aplican en el cuadro siguiente:

ITEM	CONTENIDO DE OBJETIVO	PUNTUACIÓN POR UNIDAD	PUNTUACIÓN TOTAL
1	Seriación	0.5 c/u	1.5
2	Relación entre números	0.25 c/u	1.5
3	Valor de posición	0.5 c/u	2
4	Dictado de cifras	0.5 c/u	1
5	Escritura de cifras	0.25 c/u	1
6	Adición	1 c/u	3
7	Sustracción	1 c/u	3
8	Razonamiento	a = 2 b = 2 c = 3	7

PRUEBA DE MATEMÁTICA
FINAL 2° - INICIO 3° GRADO

Nombres y Apellidos

Grado y Sección:

Fecha

1. Completa los números que faltan en cada una de las series:

1. a En forma progresiva de 3 en 3:

303 _____ 312 _____ 321 _____ 330

1 .b En forma progresiva de 10 en 10:

600 _____ 650 _____ 690

1 .c En forma regresiva de 1 en 1:

99 _____ 95 _____ 90

2. Escribe la relación "mayor que", "menor que" o "igual que" según convenga:

998 _____ 230

139 _____ 670

850 _____ 850

327 _____ 325

669 _____ 672

204 _____ 204

3. Escribe: cuantas unidades, decenas y centenas hay en las siguientes cantidades:

a. 9

C

D

U

b. 25

C

D

U

c. 809

C

D

U

d. 968

C

D

U

4. Escribe en números las siguientes cantidades:

(DICTADO)

5. Escribe en letras las siguientes cantidades:

215

318

601

804

6. Ordena y suma:

a. $32+15+6=$

b. $9 + 140 + 56=$

c. $246+39+160=$

7. Ordena y resta:

a. $902 - 203 =$

b. $563 - 256 =$

c. $638 - 459 =$

8. Resuelve:

a. En un árbol hay 68 naranjas y en otro hay 175 ¿cuántas naranjas hay en total?

b. Compré una patineta que me costó Bs. 168; si tenía Bs. 285, ¿cuántos bolívares me quedan?

c. Un autobús lleva 68 pasajeros, en una parada se bajan 15 pasajeros, y en la siguiente parada suben 24 pasajeros, ¿Cuántos pasajeros lleva ahora el autobús?

Anexo C

Protocolo del evaluador correspondiente a las pruebas del dominio de Aritmética

Anexo D**Carta de autorización de los padres y/o representantes para la evaluación conductual y electrofisiológica de los niños**

Universidad Católica Andrés Bello

Escuela de Psicología

Trabajo de Tesis de Grado

Autorización

Yo, _____, representante del niño/a _____, que cuenta con _____ años de edad, autorizo la participación de mi representado en el trabajo de Evaluación Neuropsicológica Infantil presentado por los estudiantes Marina María Del Gatto Pasquale y Daniel Alejandro Moncada Domínguez, como requisito parcial para obtener el título de Licenciatura en Psicología, cuyo objetivo es establecer diferencias conductuales y electrofisiológica entre niños con bajo y alto rendimiento en Aritmética.

Todos los padres y representantes recibirán información sobre los resultados obtenidos por sus hijos y/o representados durante la evaluación de forma individual.

Caracas, _____ de _____ 2015.

Nombre y firma del Representante

Marina Del Gatto Pasquale

CI: 22.785.178

Daniel Moncada Domínguez

CI: 20.637.770