



UNIVERSIDAD DE GUADALAJARA

Centro Universitario de Ciencias Biológicas y Agropecuarias
División de Ciencias Biológicas
Departamento de Ciencias Ambientales

INSTITUTO DE NEUROCIENCIAS

**Relación entre la recuperación de Hechos
Aritméticos y la Memoria de Trabajo en niños con
dificultades en el aprendizaje de las matemáticas.
Estudio de PREs.**

Tesis
que para obtener el grado de
**MAESTRA EN CIENCIA DEL COMPORTAMIENTO
(ORIENTACIÓN NEUROCIENCIA)**

presenta
Minerva Altamirano Rios

Comité tutorial
Dra. Fabiola Reveca Gómez Velázquez (Directora)

Dra. Julieta Ramos Loyo
Mtra. Judith Suro Sánchez

RESUMEN

Las operaciones aritméticas sencillas son resueltas automáticamente mediante la recuperación de hechos aritméticos (asociaciones entre operación y resultado) almacenados en la memoria a largo plazo. La dificultad para almacenar y/o recuperar de manera automática el resultado de las operaciones parece ser uno de los principales problemas de los niños con dificultades en el aprendizaje de las matemáticas, además de presentar dificultades en el procesamiento en memoria de trabajo. Estudios electrofisiológicos en adultos han demostrado que ante la detección de incongruencias en el resultado de operaciones aritméticas se genera un componente tipo N400 semejante al descrito para la detección de incongruencias semánticas. Sin embargo, se desconoce si existen diferencias en la actividad eléctrica cerebral ante la detección de incongruencias aritméticas en niños con y sin dificultades en matemáticas. Por lo que, el principal objetivo de este trabajo fue: estudiar conductual y electrofisiológicamente el procesamiento de la verificación de operaciones aritméticas, que implican la recuperación de hechos aritméticos, en niños con diferente rendimiento en matemáticas, así como su posible relación con el rendimiento en tareas de memoria de trabajo. **Participantes y Métodos:** Se evaluaron 45 niños divididos en *Alto*, *Medio* y *Bajo* rendimiento en matemáticas (WRAT-4), ante la ejecución de una tarea de verificación de operaciones aritméticas con registro simultáneo del EEG, los niños debían determinar lo más rápido posible, si el resultado presentado después de una operación era correcto o no. **Resultados:** El grupo *Bajo* presentó un significativo menor número de respuestas correctas y mayores tiempos de reacción respecto a los grupos *Alto* y *Medio*, en la tarea experimental, además de significativa disminución en el rendimiento en tareas de Memoria de Trabajo. Electrofisiológicamente se observó que ante resultados Correctos se generó un componente P300 de mayor amplitud para los grupos *Alto* y *Medio*, en comparación con el *Bajo*. Ante resultados Incorrectos se generaron los componentes N200 y P600 de mayor amplitud para el grupo *Alto* y *Medio*. **Conclusiones:** Los niños con *Bajo* rendimiento en matemáticas presentan una marcada dificultad para la recuperación de los hechos aritméticos, que se reflejó en los PREs como una pobre modulación de los componentes P300 y la P600, esta dificultad podría estar asociada con una dificultad de orden más general que es la dificultad para procesar información en la Memoria de Trabajo.

ABSTRACT

Simple digits arithmetic operations are automatically solved by recovering arithmetic facts (internal associations between operation and result), which are already stored in long-term memory. Difficult to store and/or automatically retrieve the result of operations seems to be one of the main issues in children with math learning problems, along with difficulties while processing information in working memory. Several electrophysiological studies conducted in adults have shown that detection of inconsistencies in the results of arithmetic operations elicit a N400-like component, similar to that described for the detection of semantic incongruence. However, it is unknown if there are any brain electrical activity difference between children with and without math difficulties, while detecting arithmetic inconsistencies. Therefore, the main object of this study was to evaluate, in children with different arithmetic performance rates, the verification processes involved in the recovery of arithmetic facts, both behavioral and electrophysiologically. In addition, we aim to evaluate if there were any relationship between arithmetic facts recovering processes and working memory tasks performance. **Participants and Methods:** 45 children were divided into High, Medium and Low mathematics performance regarding their scores on WRAT-4. They all performed an arithmetic operation verifying task with simultaneous EEG recording. To fulfilled the task they had to determined, as quickly as possible, if appearing digits matched or not the correct result of a preceding arithmetic operation. **Results:** While performing the experimental task, the Low group showed significant lower amount of correct responses and higher reaction times, with respect to High and Medium groups. In addition, Low group also showed poorer performances on working memory tasks. Since an electrophysiological perspective, interesting findings showed up. When results correctly matched the arithmetic operations, P300 showed significantly higher amplitudes in High and Medium groups. Besides, High and Medium groups also showed N200 and P600 higher amplitude components, but when results did not match accurately math operations. **Conclusions:** Children with poor math performance have a striking difficulty to recover arithmetic facts, which is mainly reflected in ERPs as poorly modulated P300 and P600 components. This problem could be associated with a broader difficulty to process information in working memory.

Agradecimientos

La realización y culminación de este trabajo fue posible gracias al apoyo del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología, quien valiosamente apoya al talento mexicano.

Al Instituto de Neurociencias de la Universidad de Guadalajara.

Le dedico este trabajo con todo mi amor y eterno agradecimiento a mi madre, que gracias a su gran apoyo interminable ha soñado conmigo y me ha ayudado a seguir siempre adelante.

A mi padre quien me ha enseñado la importancia del estudio y la lucha de ideales.

Te agradezco a ti mi amigo y compañero eterno que cada día has tenido el amor, las palabras de aliento, la compañía y el apoyo que he necesitado para cumplir mis metas y que has compartido a mi lado esta gran aventura.

Le agradezco enormemente a mi muy querida tutora la Dra. Fabiola Gómez Velázquez, que con gran paciencia y sabiduría me ha guiado por este camino y me ha compartido un poco de su gran talento, siempre con calidez humana que me hizo sentir como en casa.

Al doctor Andrés González Garrido por haber confiado en mí, por sus enseñanzas y gran calidad humana.

A mis compañeros de laboratorio Vanesa, Rodrigo, Eli, Daniel y en especial a Adriana que con gran paciencia y amabilidad siempre me brindo su ayuda incondicional.

Al equipo de asesores por sus valiosas contribuciones y observaciones a este trabajo especialmente a la Mtra. Judith Suro por sus amables y valiosas aportaciones y la Dra. Julieta Ramos por sus oportunas sugerencias.

A mis grandes amigos que me motivaron para ingresar a este Instituto: Mario, Ray y Hugo con los cuales he compartido felices y valiosos momentos de mi vida.

A mis lindos sobrinos que siempre han sido la inspiración de mi trabajo, que con sus sonrisas y aprendizajes me inspiran a continuar aprendiendo sobre el desarrollo infantil.

Muy especialmente le agradezco a la Mtra. Ana Paula de Obeso Martínez, directora de primaria del Instituto de Ciencias, a los padres de familia y a todos los niños por su gran apoyo, colaboración y paciencia con lo cual hicieron posible la realización de este trabajo.

ÍNDICE

Introducción.....	7
Antecedentes	
1. DESARROLLO DE LAS HABILIDADES ARITMÉTICAS	9
1.1 Estimación de cantidades.....	9
1.2 Desarrollo del conteo.....	9
1.3 Efectos experimentales en el procesamiento de números....	10
2. PROCESAMIENTO NUMÉRICO	13
2.1 Modelos de procesamiento numérico de Triple Código de Dehaene.....	13
2.2 Procesamiento de los diferentes tipos de operaciones aritméticas básicas.....	14
2.3 Regiones cerebrales que se especializan en el significado del número.....	15
3. TRASTORNO DEL CÁLCULO.....	17
3.1 Alteraciones funcionales y estructurales del surco Intraparietal en la discalculia del desarrollo y su comorbilidad	18
3.2 Características de los niños con dificultades en el aprendizaje de las matemáticas.....	19
3.3 Memoria de trabajo verbal y su relación con el aprendizaje de las matemáticas.....	22
4. POTENCIALES RELACIONADOS A EVENTOS.....	25
4.1 Técnica de promediación.....	25
4.3 Registro de la señal eléctrica.....	26
4.4 Componentes de los PREs.....	26
5. POTENCIALES RELACIONADOS CON EVENTOS Y PROCESAMIENTO NUMÉRICO	29
5.1 Estudios de comparación de magnitud del número.....	29
5.2 Estudios de operaciones aritméticas.....	30
6. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	35
Objetivos.....	37
Hipótesis.....	38
Variables.....	39
7. METODOLOGÍA.....	40
7.1 Sujetos.....	40
7.2 Criterios generales de inclusión.....	40

7.3	Instrumentos	41
7.4	Tarea experimental de verificación de operaciones aritméticas	44
	Estímulos.....	44
	Paradigma experimental.....	45
7.5	Procedimiento.....	46
8	RESULTADOS.....	49
8.1	Caracterización de la muestra de estudio.....	49
8.2	Resultados conductuales de la tarea experimental de verificación de operaciones aritméticas.....	53
8.3	Resultados de los Potenciales Relacionados con eventos.....	56
9	DISCUSIÓN.....	67
9.1	Resultados conductuales.....	67
9.2	Resultados electrofisiológicos.....	71
10	CONCLUSIONES.....	76
11	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	78
	ANEXOS.....	83
Anexo 1	Aplicación de la subprueba de cálculo matemático WRAT.....	83
Anexo 2	Formato de aplicación de la subprueba de cálculo matemático WRAT 4.....	85
Anexo 3	Cuestionario neurológico e inventario de manualidad.....	89
Anexo 4	Conciencia fonológicas.....	90
Anexo 5	WISC- IV Sucesión de letras y números.....	91
Anexo 6	WISC-IV Aritmética.....	92
Anexo 7	WISC-IV Diseño con cubos.....	93
Anexo 8	WISC-IV Retención de dígitos.....	94
Anexo 9	WISC-IV Vocabulario.....	95
Anexo 10	Tareas de procesamiento numérico de la ENI.....	97
Anexo 11	Evaluación de operaciones aritméticas sin límite de tiempo.....	98
Anexo 12	Diseño de los estímulos y montaje del paradigma.....	99
Anexo 13	Aprobación del proyecto de investigación por el comité de ética del Instituto de Neurociencias	101

INTRODUCCIÓN

Los estudios realizados en procesamiento numérico empleando la técnica de Potenciales Relacionados con Eventos son pocos en comparación con los realizados en el procesamiento de la lectura, a pesar de que las dificultades en el aprendizaje de las matemáticas generan déficits significativos que afectan negativamente la vida académica, social y personal de los niños que las presentan. Se ha demostrado que los niños con dificultades en el aprendizaje de las matemáticas, presentan problemas en una amplia variedad de tareas como el conteo, la conciencia numérica, la estimación rápida de pequeñas cantidades (subitización), la comparación de magnitudes numéricas, el cálculo mental y la solución de problemas aritméticos, entre otras.

Las tareas de cálculo mental y solución de problemas aritméticos por más simples que sean, involucran el despliegue de estrategias de procesamiento numérico y la automatización de procesos, ya que se ha descrito que este tipo de tareas se resuelven no sólo por un procesamiento aritmético en el sentido estricto (a través de conteo por ejemplo), sino por la recuperación automática de relaciones *operaciones-resultados* previamente aprendidas y reforzadas por la práctica repetida, las cuales se asume que se almacenan en la memoria a largo plazo en un código verbal similar al de las palabras de acuerdo al modelo de Dehaene (Dehaene, 1992; Dehaene, 1997; Dehaene y Cohen, 1997).

Adicionalmente, las competencias matemáticas consisten de múltiples habilidades que son adquiridas y aprendidas de manera jerárquica (Geary, 1993). Es decir, las habilidades básicas como las comparaciones mayor/menor de pequeñas cantidades y el conteo son prerrequisitos para la solución de operaciones aritméticas básicas, primero a través de procedimientos de conteo y posteriormente a través de la recuperación directa de hechos aritméticos desde la memoria a largo plazo. Habilidades matemáticas más complejas como el cálculo multidígitos y la solución de problemas son facilitados por la especialización o automatización en la solución de operaciones aritméticas básicas (Andersson, 2008).

Esta habilidad, que es comúnmente denominada *recuperación de hechos aritméticos*, es la base del presente trabajo, que buscó establecer los sustratos electrofisiológicos asociados con este tipo de procesamiento en niños sin dificultades en el aprendizaje de las matemáticas, así como establecer las posibles diferencias conductuales y electrofisiológicas respecto de un grupo de niños con dificultades en el aprendizaje de las matemáticas y buscar su posible relación con el rendimiento en tareas de memoria de trabajo.

La recuperación de hechos aritméticos no puede considerarse como una habilidad que involucra procesamiento en memoria de trabajo, es más bien el resultado de un proceso automático, pero para que llegue a ser automática es necesaria la participación de la memoria de trabajo en etapas más tempranas, donde se adquieren los conceptos de adición, sustracción y multiplicación, se aprenden los procedimientos para realizar operaciones aritméticas básicas y al mismo tiempo se empiezan a guardar en memoria las asociaciones frecuentes entre las operaciones y sus resultados, lo que permite saber rápidamente cuál es el resultado de una operación sin que se deba “operar” realmente con los números, liberando recursos para atender a otros procesos más complejos como la solución de problemas aritméticos. Es por ello que se pretende determinar si las dificultades en la recuperación de

hechos aritméticos se relacionan significativamente con una disminución en el rendimiento en tareas de memoria de trabajo.

Adicionalmente, se ha descrito que las características de los estímulos afectan el procesamiento numérico, generando efectos que influyen en el tiempo de respuesta como el *Efecto de distancia numérica* el cual establece que al comparar la magnitud de dos números, el tiempo de respuesta disminuye a medida que la distancia numérica entre los números es lejana.

El estudio de los Potenciales Relacionados con Eventos (PREs) ante la detección de incongruencias en la recuperación de hechos aritméticos se ha realizado básicamente en adultos normales, en los que se han descrito negatividades semejantes, en latencia y distribución topográfica, a las observadas ante incongruencias semánticas, generando un componente N400-like, sin embargo, existen muy poco estudios electrofisiológicos en niños y no se tiene conocimiento de trabajos que exploren el procesamiento numérico en niños con dificultades en el aprendizaje de las matemáticas.

ANTECEDENTES

DESARROLLO DE LAS HABILIDADES ARITMÉTICAS

1.1 Estimación de cantidades.

El procesamiento numérico inicia desde edades muy tempranas, mucho antes de que el niño pueda hablar y considerablemente antes que la adquisición de la lecto-escritura. Se ha demostrado que ya desde los primeros días de nacidos los bebés son sensibles al cambio de numerosidad y responden ante ésta (Antell y Keating, 1983) y conforme van creciendo aun siendo muy pequeños (al año de edad) logran comparar magnitudes y estimar cantidades. El ser humano aprende a comparar magnitudes, a utilizar los números y realizar operaciones aritméticas sencillas, aún sin haber recibido educación formal, como es el caso de los analfabetas, lo que sugiere la posibilidad de que el cerebro humano posea las redes cerebrales necesarias para el procesamiento numérico y que desarrollen con el paso del tiempo aun sin entrenamiento. Dehaene (1997) argumentó que el cerebro humano está dotado con un mecanismo innato para el aprendizaje de las cantidades numéricas, el cual ha sido heredado de nuestra evolución y que guía la adquisición de las matemáticas, a lo que llamó teoría del “sentido del número” la cual es descrita como una capacidad básica del cerebro humano, con circuitos cerebrales dedicados a su procesamiento, heredada de una historia evolutiva, involucrada en el reconocimiento de la magnitud del número y que nos provee de la intuición básica que guía la adquisición de la aritmética formal (Dehaene, Molko, Cohen y Wilson, 2004). Por lo que establece que el ser humano cuenta con los recursos necesarios para el procesamiento numérico de manera innata, el cual se va perfeccionando y especializando a lo largo de la vida, la existencia de esta circuitería explica por qué los niños desde muy pequeños inician con la comparación de magnitudes.

Butterworth por su parte también postula un modelo innato de adquisición del número al que denomina “Módulo del Número”, el cual permite desarrollar habilidades numéricas, este módulo es influenciado por el entrenamiento cultural que proporciona las herramientas necesarias para hacer uso del conocimiento conceptual del número y sus aplicaciones a través del aprendizaje (Butterworth, 1999).

Existen estudios que demuestran la existencia de este mecanismo innato para la comparación de magnitudes y el manejo numérico, como el realizado por Starkey y Cooper (1980) observaron que los niños de 4-7 meses de edad son sensibles al cambio en la numerosidad de un conjunto pequeño de puntos negros usando un paradigma de habituación-deshabitación. Los niños respondían fijando la mirada durante más tiempo (deshabitación) ante la novedad de un estímulo con menor numerosidad (2 elementos, comparado con el estímulo habitual con 3 elementos o viceversa), concluyendo que los bebés entre los 4 y 7 meses de edad son capaces de discriminar numerosidades de 2 y 3. Antell y Keating (1983) emplearon el mismo paradigma de Starkey y Cooper, pero lo aplicaron en recién nacidos, encontraron que los recién nacidos en la primer semana de vida pueden discriminar cambios en la numerosidad en un número pequeño de elementos (2 a 3 y de 3 a 2), pero no así con conjuntos de puntos mayores (4 a 6 y 6 a 4) mostrándoles una serie de 2 puntos en diferentes configuraciones, el bebé llegaba a habituarse (perdía el interés) ante la presentación repetida del mismo estímulo, pero si presentaban un estímulo con tres puntos, inmediatamente su interés se incrementaba (deshabitación). Los resultados indicaron que los niños recién

nacidos pueden detectar diferencias en la numerosidad en presentaciones de un número pequeño de elementos.

Wynn en 1992, publicó un artículo en el cual mostró que los bebés de 5 meses de edad pueden calcular los resultados de operaciones aritméticas simples como $(1 + 1 = 2)$. La autora observó y midió la conducta oculomotora del niño empleando un paradigma de “reacción al evento imposible” ($1 + 1 = 1$, $1 + 1 = 3$), con lo cual Wynn sugirió que los humanos son innatamente dotados de habilidades aritméticas. En el experimento se les presentaba a los bebés un pequeño teatro de muñecos (con figuras de Mickey) donde se realizaban eventos que eran posibles ($1 \text{ Mickey} + 1 \text{ Mickey} = 2 \text{ Mickey}$) o eventos mágicos (imposibles) ($1 + 1 = 1$ ó $1 + 1 = 3$). La mitad del tiempo de fijación visual de los bebés mostró que ellos perciben los errores de cálculo, es decir, observaron durante más tiempo y se sorprendieron ante los eventos mágicos (imposible) y no ante los eventos posibles.

1.2 Desarrollo del conteo

El niño inicia su relación formal con los números a muy temprana edad, en el transcurso de los dos primeros años de su vida, mediante la interacción social y cultural ha tenido una amplia relación con las palabras que designan los números y adquiere la capacidad de numerar objetos, de nombrar a cada uno con un concepto distinto, ya que desde muy pequeños participan en un juego de conteo; al subir y bajar escaleras, al saltar por la calle, al contar y organizar sus juguetes en filas, cuando logran detectar que le hacen falta algunos de ellos etc.

El niño inicia a contar ya desde los dos años de edad, cuando puede informar por ejemplo cuantos años tiene y es capaz de identificar las palabras numéricas que designan números de aquellas otras que designan otros adjetivos, empleando palabras de números de manera sistemática (Gelman y Gallistel, 1978) y cuenta, aunque no comprenda lo que está haciendo, cometiendo muchos errores, perdiendo la secuencia del orden de los números, conoce el nombre de los números como aprendizaje por repetición por la exposición ante las palabras que los designan, sin embargo, el comprender que esas palabras representan cierta cantidad específica implica mucho más tiempo, esto se logra en la edad preescolar cerca de los 3 años de edad, donde paulatinamente va adquiriendo mayores conocimientos, reglas y normas que rigen el conteo, siendo a los 3 años de edad cuando los niños logran recitar palabras de números “uno hasta cinco” mientras señalan un objeto a la vez (Gelman y Gallistel, 1978) cuando comienza a manipular los nombres de los números y asociarlos a cantidades pequeñas que éstas representan. Son capaces de identificar cantidades numéricas a simple golpe de vista por medio de la subitización (estimación a golpe de vista de una cantidad no mayor a 4 elementos), posterior al número tres los niños inician con el empleo y establecimiento de la correspondencia uno a uno, comenzando el conteo con las partes de su cuerpo como una estrategia de inicio. Hacia los 4 años de edad aumenta significativamente la cantidad de números que conoce, logra identificarlos escritos y corresponderlos a la cantidad que representan, este conocimiento es reforzado por los adultos, por lo que los niños incrementan su interés y sus habilidades de conteo.

Gelman y Gallistel (1978) identificaron cuatro principios básicos para adquirir la habilidad preverbal del conteo: a) correspondencia del número uno a uno, b) Orden estable, c) Cardinalidad: número de elementos de un conjunto, d) irrelevancia del orden.

a) Correspondencia uno a uno.

Este principio establece que para decidir si dos colecciones son numéricamente iguales, hay que corresponder cada uno de los elementos de una colección con uno y solo un elemento de la otra colección. La correspondencia uno a uno aparece cerca de los dos años de edad y se mantiene independientemente del aprendizaje de la secuencia del conteo de palabras (Butterworth, 2005).

b) Orden estable (ordinalidad)

La secuencia de conteo representa una escala de magnitud ordenada y una etiqueta de número, la ordinalidad implica la condición de pertenencia a un sistema organizado con un orden específico. De acuerdo a este principio los números deben de ser asignados a los elementos que se están contando, de acuerdo con una secuencia reproducible, este implica que cada vez que el niño cuenta debe pronunciar palabras numéricas en el mismo orden. Si se cambia el orden de los números (1, 2, 3, 4, 5 etc. en 1, 4, 3, 5, 2 o en otra) se obtiene un número total distinto cada vez que cuente el mismo conjunto de objetos. Estas restricciones son las que dictan la manera en que el niño termina por aprender la secuencia convencional de números.

c) Cardinalidad

Este principio establece que sólo el último término de cada proceso de recuento representa el valor cardinal del conjunto concreto contado por ser cardinal del mismo. Para lograr la cardinalidad es necesario haber adquirido previamente los principios de correspondencia uno a uno y orden estable. La cardinalidad es vista como numerosidad de un set. Butterworth emplea el término “*numerosidad*”, para hacer referencia a lo que Gelman Gallistell nombraron “*cardinalidad*”, la numerosidad describe el número de objetos en un conjunto (Butterworth, 2005).

d) Irrelevancia del orden

Se refiere a que el niño logre comprender que el orden del conteo es irrelevante para el resultado final. El niño comprende que se consigue el mismo cardinal con independencia del orden que siga en el conteo de los elementos de un conjunto. Para que el niño haya adquirido este concepto, debe ser capaz de contar elementos aleatoriamente, realizando saltos sobre el conjunto a contar, aproximadamente ocurre entre los 4 y 5 años de edad.

De acuerdo a lo descrito sobre la adquisición del conteo el niño cerca de los 5 años de edad habrá adquirido los principios básicos de conteo y posteriormente a partir de su ingreso a la educación primaria conforme a lo establecido por el plan y programa de estudio de la SEP (1993) al niño se le entrenará durante los primeros tres años de primaria con el conocimiento de los números, sus relaciones y sus operaciones, trabajando con los números naturales enteros en conteo, agrupamiento y desagrupamiento en unidades, decenas, centenas, unidades, decenas y centenas de millar. Su lectura y escritura, el orden de la serie numérica, antecesor y sucesor de un número, así como su valor posicional. Durante estos tres primeros años se enseñan los algoritmos convencionales de suma, resta y multiplicación. Por lo que para cuarto año de primaria se espera que los niños hayan adquirido y consolidado el

aprendizaje de la solución de las operaciones aritméticas básicas (suma, resta y multiplicación) así como las diversas estrategias para resolverlas de forma más rápida.

Para el cuarto año de primaria se tiene planeado de acuerdo al programa trabajar con los números naturales de cinco cifras, su lectura y escritura, antecesor y sucesor de un número, construcción de series numéricas, valor posicional y los números en recta numérica. Planteamiento y resolución de problemas diversos más complejos, de suma, resta, multiplicación y división mediante diversos procedimientos. Se inicia formalmente el trabajo con los números fraccionarios y decimales. Por lo que, con base al programa nacional de educación primaria de la SEP, los niños de cuarto año de primaria poseen el conocimiento y cuentan con las estrategias para resolver las operaciones aritméticas básicas a través de la recuperación de hechos aritméticos, ya que han estado expuestos mínimo tres años a su cálculo y se espera que estén almacenadas en memoria las asociaciones entre operaciones y resultados para resolverlas rápidamente y por lo tanto, son capaces de identificar un resultado incorrecto ante una operación sencilla.

1.3 Efectos experimentales en el procesamiento de números

En el estudio de cómo se lleva a cabo el procesamiento numérico, se ha descrito que las características de los estímulos afectan este procesamiento, generando diferentes efectos que influyen en el tiempo de respuesta, algunos de estos efectos son:

Efecto de distancia: Este efecto se refiere a la cantidad de tiempo necesario para evaluar y tomar la decisión de cual número es mayor en una tarea de comparación de magnitudes. El tiempo de respuesta aumenta a medida que la distancia numérica entre los números es más cercana (8-9), por el contrario, el tiempo de respuesta disminuye a medida que la distancia numérica entre los números comparados es mayor (3-9), por lo que a mayor distancia entre ellos menor tiempo de respuesta (Moyer y Landauer, 1967, en: Dehaene, Bossini y Giraux, 1993).

Efecto de magnitud: Este efecto hace referencia al tiempo de respuesta empleado para la realización de una tarea de comparación de números, el cual es mayor cuando los números comparados son grandes (superiores a 5) que al comparar números pequeños (inferiores a 5). Por ejemplo, al comparar los números 7 y 8 el tiempo de respuesta es mayor que en la comparación de 2 y 3, donde el tiempo de respuesta es menor si los dos números son pequeños. Por lo tanto, el efecto de tamaño se ha tomado como evidencia para sugerir que al comparar números usamos mecanismos similares a los que se emplean para comparar cantidades físicas, como el peso, longitud y volumen. Al realizar esta comparación, hacemos referencia a La ley de Weber, que establece una relación cuantitativa entre la magnitud de un estímulo físico y cómo este es percibido (Ashcraft, 1992; Dehaene, 1992). La ley establece que: el menor cambio discernible en la magnitud de un estímulo es proporcional a la magnitud del estímulo.

Efecto SNARC: Existen evidencias de que el número tiene una fuerte relación con la representación en un componente espacial. Se ha demostrado el efecto SNARC (Spatial-Numerical Association of Response Codes) en experimentos de tiempo de reacción, se refiere a que cuando el número presentado es grande, las personas responden más rápidamente con la mano derecha que con la izquierda, al contrario de cuando el número es pequeño responden

más rápidamente con la mano izquierda (Dehaene y cols.,1993), los autores señalan que esto se debe a que los números naturales, podrían representarse en un continuo interno que sería similar a una línea numérica orientada de izquierda a derecha, empezando en el cero y avanzando hacia la derecha, los números se irían situando a la derecha a medida que va aumentando el valor.

2. PROCESAMIENTO NUMÉRICO

2.1 Modelo de procesamiento numérico de Triple Código de Dehaene

Dehaene en 1992, diseñó el modelo de Triple Código para el procesamiento numérico (ver figura 1 y 2), que establece que los números pueden ser representados mentalmente en tres tipos de códigos en el cual el procesamiento de la información del número se realiza según las características y demanda de la tarea en un código específico u otro, la cual no requiere ser procesada por los tres códigos a la vez. Posteriormente Dehaene en colaboración con Cohen en 1995, amplían el modelo de triple código y lo convierten en un modelo anatómico funcional, en el cual se mantienen los tres códigos originales y se les agregó la localización de las estructuras cerebrales involucradas en el procesamiento de la información numérica en cada uno de los ellos:

1. Forma visual arábica del número. Es la identificación y representación del número en forma arábica y es de carácter visual. Los números se representan como cadenas de dígitos. Los cuales presentan actividad bilateral en el giro fusiforme, surco intraparietal y en áreas occipitotemporales.

2. Forma auditivo-verbal de la palabra. Los números se presentan como cadenas de palabras, por lo tanto, el código es creado y manipulado por los módulos del lenguaje. Mediante la activación de áreas perisilvianas del hemisferio izquierdo. Este código verbal es empleado para la comprensión y producción del nombre de los números, así como el aprendizaje verbal de las tablas de multiplicar, es el almacén de los hechos aritméticos. Este procesamiento muestra mayor activación en el giro angular izquierdo y áreas perisilvianas (Dehaene, Piazza, Pine y Cohen, 2003).

3. Representación analógica de la magnitud. En este código se encuentra representado el significado del número. Las cantidades numéricas se representan como distribuciones de activación sobre una línea numérica analógica orientada de izquierda a derecha. La cuales realizada en áreas bilaterales del surco Intraparietal. Ambos hemisferios contienen una representación analógica de la cantidad o de magnitudes numéricas es decir, aquella representación que le permite asociar a un número la cantidad aproximada correspondiente, utilizarlo para una operación, juzgar si es par o impar, manipular magnitudes y la información numérica en sí entre otras, lo que representaría el conocimiento semántico del número.

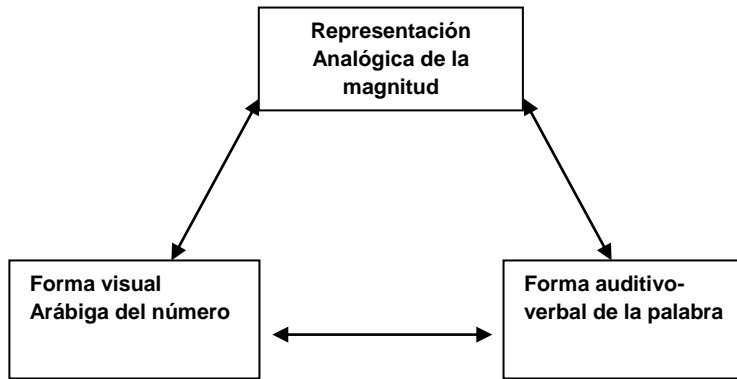


Figura 1. Modelo de Triple Código de (Dehaene, 1992).

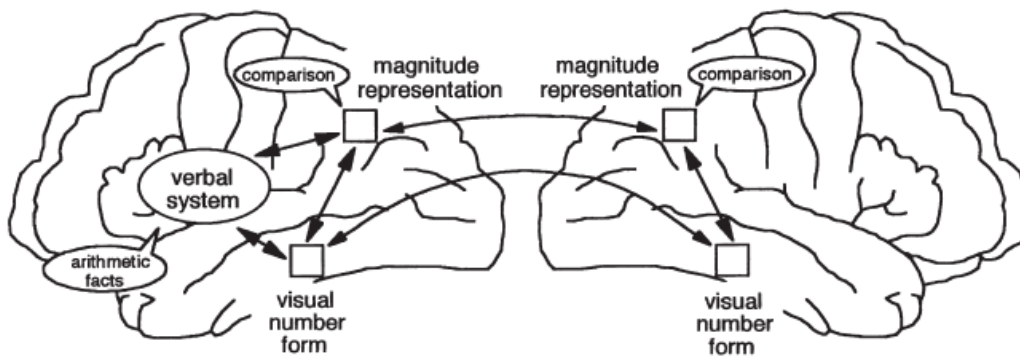


Figura 2.

Modelo de Triple Código de Dehaene; Modelo Anatómico y Funcional de Dehaene y Cohen, 1995

El procesamiento de la información numérica se puede trasladar de un código a otro dependiendo del tipo de operación que se requiera resolver por medio de la trascodificación. La magnitud del número es representada en algoritmos lineales en una escala análoga, es decir, no existen divisiones dentro de ellos. De acuerdo a este modelo los datos aritméticos exactos que se han aprendido de memoria, a lo que se ha dado el término “hechos aritméticos”, como las tablas de multiplicar, solo pueden ser recuperados si se codifican en forma verbal, es decir, al realizar una multiplicación apelamos al uso del almacén de información verbal de las tablas de multiplicar, por lo que éstas no requieren un procesamiento en los tres módulos, sino que es un acto meramente del código verbal, en donde interviene la memoria a largo plazo con el almacén de datos previamente aprendidos (Dehaene, 1992).

2.2 Procesamiento de los diferentes tipos de operaciones aritméticas básicas.

Las teorías sobre el procesamiento de cada una de las operaciones aritméticas básicas (suma, resta o multiplicación) varían de acuerdo al modelo de referencia, Dehaene sugiere que la multiplicación se elabora en un código verbal, por la recuperación de *hechos aritméticos* (asociaciones entre las operaciones y sus resultados) (Siegler y Shrager, 1984). Se ha descrito que los hechos aritméticos son un almacén de asociaciones verbales entre operaciones y sus resultados (Dehaene y Cohen, 1995). Estos hechos que se han aprendido en el desarrollo temprano y con la práctica constante se convierten en una recuperación automática, la operación aritmética de resta requiere de la representación semántica del número y la

operación de suma puede ser realizada por dos vías: para una suma sencilla de un dígito se puede acceder al resultado por medio del código verbal o una suma compleja es calculada por la representación semántica del número (comprensión de la operación que se lleva a cabo y su significado).

Estudios previos realizados han demostrado que existen diferencias entre el procesamiento de los diferentes tipos de operación aritmética, las cuales se pueden observar en pacientes con afectaciones cerebrales, existen evidencias que establecen la presencia de una disociación en diferentes tareas aritméticas, ya que se han documentado casos de pacientes que han presentado mayores dificultades en la habilidad de multiplicar en comparación con la habilidad de restar (Lemer, Dehaene, Spelke y Cohen, 2003; Dehaene y Cohen, 1997) y una disociación inversa ha sido reportada por Delanzer y Benke (1997), quienes reportan un caso que demuestra que la multiplicación se realiza en un código verbal, realizaron un estudio con una paciente que presentaba un tumor en el lóbulo parietal, por lo que exhibía severos problemas de cálculo, había perdido el conocimiento conceptual es decir, el conocimiento semántico del número, pero preservaba el almacén en memoria de hechos aritméticos para resolver multiplicaciones, algunas sumas y restas. El estudio indica que los hechos aritméticos pueden ser representados como un nivel superficial sin entender incluso el procesamiento realizado. Este estudio muestra una doble disociación entre dos tipos de conocimiento involucrados en el cálculo, la memorización de hechos aritméticos y el conocimiento conceptual. Al procesar la información numérica se realiza una transformación de la información de un código a otro, por lo que, la información de entrada y salida de cada uno de los códigos puede ser selectivamente dañada. Cipolotti (1995) reportó una disociación en un paciente con Alzheimer, que podía leer y escribir letras o palabras, pero no números.

2.3 Regiones cerebrales que se especializan en el significado del número.

En estudios realizados con resonancia magnética funcional se ha descrito la existencia en el cerebro de un área encargada para identificar números (surco intraparietal) la cual muestra mayor activación siempre que se manipulan números que permite reconocerlos independientemente del formato en el que se presenten (Dehaene y cols., 2003), al verlos es posible inmediata y automáticamente identificarlos y reconocer que se trata de un número y asociarlo a la cantidad o magnitud que este representa (Dehaene, 1997). Así mismo, se ha demostrado que la región Horizontal del surco intraparietal está especializada en el procesamiento numérico (Dehaene y cols., 2003; Dehaene, Molko, Cohen y Wilson, 2004). Dehaene y cols. (2003) describen las diferentes funciones que llevan a cabo cada una de las estructuras involucradas con el procesamiento numérico, se ha demostrado la participación del lóbulo parietal como el sustrato de dominio específico para la representación de cantidades, que también está involucrado en funciones verbales, espaciales y atencionales, las cuales pueden contribuir al cálculo. Sugiriendo una organización en tres circuitos; **el segmento horizontal del surco Intraparietal**, el cual es sistemáticamente activado siempre que se manipulen los números, independientemente de la notación numérica, mostrando incremento en la activación cuando la tarea pone mayor énfasis en el procesamiento de cantidades. **El área del giro Angular** en conexión con otras áreas perisilvianas del hemisferio izquierdo, apoya la manipulación del número en la forma verbal. Finalmente un sistema **bilateral parietal posterior superior**, apoya la orientación atencional en la línea mental numérica, como cualquier otra dimensión espacial (ver figura 3).

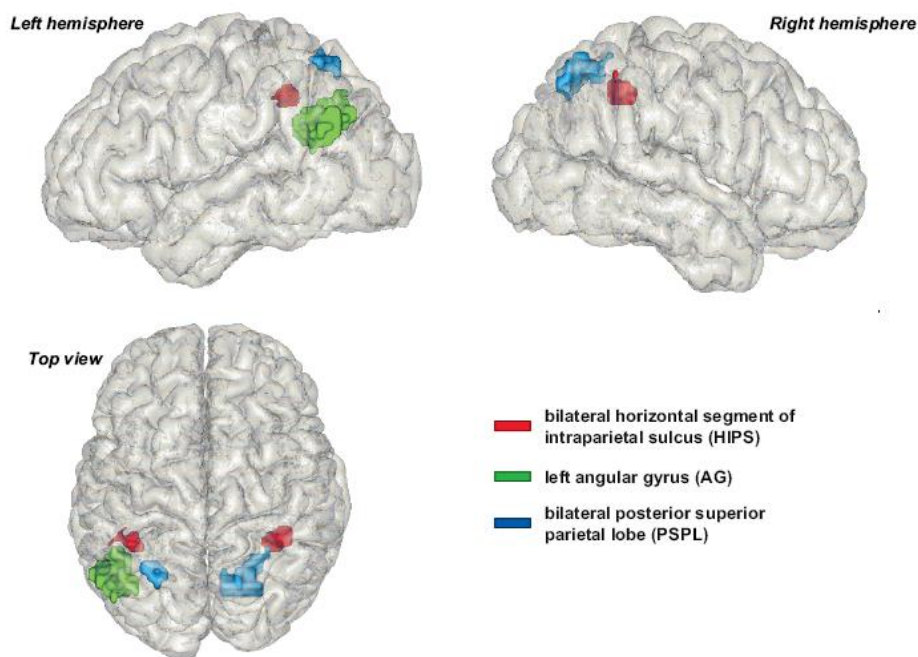


Figura 3. Áreas cerebrales de mayor activación ante tareas de procesamiento numérico

Dehaene y cols. (2003).

Se ha propuesto que patologías tempranas en áreas de surco Intraparietal pueden llevar a presentar discalculia del desarrollo, un déficit severo en el aprendizaje de las matemáticas, particularmente se han identificado dos patologías asociadas a la presencia de discalculia en las cuales existen alteraciones de áreas de surco Intraparietal, éstas son la prematuridad al nacimiento y el síndrome de Turner (Molko, Cachia, Rivière, Mangin, Bruandet, Bihan, Cohen y Dehaene, 2003). Así mismo, se ha descrito que las personas con discalculia presentan alteraciones en la Memoria de Trabajo, que es definida como un sistema de capacidad limitada que permite el almacenamiento temporal y la manipulación de la información necesaria para las tareas de comprensión, aprendizaje y razonamiento (Baddeley y Hitch, 1974). Por lo tanto, en el procesamiento numérico se requiere del apoyo de la memoria de trabajo, para lograr almacenar en ella por breves espacios de tiempo la solución de operaciones, el conteo realizado, la información recibida y la secuencia de eventos de la información, pero es poco probable que un déficit en el conocimiento y aprendizaje numérico se deba únicamente a deficiencias en la memoria de trabajo, Warrington y Cipolotti (1996) reportaron el caso de un paciente que tuvo una lesión en el hemisferio izquierdo, el cual podía repetir números de un dígito, series de dos dígitos pero no podía repetir series de tres o más dígitos, lo que indicaba un severo deterioro en la memoria de trabajo. Sin embargo, su cálculo mental era bueno, por lo que sugieren que en el cerebro humano estas habilidades son relativamente independientes.

Estudios sobre alteraciones de conteo de números en pacientes con daño cerebral han evidenciado que las lesiones en las áreas del lenguaje (región perisilviana en el hemisferio cerebral izquierdo) producen alteraciones en la comprensión y en la producción de números, así como en la realización de las operaciones aritméticas. Por el contrario, lesiones en el hemisferio cerebral derecho generan alteraciones en la organización espacial de cantidades y

en la comprensión y ejecución de problemas abstractos (Rosselli y Ardila, 1989; en Ardila, Rosselli y Matute, 2005).

3. TRASTORNOS DEL CÁLCULO

Se ha sugerido que el ser humano posee un sistema innato para el procesamiento numérico, pero este sistema se altera por diversas causas y genera dificultades para operar con los números y sus relaciones, alteraciones que se presentan en múltiples modalidades (déficit visoespacial, errores en procedimientos, dificultades en recuperación automática de resultados, errores de comprensión de la información entre otras) las cuales son distintas en cada individuo. A lo largo de la historia se han empleado diversos términos para hacer referencia a las alteraciones en el procesamiento numérico entre las cuales están los siguientes:

En la literatura se ha hablado de discalculia evolutiva, este término se generó a partir de la analogía con el término acalculia utilizado por Henschen a principios del siglo XX para referirse al trastorno adquirido de la habilidad de cálculo secundario a una lesión cerebral. Por su parte, el defecto en el desarrollo de la adquisición de las habilidades numéricas ha recibido el nombre de “discalculia del desarrollo”. Berger en 1926 diferenció entre Acalculia primaria y Acalculia secundaria, en función de si era trastorno puro de cálculo o estaba asociado a otros trastornos. Más recientemente el Manual Diagnóstico y estadístico de los trastornos mentales (DSM-IV TR) lo nombra Trastornos del cálculo y lo incluye en el apartado de Trastornos del Aprendizaje. Para la realización del presente proyecto de investigación, se hará referencia a las dificultades que tienen algunos niños para el aprendizaje de las matemáticas que incluyen no solo a los niños con francas dificultades y que se separan en dos desviaciones estándar de la media de sus pares, sino a un grupo mucho más amplio que aunque no tiene un rendimiento tan bajo (obtiene puntuaciones 1.5 DE por debajo de la media), sus dificultades en el aprendizaje de las matemáticas impactan negativamente en su rendimiento académico.

Trastorno del cálculo según el DSM-IV –TR

El manual DSM-IV describe como la característica esencial del trastorno del cálculo una capacidad aritmética (medida mediante pruebas normalizadas de cálculo o razonamiento matemático) que se sitúa sustancialmente por debajo de la esperada en individuos de edad cronológica, Cociente de Inteligencia y escolaridad acordes con la edad (Criterio A). El trastorno del cálculo interfiere significativamente en el rendimiento académico o las actividades de la vida cotidiana que requieren habilidades para las matemáticas (Criterio B). Si hay un déficit sensorial las dificultades para el rendimiento en cálculo exceden de las habitualmente asociadas a él (Criterio C).

Discalculia Evolutiva

De las primeras definiciones que se han generado sobre discalculia, aparece la de Kosciuszko uno de los primeros en estudiar este fenómeno, el cual la describe de la siguiente manera: “La discalculia evolutiva se ha descrito como un desorden estructural de las habilidades matemáticas que ha sido originado por un desorden genético o congénito de aquellas partes del cerebro que son el substrato anatómico-fisiológico directo de la maduración de las habilidades matemáticas adecuadas a la edad, sin un desorden simultáneo de funciones

mentales generales”, la cual se manifiesta por una inesperada dificultad en el aprendizaje aritmético que no puede ser explicado por discapacidad mental, escolaridad inapropiada o pobre desenvolvimiento social (Kosc, 1974).

Kosc (1970) distingue seis subtipos de discalculia evolutiva en función de los componentes de la habilidad matemática alterada: discalculia verbal (nombrar cifras y términos matemáticos), discalculia léxica (lectura de dígitos y signos aritméticos), discalculia gráfica (escribir números y símbolos matemáticos), discalculia operacional (realizar operaciones aritméticas), discalculia practognóstica (comparaciones de cantidades de objetos manipulables) y discalculia ideognóstica (comprender ideas y relaciones matemáticas).

Por otro parte, Geary (1993) reconoció tres tipos de dificultades cognitivas y neuropsicológicas asociadas al déficit matemático. El primer déficit se manifiesta por dificultades en la representación de la recuperación de hechos aritméticos de la memoria semántica. El segundo tipo de déficit se manifiesta por problemas en la ejecución de procedimiento aritmético. El tercer déficit involucra problemas en la representación visoespacial de la información numérica. Por lo que de acuerdo a los errores observados en los niños con discalculia, trató de clasificarla en tres grupos; 1) memoria semántica, 2) procedimental y 3) visoespacial.

Más recientemente el departamento para la educación del Reino Unido (2001) definió a la Discalculia como una condición que afecta la capacidad de adquirir habilidades matemáticas. Los estudiantes pueden tener dificultades para comprender conceptos numéricos simples, carecen de una comprensión intuitiva de los números y tienen problemas de aprendizaje de hechos numéricos y procedimientos. Incluso si se producen una respuesta correcta o utilizan un método correcto, pueden hacerlo mecánicamente y sin confianza.

Resumiendo lo anterior, no existe actualmente una definición que integre exactamente que es la discalculia del desarrollo, debido a que las manifestaciones en las alteraciones del procesamiento numérico en cada niño son muy diversas y estas alteraciones no permanecen estables en el tiempo, sino que cambian con el entrenamiento y con el curso temporal, es decir, las dificultades de los niños mutan, debido a la influencia del proceso y las técnicas de enseñanza-aprendizaje. Aunado a la carencia de una definición clara y concisa del fenómeno discalculia, de igual manera también se carece de una prueba estandarizada que mida efectivamente las habilidades y dificultades del aprendizaje de las matemáticas, que pudiera proporcionar un rango de déficit del niño con discalculia.

Así mismo, es importante mencionar que el curso temporal del desarrollo de la comprensión de los conceptos y principios aritméticos, la aplicación de ellos y el sentido de su significado, está fuertemente influenciado por la práctica educativa que ha tenido el niño, debido a que no existe un modelo único de técnicas de enseñanza aprendizaje que sea funcional, sino que estas técnicas varían de profesor a profesor y las estrategias empleadas por los niños para resolver operaciones y problemas aritméticos son muy diversas.

3.1 Alteraciones funcionales y estructurales del surco intraparietal en la discalculia del desarrollo y su comorbilidad.

Las alteraciones del cálculo pueden observarse a causa de una lesión temprana o una desorganización del lóbulo parietal izquierdo. Como lo es el caso de la Discalculia del

desarrollo que tiene una prevalencia de entre el 5 y el 8 % de los niños en edad escolar (Geary y Hoard, 2001). La discalculia es acompañada de otros síntomas como: digrafía, desorientación izquierda derecha, agnosia del conteo con sus dedos, lo cual sugiere la involucración del lóbulo parietal (Geary, 1993).

Comorbilidad

Durante mucho tiempo la discalculia del desarrollo se ha asociado con la Dislexia, Trastornos de la expresión escrita y Trastorno por Déficit de Atención con o sin Hiperactividad. Mostrando una gran variedad de problemas, como lentitud de procesamiento de la información, pobre memoria de trabajo, desórdenes atencionales y déficits en recuperación de hechos aritméticos, con lentitud para la recuperación de los mismos (Geary y Brown, 1991; Geary y Hoard, 2001).

Estudios previos han sugerido que algunos pacientes con desordenes genéticos como el Síndrome de Turner, el Síndrome de Williams y el Síndrome de X frágil pueden desarrollar discalculia del desarrollo, otros más han asociado patologías tempranas en áreas de surco Intraparietal con la generación de Discalculia, identificado particularmente dos patologías asociadas con esta en las cuales existen alteraciones de áreas de surco Intraparietal, estas son prematuridad al nacimiento y el síndrome de Turner (Molko y cols., 2003). Riviera, Menon, White, Glaser y Reiss (2002) realizaron un estudio en el que compararon un grupo control, con un grupo de mujeres con Síndrome de X frágil y encontraron que estas últimas mostraban un incremento en la activación de un gran grupo de áreas cerebrales que involucran tanto áreas bilaterales prefrontales como el giro angular izquierdo durante la ejecución de tareas aritméticas de mayor dificultad.

Isaac, Edmonds, Lucas y Gadian (2001) reportaron disminución de la materia gris en la región del surco Intraparietal izquierdo en adolescentes que presentaban dificultades en el aprendizaje de las matemáticas, que habían nacido a las 30 semanas de gestación o menos, al compararlos con un grupo de adolescentes sin dificultades en el aprendizaje de las matemáticas y con nacimiento al término de la gestación.

3.2 Características de los niños con dificultades en el aprendizaje de las matemáticas.

Las características que presentan los niños con dificultades en el aprendizaje de las matemáticas son muy variadas y distintas entre ellos y no permanecen estables en el tiempo (Gersten, Jordan y Flojo, 2005), se ha mostrado que los niños con dificultades en el aprendizaje de las matemáticas presentan problemas en una amplia variedad de tareas que van desde los aspectos más básicos del procesamiento numérico, como la comparación de magnitudes numéricas (Butterworth, 1999), el conteo, la conciencia numérica, la estimación rápida de pequeñas cantidades (subitización), el cálculo mental y la solución de problemas aritméticos, entre otras. Muestran mayor lentitud en el procesamiento numérico, así como dificultades para automatizar hechos aritméticos, en el uso de estrategias aritméticas, en la interpretación de las frases y en la resolución de problemas verbales (Bryan, Bryant y Hammill, 2000). Recurren al uso de estrategias inmaduras, inapropiadas para su edad y por lo tanto invierten más tiempo en la realización de la tarea, parecen confiar más en las estrategias de conteo con sus dedos, que son utilizadas por niños más pequeños. Cometen más errores en el

procedimiento y tienen más problemas con las operaciones que requieren una “transformación de la cantidad”, con las “llevadas” o el “pedir prestado” en las adiciones y sustracciones (Geary y cols., 1991).

Dificultades en la recuperación de hechos aritméticos

Las tareas de cálculo mental y solución de problemas aritméticos por más simples que sean, involucran el despliegue de estrategias de procesamiento numérico y la automatización de procesos ya que se ha descrito que este tipo de tareas se resuelven no sólo por un procesamiento aritmético en el sentido estricto (a través de conteo por ejemplo), sino por la recuperación automática de relaciones (operaciones-resultados) previamente aprendidas y reforzadas por la práctica repetida (Siegler y Shrager, 1984), las cuales se encuentran almacenadas en la memoria permanente en un código verbal similar al de las palabras según el modelo de Dehaene (Dehaene, 1992; Dehaene y Cohen, 1997). Los problemas sencillos de un dígito son resueltos por una recuperación directa del resultado almacenado en la memoria a largo plazo. Se considera que los hechos aritméticos están asociados y almacenados como operación-resultado, cuyas redes tienen características similares a otras instancias de redes de conocimiento como las semánticas y el almacén del significado de la palabra (Colling y Loftus 1975; en Jost, Hennighausen y Rösler, 2004).

De acuerdo al modelo de Ashcraft (1992) se afirma que los hechos aritméticos de suma y multiplicación se encuentran almacenados en las redes de memoria y su accesibilidad a la solución depende de la frecuencia del uso de los mismos. El almacén de hechos aritméticos está ligado a la memoria semántica, por lo que en los niños con discalculia, puede existir un déficit en la habilidad para el acceso a la información semántica de la memoria a largo plazo por lo que Geary (1993) argumenta que existe una comorbilidad con el déficit en la lectura.

Se ha reportado un incremento en la activación en la región del segmento horizontal del surco Intraparietal, ante tareas de suma y resta resueltas por la recuperación de hechos aritméticos, ante resultados exactos para las sumas se muestra activación en áreas comúnmente asociadas a la representación del lenguaje en el circuito frontal inferior izquierdo. Una activación distinta se observa en las respuestas próximas al resultado correcto, las cuales no muestran dependencia de los circuitos del lenguaje, sino que implican la representación de la cantidad por redes visoespaciales en los lóbulos parietales derecho e izquierdo (Dehaene, Spelke, Pinel, Stanescu y Tsivkin, 1999). Por su parte se ha registrado activación cerebral diferente para las tareas de multiplicación resueltas por la recuperación de hechos aritméticos, en la cual se ha observado activación en el giro angular izquierdo, así como también activación en esta área ante tareas que requieren de un corto entrenamiento para el cálculo complejo (Delazer y cols., 2003).

Dificultades en la orientación espacial.

Los niños discalcúlicos pueden cometer errores y confundir la dirección del procedimiento de solución de una operación, así como alterar la orientación espacial de números y signos, que a pesar de recibir el entrenamiento en reglas de dirección y resolver las operaciones básicas, los niños invierten el orden, confunden letras y números. En el caso de la suma el orden para sumar los números no afecta el producto, el niño puede sumar los números de la parte inferior a los de la parte superior y el resultados es el mismo, sin embargo, también

pueden cometer errores en la direccionalidad y sumar erróneamente los números de izquierda a derecha, alterando significativamente el resultado (Chinn y Ashcroft, 2007).

En el caso de la operación de resta se cometen errores sumamente graves, cuando el niño no comprende la dirección que se debe seguir para resolver la resta, le es indistinto restar el número inferior al número superior, por lo que realiza la resta de la manera en que le es más simple, si el número inferior es mayor que el superior y no ha adquirido el procedimiento de conversión, “pedir prestado”, resta el número menor al mayor indistintamente del orden en que se encuentre. Así mismo, pueden estar presentes dificultades de discriminación perceptual, ya que el alumno puede confundir los símbolos +, × y ÷, o los números que son similares como el 6 y 9 o 3 y 5 y no distinguirlos entre ellos (Chinn y Ashcroft, 2007).

Dificultades en la interpretación de los problemas verbales y la lectura.

Se ha reportado que los niños que presentan déficit en las matemáticas aunado a un déficit en la lectura, tienen mayores dificultades para resolver problemas matemáticos escritos, por presentar dificultades en la comprensión del mismo, manifestando problema para identificar la información relevante y para organizar la información (Pericola, Harris y Graham, 1992) estos niños presentan dificultades en solucionar este tipo de problemas que pueden ser atribuidos a diversos procesos; como una pobre habilidad para resolver cálculos de múltiples dígitos, recuperación de hechos aritméticos, pobre comprensión de los principios del cálculo, así como dificultades en el establecimiento y representación de un plan para la solución del problema (Andersson, 2008).

En uno de los pocos estudios realizados en población mexicana se compararon las características neuropsicológicas de un grupo control y un grupo de niños con trastorno del cálculo, encontrando puntuaciones significativamente más bajas que el grupo control tanto en el CI Total como en las escalas verbal y de ejecución. Así se evidenció el bajo rendimiento que tienen los niños con trastorno del cálculo en tareas verbales, como lo son la escala Verbal de WISC-RM (todas las subescalas, excepto comprensión), las escalas de memoria, lenguaje, lectura y escritura; así como en habilidades metalingüísticas, conceptuales, espaciales y atencionales evaluadas a través de la ENI (Matute, Rosselli, Ardila y Ostrosky, 2007) por lo que la autora se orienta a considerar el trastorno de cálculo como un problema de aprendizaje de tipo verbal (Pinto, 2006).

Como ya fue explicado anteriormente se ha descrito la existencia de comorbilidad entre las dificultades en el aprendizaje de las matemáticas y un déficit en la adquisición de la lecto-escritura, por lo que se han realizado estudios en los que se relacionan estas dos habilidades. Solsona, Navarro y Aguilar (2006) llevaron a cabo un entrenamiento con niños de segundo año de preescolar que aún no sabían leer, a un grupo lo entrenaron en el conocimiento lógico matemático, a otro en conocimiento fonológico y un tercer grupo control sin entrenamiento especial, los autores encontraron que el grupo entrenado en conocimiento matemático obtuvo un incremento en sus puntuaciones en tareas de conciencia fonológica mayor al del grupo entrenado en esa habilidad. Por lo que establecen que serán más efectivos los entrenamientos en conocimiento fonológico para realizar tareas de segmentación lingüística si se llevan a cabo al mismo tiempo entrenamientos en conocimiento lógico-matemático y que éste tiene una relación con la facilitación del aprendizaje de la lectura.

Finalmente, una característica adicional a las alteraciones propiamente relacionadas con el procesamiento numérico, los niños con dificultades en el aprendizaje de las matemáticas desarrollan además trastornos emocionales ligados a su déficit como incremento en el nivel de estrés y ansiedad. Ashcraft, Kirk y Hopko (1998) han demostrado que la ansiedad por las matemáticas puede tener un impacto sobre el procesamiento en la memoria de trabajo y por lo tanto deprimir aún más el rendimiento en matemáticas. Aparentemente las matemáticas crean altos niveles de ansiedad para muchos alumnos y por lo general este tipo de ansiedad no facilita el aprendizaje, sino que por el contrario, inhiben la actividad reflexiva.

3.3 Memoria de trabajo verbal y su relación con el aprendizaje de las matemáticas

Memoria de trabajo

La memoria de trabajo es descrita como la habilidad para mantener y procesar información por breves periodos de tiempo para emitir una respuesta, combinando información nueva con información almacenada a largo plazo. La memoria de trabajo forma parte de la memoria a corto plazo, tiene una capacidad limitada y el rendimiento en esta habilidad depende de las estrategias empleadas para lograr almacenar mayor cantidad de información, por muy breves periodos de tiempo. Se ha estudiado ampliamente la memoria de trabajo y hasta la fecha permanece vigente el modelo teórico propuesto por Baddeley y Hitch (1974) el cual describe que la memoria de trabajo puede ser representada como un "espacio de trabajo" de almacén a corto plazo que temporalmente puede contener información para ser procesada de manera simultánea con otra información. Representada como un sistema de tres vías compuesto por un *ejecutivo central*, el cual es visto como un procesador de *capacidad limitada* a cargo del control de los recursos de atención de las acciones y de la coordinación de los otros dos subsistemas esclavos: el *buffer fonológico* para el mantenimiento de la información de tipo verbal formado por un almacén verbal a corto plazo y un buffer para el mantenimiento de información de tipo visoespacial (Baddeley, 1986, 1996). Más recientemente, Baddeley (2000) ha agregado un cuarto componente a su modelo, el buffer episódico, que es un sistema de capacidad limitada que integra y provee almacenamiento temporal de información de los dos subsistemas y la memoria a largo plazo. Gumá (2001) define la memoria de trabajo como una función de memoria consciente o declarativa a corto plazo con duración de solo algunos segundos y con procesamiento simultáneo. Es decir, es una capacidad funcional para simultáneamente mantener y procesar información.

Memoria de trabajo y matemáticas

La solución de problemas aritméticos requiere de la participación de la memoria de trabajo, que de acuerdo al modelo propuesto por Baddeley en 1986, analizado por Geary en 1993, el ejecutivo central controla la atención y el proceso de inhibición necesario para ser usado durante la solución de problemas aritméticos y mucha de esa información apoya las competencias conceptuales y procedurales que probablemente estén representadas en el sistema de lenguaje o visoespacial. El sistema de lenguaje participa entonces en la formación de asociaciones entre operaciones aritméticas y sus resultados, en la representación de la información, la articulación del número y las palabras durante el mismo, así una pobre habilidad para la representación de la información en ese sistema verbal, podría resultar en un déficit en la recuperación de hechos aritméticos (Geary, 1993).

Se ha propuesto que la memoria de trabajo implica el sostenimiento y la manipulación mental de la información para la emisión de una respuesta, por lo que los niños que son eficientes en la solución de operaciones aritméticas simples recuperando el resultado de manera automática de un almacén a largo plazo pueden entonces economizar recursos y dedicar sus recursos de memoria a procesos asociados con la selección e implementación de los procedimientos requeridos para solucionar problemas matemáticos más complejos (Geary, 1993; Aguilar, Navarro y Alcalde; en Solsona, Navarro y Aguilar, 2006); mientras que los niños que utilizan más tiempo y más recursos de memoria de trabajo para solucionar las mismas operaciones simples de aritmética están en seria desventaja porque sus recursos de memoria se destinan a los cálculos aritméticos sencillos a expensas de seleccionar los procedimientos apropiados para la solución de las operaciones. Los resultados de Pinto (2006) señalan la participación de la memoria a corto plazo auditiva-verbal, como un factor bajo dentro del perfil cognoscitivo que discrimina a los niños con trastorno del cálculo de aquellos sin trastorno.

Habilidades fonológicas, memoria de trabajo verbal y matemáticas

Se han empleado diversas definiciones para hacer referencia a la conciencia fonológica entre las cuales es descrita como “la propia conciencia y el acceso a la estructura de los sonidos del lenguaje oral” (Wagner y Torgesen, 1987), “la capacidad para ejecutar operaciones mentales sobre el producto del mecanismo de percepción del habla” (Tunmer y Rohl, 1991, en Carrillo, 1996) y Mann (1989, en Carrillo, 1996) la define como “la conciencia explícita de la existencia de unidades fonológicas tales como los fonemas y las sílabas”. Se puede entender entonces a la conciencia fonológica como la capacidad de segmentar el habla en sus fonemas componentes.

El niño adquiere la conciencia de que las palabras pueden ser segmentadas por el sonido de cada letra que la compone, la cual puede adquirir únicamente mediante la alfabetización. Esta conciencia fonológica implica un alto contenido de memoria de trabajo verbal, ya que la manipulación de cada uno de los sonidos y su combinación requiere el sostenimiento temporal en memoria y de la manipulación de esa información para combinar los fonemas por breves periodos de tiempo, así como, de la combinación de información nueva con información previamente almacenada para emitir una respuesta. Por lo que se ha relacionado a las habilidades fonológicas con la capacidad de lectura y el desempeño en matemáticas debido a que el procesamiento fonológico también puede influir en el desarrollo de las habilidades de cálculo matemático, dado que los procesos de solución de problemas aritméticos implican el uso del sonido del habla (Bull & Johnston, 1997; Geary, 1993;) al transcodificar la información numérica en información verbal como los hechos aritméticos (Dehaene, 1992). Hecht, Torgesen, Wagner y Rashotte, (2001) asocian a las habilidades fonológicas con las diferencias individuales en habilidades aritméticas de los niños de los primeros cursos de primaria. Asumen que los procesos fonológicos pueden influenciar el crecimiento de habilidades aritméticas porque para resolver combinaciones numéricas básicas como suma, resta o multiplicación se deben procesar los sonidos del habla, es decir, que primero deben convertir los términos y operandos del problema en un código hablado (Hech y cols. 2001; Dehaene, 1992).

Al solucionar un problema aritmético se requiere entonces, procesar la información numérica en habla y sostener en memoria información verbal, manipularla y combinarla con información nueva, para poder seleccionar e implementar las estrategias adecuadas que lo solucionen y emitir una respuesta, una habilidad que igualmente se requiere para realizar las

tareas de conciencia fonológica, en la cual a mayor habilidad de memoria de trabajo, mayor habilidad de conciencia fonológica y por lo tanto mejor desempeño en tareas aritméticas. Por lo que se ha encontrado una asociación entre las habilidades de procesamiento fonológico y las diferencias individuales en habilidades aritméticas, sugiriendo que las diferencias individuales entre los niños en el rendimiento en matemáticas y lectura está en las habilidades de procesamiento fonológico, que le permiten economizar recursos de memoria de trabajo dejándola libre para participar en procesos mucho más complejos (Solsona, 2004; Hech, 2001; Swanson y Sachse-Lee, 2001). Por lo tanto, la relación entre la lectura y las destrezas matemáticas se establece a través de la demanda de la memoria de trabajo que ambos procesamientos requieren al ejecutar tareas de conocimiento fonológico y de cálculo matemático. Por su parte, Simmons y Singleton (2007) apoyando esta idea, encontraron que los niños con dislexia tienen dificultades tanto en el procesamiento fonológico así como debilidades en los aspectos de las matemáticas que involucran la manipulación de los códigos verbales como lo son la recuperación de hechos aritméticos.

Esta capacidad de procesamiento fonológico esta disminuida en los niños con dificultades en el aprendizaje de las matemáticas y en los niños con dificultades en la lectura, ambos presentan de fondo en mismo déficit (Rourke y Conway, 1997; Simmons y Singleton 2007, Geary, 1993). Geary (1993), describe que el déficit en la habilidad para recuperar información de la memoria a largo plazo en los niños con dificultades en el aprendizaje de las matemáticas, contribuye a la presencia de déficit en la recuperación de hechos aritméticos y que esos niños pueden mostrar dificultades en el acceso a otros tipos de información semántica como las palabras, por lo que argumenta que la presencia comórbida de dificultades en las matemáticas y dificultades en la lectura están relacionadas con la dificultad en el acceso tanto de palabras como de hechos aritméticos en la memoria semántica.

Conciencia fonológica como precursora del aprendizaje en matemáticas.

Passolunghi, Vercelloni y Schadee (2007) encontraron que la memoria de trabajo y la habilidad de conteo son los precursores más eficientes del aprendizaje temprano en matemáticas. Por su parte, Alloway, Gathercole, Adams, Willis, Eaglen y Lamont (2005) encuentran que la memoria de trabajo y la conciencia fonológica juegan un papel crucial para el aprendizaje de la lecto-escritura y matemáticas en niños que inician la educación formal, detectando una asociación significativa entre tareas de memoria de trabajo y conciencia fonológica con las puntuaciones en la evaluación de los objetivos de aprendizaje de lecto-escritura y matemáticas.

Solsona, Navarro y Aguilar (2006) también detectaron que el entrenamiento temprano en niños de preescolar en habilidades lógico-matemáticas mejora significativamente su rendimiento en habilidades fonológicas, lo cual lo relacionan con la capacidad de almacenamiento y procesamiento de los componentes de la memoria de trabajo. Esto debido a que tanto las habilidades fonológicas como el pensamiento lógico matemático tienen un alto contenido de demandas de memoria de trabajo.

Por lo tanto, si las operaciones aritméticas básicas (suma, resta y multiplicación) son resueltas mediante recuperación de hechos aritméticos, es totalmente posible argumentar la relación entre las habilidades de procesamiento fonológico y el aprendizaje en las matemáticas, ya que se ha descrito que las asociaciones entre operaciones-resultados se almacenan en un código verbal similar a las palabras en las cuales, para resolver dichas operaciones tal y como

lo describe Hecht y cols. (2001) se deben procesar los sonidos del habla; convertir los términos y operadores del problema en un código hablado aunque sea de forma subvocal. Confirmando lo antes mencionado Amano (2008) en un estudio realizado en población mexicana confirma la existencia de una correlación significativa entre la conciencia fonológica y la Memoria de Trabajo verbal y confirma su valor predictor sobre la ejecución total en matemáticas hacia tercer grado, señalando que las habilidades de memoria de trabajo pueden explicar las diferencias individuales en el aprendizaje de las matemáticas así como lo demostró Hecht y cols. en 2001.

4 POTENCIALES RELACIONADOS CON EVENTOS

La señal eléctrica asociada al funcionamiento cerebral puede ser detectada en el cuero cabelludo y constituye la señal electroencefalográfica (EEG), que durante muchos años ha constituido la única información capaz de reflejar de una forma directa y no invasiva el funcionamiento del cerebro a bajo costo y con alta resolución temporal. Fue en el año 1929, cuando Hans Berger, describió por primera vez dos tipos de señales de EEG, las ondas Alfa y Beta.

La actividad del EEG, es capaz de proporcionar información sobre dos tipos de actividad cerebral: la espontánea y los potenciales relacionados con eventos. La actividad cerebral espontánea, es aquella que se presenta a un ritmo prácticamente constante, ya sea durante la vigilia o durante el sueño. Esta actividad constante puede ser captada en cualquier momento y aparentemente no tiene relación con acontecimientos específicos. Los Potenciales Relacionados con Eventos (PREs) son cambios rápidos en la actividad eléctrica del sistema nervioso originados por eventos o estímulos puntuales. En función de la vía sensorial por la que se percibe o provoca el acontecimiento que produce los PREs se definen como visual, auditivo, somatosensorial, olfativo, gustativo o motor.

Los PREs constituyen respuestas psicofisiológicas relativamente complejas, puesto que cuentan con diversos componentes que suelen identificarse en función de su polaridad (signo eléctrico) y de su latencia. Cada componente refleja un aspecto diferente de las consecuencias que el evento que se percibe produce en el Sistema Nervioso. Existen dos grupos de componentes, los **Componentes exógenos** se relacionan exclusivamente a las características físicas del estímulo, (responden a cuestiones externas al sujeto). Estos parecen originarse en las vías cerebrales que llevan la información aferente desde los órganos sensoriales hasta las cortezas primarias. Los **Componentes endógenos** están asociados a los estímulos físicos, pero además se relacionan con procesos psicológicos porque pueden derivarse parcialmente de estos. Estos componentes reflejan el procesamiento de acontecimientos ya percibidos, se originan una vez que los estímulos han alcanzado las cortezas primarias (aproximadamente 100ms después de haberse presentado el estímulo). La señal del EEG es originada por los potenciales postsinápticos, ya que los potenciales de acción son mucho más breve (Carretié, 2001).

4.1 Técnica de promediación

La técnica de promediación, permite detectar los PREs contenidos en el EEG, por lo que requiere de la repetición de cierto número de veces de los estímulos. El principio de la técnica de promediación es que un estímulo dado provoca esencialmente el mismo PREs (señal) cada vez que sea presentado, mientras que la actividad espontánea (ruido) es totalmente aleatoria y ni su frecuencia, amplitud o polaridad guardan relación con dicho estímulo. Esta circunstancia hace que la señal se mantenga y el ruido disminuya al promediarse varios segmentos del EEG obtenidos a partir de la repetición de un mismo estímulo.

4.2 Registro de la señal eléctrica

El registro se realiza por medio de la colocación de electrodos uno a uno, o por medio de una gorra de registro, generalmente siguiendo el sistema estandarizado de colocación de electrodos Sistema Internacional 10-20, el cual recibe su nombre debido a las posiciones básicas para la colocación de los electrodos, se distancian entre sí en un 10 por 100 o un 20 por 100 de la medida total del cráneo. Teniendo dos ejes fundamentales de medida, uno con orientación sagital que se dirige del nasión (punto en que comienza el hueso nasal) al inión (punto en el que termina el cráneo). El segundo es transversal, se dirige de un conducto auditivo al otro pasando por el vértex (mitad del primer eje). La colocación de cada electrodo tiene un nombre que proviene del lóbulo sobre el que se encuentra, utilizando su inicial y un número, los números pares corresponden al hemisferio derecho y los números nones al izquierdo. Aunado a un electrodo derivado a tierra, normalmente en la zona central de la frente y las referencias.

La señal eléctrica registrada es muy pequeña, por lo que requiere ser amplificada en función del tipo de ritmo EEG que se desea registrar, al igual que los filtros a utilizar, ya que cada ritmo EEG posee una frecuencia diferente. El rango varía entre los 0.5 y 50 Hz de banda o ventana de frecuencia que recoge cualquier tipo de ritmo EEG. El estudio de los componentes endógenos requiere abrir ventanas de 1 a 50 Hz, aproximadamente.

La actividad eléctrica cerebral puede ser descrita por diversos parámetros entre los que destacan la frecuencia y amplitud. La frecuencia es el número de ondas por segundo, su medida son los Hertz (Hz). La amplitud es la energía que tiene cada onda y es medida en microvolts.

4.3 Componentes de los PREs

La mayoría de los componentes se producen en respuesta al estímulo, después de su presentación, los cuales reciben su nombre de acuerdo a su polaridad y su latencia.

Variación Negativa Contingente (CNV), onda electrocerebral negativa que se presenta en la superficie cortical, descrita por primera vez por Walker en 1964 como una medida psicofisiológica de la expectativa psicológica, observable fundamentalmente dentro de los límites temporales del intervalo interestímulo en un paradigma de tiempo de reacción. La amplitud de este componente se relaciona directamente con un tipo de atención: la expectativa o vigilancia. Dividida en dos componentes: uno temprano, con máxima amplitud en zonas

corticales frontales y vinculado con la atención/expectativa del sujeto y una onda tardía, más prominente en zonas centrales y parietales, que podría ser un potencial de preparación motor (Carretié y cols., 2001).

Familia N1, se presentan en respuesta a cualquier estímulo, relacionado con la atención automática, aparece una onda negativa de corta duración y con un pico entre los 100 y los 200ms (Näätänen y Picton, 1987). Esta onda se asocia principalmente con la atención automática. Existe un N1 que refleja procesos de atención selectiva y un N1 que refleja procesos de atención pasiva o automática, que es cuando se presenta un estímulo inesperado que provoca una respuesta de orientación (Carretié, 2001).

Mismatch Negativity, MMN (Potencial de disparidad), este es un componente que se genera ante la presentación de estímulos auditivos extraños (de baja probabilidad) que constituyan un cambio físico en relación a la estimulación estándar repetitiva, por ejemplo en tono, intensidad, duración etc. Este se genera automáticamente sin asignar recursos atencivos, cada vez que un estímulo aferente no coincide con la representación sensorial de las características físicas de la estimulación repetitiva mantenidas en la memoria (Näätänen, 1990), esta negatividad se produce de forma máxima entre los 100 y los 200ms. Su amplitud es mayor ante los estímulos infrecuentes. La MMN aparece únicamente en la modalidad auditiva y su origen es en la corteza auditiva primaria (Carretié, 2001).

P100, es un componente positivo, que se registra en los electrodos occipitales laterales, por lo que su origen es en la corteza visual estriada, que aparece entre los 60-90 ms después de la presentación del estímulo con un pico máximo entre los 100-130 ms. La onda de P100 es sensible a la dirección de la atención espacial (Hillyard, Vogel y Luck, 1998).

Familia N200, ha sido relacionada, con la capacidad de discriminación, se presenta ante tareas con estímulos visuales irrelevantes, con distribución posterior, en áreas occipitales. Para las tareas auditivas, se presenta ante estímulos auditivos irrelevantes en áreas centrales (Ritter, Simson, Vaughan y Friedman, 1979). La amplitud de N200 parece reflejar la detección de algún tipo de error entre las características del estímulo que se presenta y el formato del mismo previamente establecido (nivel de expectativa del sujeto hacia el estímulo previo a su presentación), su amplitud demostraría una violación al nivel de expectativa del sujeto (Fabiani, Gratton y Coles, 2000).

P200, la onda positiva de P200 le sigue al componente N1, con distribución anterior central. Este componente es de mayor amplitud para los estímulos que contienen una característica específica y el efecto es reforzado para los estímulos que son relativamente infrecuentes (Luck y Hillyard, 1994).

P300, componente positivo con distribución centro-parietal, que aparece típicamente en el paradigma oddball (consiste en presentar dos grupos de estímulos de forma intercalada: uno aparece mucho más frecuente y el otro rara vez. En la forma pasiva, no se le solicita al sujeto que realice ninguna tarea: simplemente se le presenta una secuencia de estímulos, en la forma activa, se le pide que atienda especialmente al estímulo infrecuente). Este componente se ha relacionado con múltiples procesos como lo son la memoria de trabajo, relevancia de un estímulo, emociones activadas ante un estímulo etc. (Carretié, 2001). Se ha reportado que la amplitud del P300 es sensible a la relevancia de la tarea del sujeto (Duncan-Johnson y

Donchin, 1977 en: Fabiani y cols., 2000), así mismo Donchin (1979) propuso que la latencia del componente P300 puede reflejar la evaluación del estímulo y su categorización en el tiempo.

N400, componente negativo ampliamente estudiado que aparece típicamente ante tareas de tipo lingüístico. Su amplitud es mayor en una tarea de oraciones con una palabra final semánticamente incongruente con el resto de la oración, ejemplo: “la niña come un helado de *tierra*”, la palabra tierra, generará un componente N400 con mayor amplitud, que el resto de la frase, debido a que este componente es modulado por el nivel de expectativa del sujeto. Su distribución máxima es centro-parietal y se origina principalmente en el giro fusiforme anterior, un área de la corteza visual secundaria (Kutas y Hillyard, 1983).

Componente P600, componente positivo que se presenta entre los 500 y 600ms, este componente ha sido interpretado como un indicador de la anomalía sintáctica, con distribución centro-parietal (Kutas y Hillyard, 1983). Es considerado como una reflexión de un segundo procesamiento que incluye un reanálisis o intento de reparación del error o la estructura incorrecta. Posiblemente es un intento de reparación o de comprobar si el error se ha producido “fuera” (el emisor) o “dentro” (el receptor), lo que genera un proceso, revaloración del error en la selección de la respuesta (Friederici, Cramon y Kotz, 1999; Hahne y Friederici, 1999, 2002).

5. POTENCIALES RELACIONADOS CON EVENTOS Y PROCESAMIENTO NUMÉRICO

En comparación con la lectura son pocos los estudios que se han realizado acerca del procesamiento numérico empleando como técnica los Potenciales Relacionados con Eventos (PREs), algunos de ellos se han realizado en comparación de magnitudes y otros en solución de operaciones aritméticas, las cuales implican el uso de operaciones básicas sencillas de suma, resta y multiplicación, es importante hacer notar que hasta el momento de la realización del presente trabajo los estudios de este tipo se han realizado en adultos en su mayoría y muy pocos en niños, sin embargo, no se tiene evidencia de algún trabajo realizado con técnica de PREs tomando como sujetos a niños con dificultades en el aprendizaje de las matemáticas en población mexicana.

5.1 Estudios de comparación de magnitud del número.

Grune, Ullspeger, Mollè y Mecklinger (1994) llevaron a cabo un estudio en adultos empleando un paradigma de múltiples estímulos con una secuencia de números presentados visualmente entre 11 y 22, los sujetos tenían que comparar dos números y elegir si el segundo número presentado era mayor o menor que el primero. Los autores demostraron que ante tareas de comparación de números el efecto de distancia numérica modifica el tiempo de respuesta y la amplitud de P300 se modula ante la información proporcionada al sujeto que le permita predecir la siguiente respuesta, a mayor distancia numérica mayor fue la amplitud de P300, así mismo el tiempo de reacción decreció significativamente cuando existió mayor distancia numérica entre los números a comparar.

Kadosh y cols. (2007) realizaron un estudio utilizando IRMf y PREs, empleando un paradigma de congruencia de medida y una tarea tipo Stroop de comparación de magnitudes en la cual el sujeto tenía que comparar la medida numérica y la medida física del número, las cuales variaban independientemente, para decidir cuál de los dos estímulos era numérica (comparación numérica) o físicamente (comparación de medida) mayor. Los resultados obtenidos en la IRMf muestran que el conflicto entre la comparación de las dos dimensiones ocurre no en el procesamiento inicial de comparación de magnitudes, sino después en la elección de la respuesta correcta, en donde interviene un procesamiento motor, que genera activación de la corteza motora primaria. Por lo tanto, la comparación del número y la medida física, en la fase de elección de la respuesta es procesada en paralelo por distintos mecanismos y sustratos neurales separados en la región del surco Intraparietal.

Empleando PREs como registro, en el experimento se manipuló la carga cognitiva necesaria para el procesamiento de la tarea, para probar el grado en que el procesamiento de la información es compartida por el sistema cognitivo, esperando que ante el incremento de carga cognitiva (utilizando el efecto de distancia numérica) llevaría a un cambio de estrategia y a procesar separadamente la magnitud física y numérica utilizando mayores recursos cognitivos. Se realizó una tarea con dos condiciones: usando una baja carga cognitiva (dos números con mayor distancia numérica entre ellos) y mayor carga cognitiva (dos números con pequeña distancia numérica entre ellos). Encontraron que la interacción tardía solo se presentó para las tareas de baja carga cognitiva. En contraste, ante una mayor carga cognitiva las dimensiones físicas y numéricas interactuaban solo en la fase de comparación. El componente

P300 fue modulado tanto por el efecto de comparación, la carga cognitiva, como la congruencia. Concluyeron que el procesamiento de la magnitud puede ser compartido por distintos sustratos neurales, dependiendo de los requerimientos de la tarea.

Berger, Tzur y Postner (2006) emplearon el mismo paradigma que uso Wynn en 1992, de expectación a la violación, combinada con los Potenciales Relacionados con Eventos en bebés de 6-9 meses de edad, en el que se registró la actividad eléctrica cerebral durante la presentación de soluciones correctas e incorrectas ante operaciones aritméticas simples empleando muñecos como operandos (un muñeco + un muñeco = 2 muñecos, en la solución correcta ó 1 muñeco en la solución incorrecta) los cuales fueron presentados en un monitor de televisión, los resultados mostraron mayor negatividad y mayor tiempo de observación del estímulo, ante la presentación de soluciones incorrectas, esa negatividad de mayor amplitud se registró en regiones medio frontales (Fz y Cz) la cual fue muy similar a la negatividad generada ante la misma tarea en adultos, lo que demuestra que la red cerebral involucrada en la detección de errores puede ser identificada desde la primer infancia y que esta red puede soportar la idea de asociaciones entre el tiempo de observación y la violación a la expectativa. Los circuitos cerebrales básicos involucrados en la detección de errores ya son funcionales antes de que finalice el primer año de vida, es decir entre los 6 y 9 meses de edad los bebés son capaces de detectar una violación en la expectativa.

5.2 Estudios de operaciones aritméticas.

Uno de los primeros trabajos que estudió el procesamiento de incongruencias aritméticas fue el realizado por Niedeggen, Rösler y Jost (1999), los autores describen la generación de un componente N400 ante incongruencias aritméticas similar al presentado ante incongruencias semánticas. El estudio consistió en la realización de dos experimentos, en el primero de ellos combinaron una tarea semántica y una tarea aritmética, en las cuales se presentaron operaciones de multiplicación con resultados congruentes e incongruentes y oraciones con terminaciones semánticamente congruentes e incongruentes. Sólo emplearon operaciones de multiplicación en las que se presentaba un número que debía ser multiplicado por un segundo número que aparecía posteriormente, seguidos de un número que representaba o no el resultado de dicha multiplicación, el sujeto debía evaluar si el resultado era correcto o no. Para las incongruencias semánticas, se presentaron una serie de 120 oraciones mostrando una palabra después de la otra, el sujeto debía decidir si la última palabra presentada tenía relación semántica con la oración o no.

Los resultados mostraron que las tareas semánticas y aritméticas generan un pico negativo entre los 300 y 500ms, con la diferencia de que ante incongruencias aritméticas esta negatividad es seguida de una positividad en su descenso. Las dos negatividades son similares en su latencia y distribución, pero diferentes en su duración. Para N400 semántica sus efectos son resueltos a los 550ms, mientras que N400 Aritmética retorna a su estado basal a los 480ms, la distribución topográfica de N400 es similar en el ascenso del pico negativo, pero con diferencias en el descenso del mismo, el descenso para las tareas aritméticas se muestra lateralizado a la izquierda con distribución posterior y lateralizado a la derecha para las tareas semánticas. Por lo que sugieren que los dos tipos de incongruencias generan distintos pasos de procesamientos durante la fase final en la verificación de la tarea.

En el experimento dos el objetivo fue examinar si la amplitud de la N400 aritmética es afectada por variables conceptuales del contexto como en las tareas semánticas. Asumiendo que en la solución de una tarea de cálculo mental particularmente en la multiplicación, se activan las posibles respuestas de toda la tabla de multiplicar, a través de la activación de las redes de memoria y que esto es un procesamiento automático, utilizaron multiplicaciones de un solo dígito, con cuatro tipos de errores, 2 de los cuales estaban relacionados con la operación usando un múltiplo del primer o segundo operando como respuesta (4 7 21 ó 4 7 32) o presentando la suma de los dos operandos (4 7 11), 2 errores no relacionados con la operación, sumando o restando 1 del resultado correcto (4 7 27 ó 4 7 29). Variaron el intervalo estímulo entre los operandos y el resultado.

Los resultados obtenidos fueron: el tiempo de reacción fue mayor para los intervalos cortos que para los largos, independientemente del tipo de error. La amplitud de N400 fue modulada por la relación entre el resultado erróneo y la operación, las soluciones incorrectas que estaban relacionadas con la operación generaron mayores tiempos de reacción. La amplitud de N400 fue menor para los errores relacionados que los no relacionados.

Los autores reportan similitudes en las negatividades ante incongruencias semánticas y aritméticas en su latencia y distribución, pero diferentes en su duración, sin embargo, no asumen que es el mismo procesamiento sino que la similitud en la distribución topográfica puede resultar de diferentes fuentes que se localizan cercanas unas de otras.

Los hallazgos del trabajo realizado por Neideggen y cols. son fundamentales para el presente proyecto de investigación, ya que abren el camino para la búsqueda y explicación de la detección de incongruencias aritméticas, compartiendo la idea de que las incongruencias aritméticas generan un conflicto en el sujeto al comparar el resultado de una operación, que ha sido recuperado de la memoria como hecho aritmético, con el resultado incongruente presentado, esta violación a la expectativa tendría que generar un componente negativo similar al que se presenta ante incongruencias semánticas.

En otro estudio del mismo grupo de investigadores, Jost, Hennig, Hausen y Rösler (2004) modificaron el estudio previo, asumiendo esta vez que el efecto del tamaño de la operación (3 x 2 vs. 8 x 7) genera una amplitud de onda diferente entre las soluciones correctas e incorrectas. Utilizaron una muestra de 16 individuos de los que se tomaron registros de PREs, a los cuales se les asignó una tarea semántica y una aritmética. La tarea aritmética consistía en una presentación de tres números en secuencia que correspondía a una multiplicación de un solo dígito, los sujetos tenían que verificar si el tercer dígito presentado era congruente o incongruente con el resultado de dicha multiplicación, la tarea semántica consistía en verificar si la tercera palabra tenía relación semántica con las dos anteriores.


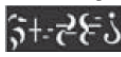
Encontraron que las incongruencias semánticas y aritméticas generaron un componente N400 con clara distribución máxima en áreas Parieto-Centrales. Las multiplicaciones con un tamaño mayor (como 8x7), en comparación con aquellas menores (3x2), generaron una negatividad que inició cerca de los 360ms., más tardíamente que las operaciones pequeñas, con un pico máximo localizado alrededor de áreas temporo-parietales derechas. Estos resultados indican que las incongruencias aritméticas y el efecto del tamaño de la operación son funcionalmente distintas. Lo cual sugiere que los efectos de las incongruencias aritméticas y semánticas están relacionadas funcionalmente y dependen del contexto, éstas propagan su activación en redes especializadas de asociación, mientras que el efecto del tamaño de la

operación es debido a una reverificación de la rutina más allá que una recuperación de hechos, debido a que las operaciones con operandos más grandes, requieren de una reverificación de la estimación de la magnitud, la cual no es activada en las operaciones pequeñas.

Pauli (1994) llevó a cabo un estudio para comprobar por medio de los PREs que el procesamiento de la aritmética mental cambia sistemáticamente con la práctica, haciendo que el cálculo consciente se vuelva automático y las respuestas se recuperen directamente de la memoria como hechos aritméticos. En el cual se entrenó a los sujetos en cuatro sesiones, durante dos semanas, resolviendo multiplicaciones de un dígito, empleando números del 0 al 9, las cuales variaban de dificultad de acuerdo al problema de magnitud.

Los resultados obtenidos fueron PREs caracterizados por una pronunciada positividad tardía después de la presentación de la tarea, seguida de una onda lenta negativa durante la indicación de la respuesta. Estos componentes respondieron directamente a la práctica y el problema del efecto de magnitud numérica. La práctica modificó principalmente la topografía del pico de mayor amplitud de la positividad y el desplazamiento de la latencia de la onda lenta. Se observaron cambios en los PREs ante el entrenamiento de las operaciones, en la primer sesión se observó la generación de una positividad Fronto-Central, misma que fue disminuyendo de sesión en sesión, esta positividad se localizó al final de las sesiones en regiones centro-parietales, la cual fue interpretada como una señal de la recuperación de hechos aritméticos de las redes corticales que solo implican a regiones parietales. El problema del efecto de magnitud numérica no afectó la amplitud ni la localización de la positividad, pero estuvo relacionada con el desplazamiento de la latencia de onda lenta, por lo que asumieron que tanto las tareas sencillas como las complejas activan la misma red cortical y sólo difieren en el tiempo de procesamiento.

Estos descubrimientos sugieren que el procesamiento frontal es necesario conforme aumenta la dificultad de la tarea cuando aún no es automatizada, mientras que el procesamiento aritmético automatizado requiere únicamente de la activación de áreas parietales. El que la positividad parietal no cambiará con la práctica sugiere que esta región cerebral es funcionalmente necesaria para la recuperación de la respuesta por medio de un acceso directo más que por un procedimiento de cálculo consciente.

Xuan y cols. (2007) realizaron un estudio comparativo en el que investigaron las diferencias en el reconocimiento numérico y el cálculo entre dos grupos de edades diferentes; uno de niños con edades entre 8-9 años y otro grupo de adultos con una media de edad de 23 años, utilizando el registro de PREs. El estudio se dividió en dos tareas, en la primera se les mostró una serie de estímulos en la que los sujetos tenían que presionar un botón cuando el estímulo presentado era una figura con dos dígitos y presionar otro botón cuando el estímulo presentado era una figura de dos dígitos pero con los segmentos desordenados de la imagen , en esta primer tarea buscaban medir el reconocimiento del número. La segunda tarea consistió en la presentación de estímulos que contenían una imagen con una operación aritmética completa ($3+8=?$) ante la cual el sujeto debía verbalizar la respuesta y presionar un botón simultáneamente, los otros estímulos contenían la imagen de la operación aritméticas pero con los segmentos de la misma desordenados , ante las cuales tenían que presionar otra tecla. Encontraron que el tiempo de respuesta para el reconocimiento del número y para el cálculo fue menor para el grupo de los adultos en comparación con los niños.

Tanto la tarea de reconocimiento numérico como la de cálculo, generaron una negatividad con un pico máximo entre los 170-280 ms (N2) y una positividad entre los 200-470 ms, con un PRE diferencia (dN3) entre los 360 y 450ms. La amplitud de N2 en el grupo de niños fue significativamente mayor que en el grupo de adultos. Los autores proponen que estas diferencias entre los dos grupos de edad indican que los niños emplean mayores recursos atencionales al resolver una tarea aritmética y la diferencia presentada en la onda positiva P3 en el cálculo sugiere que los niños y adultos recurren a la utilización de estrategias diferentes para resolver problemas aritméticos. Una mayor amplitud negativa en Fz para la condición de cálculo en el grupo de niños, lleva a los autores a sugerir que las tareas de reconocimiento numérico y cálculo requieren de mayor carga cognitiva en memoria de trabajo y de funciones ejecutivas en niños en comparación con los adultos. Los datos en la topografía determinan que las regiones parietales participan en las funciones aritméticas en humanos y existen diferencias relacionadas a la edad en la activación de esta área.

Menon, Mackenzie, Rivera, y Reiss (2002) realizaron un estudio con el objetivo de conocer las diferencias en el procesamiento de ecuaciones correctas e incorrectas, para conocer cuál es el procesamiento neural involucrado en el razonamiento aritmético. Utilizaron IRMf aplicando una tarea de solución de ecuaciones aritméticas en la que los participantes tenían que responder si la solución presentada era correcta o incorrecta. Encontraron una mayor activación ante soluciones incorrectas vs. las soluciones correctas en la corteza prefrontal dorsolateral izquierda y en la corteza prefrontal ventrolateral izquierda. Asumen que sus resultados proporcionan la primera evidencia en imagen cerebral acerca de las diferencias en el procesamiento de ecuaciones correctas e incorrectas. Se observó activación en la corteza prefrontal ante ecuaciones incorrectas en áreas involucradas con la memoria de trabajo. La región de la corteza prefrontal dorsolateral izquierda mostró activación ante ecuaciones incorrectas y también estuvo involucrada en el resto del procesamiento aritmético, mientras que la región de la corteza prefrontal ventrolateral izquierda fue activada solo durante el procesamiento de ecuaciones incorrectas. Las diferencias en las respuestas correctas e incorrectas no fueron observadas en las regiones de la corteza parietal como el giro angular y el surco intraparietal. Por lo que los autores sugieren que el procesamiento de ecuaciones incorrectas involucra la detección de una respuesta incorrecta y la solución de la interferencia entre el cálculo interno y la presentación externa de una respuesta falsa. Una mayor activación durante el procesamiento de ecuaciones incorrectas parece reflejar que las operaciones involucran el mantenimiento del resultado en la memoria de trabajo lugar donde se resuelve el conflicto de la interferencia de ambos resultados.

Szűcs y Csépe (2005) detectaron un componente N3 con distribución fronto-central y un PRE diferencia (dN3) con distribución centro-parietal (al diferenciar las respuestas incorrectas-correctas) ante la presencia de resultados incongruentes.

Otros autores han descrito negatividades más temprana a los 400ms ante la detección de soluciones incorrectas de una operación aritmética, como la N270 (Wang, Kong, Tang, Zhuang y Li 2000; Nuñez-Peña y Honrubia-Serrano, 2000).

Nuñez-Peña y Honrubia-Serrano (2004) en un estudio realizado en adultos reportaron la generación de una negatividad entre los 250-300 ms ante violaciones aritméticas Así como también reportaron la generación de una positividad tardía correspondiente al componente P600 en regiones centro-parietales ante violaciones de tipo aritmético cuya amplitud fue modulada de acuerdo a la dificultad de la tarea argumentando la presencia de este

componente como la revaloración del error explicada en términos lingüísticos ya que la recuperación de hechos aritméticos depende de un sistema de procesamiento general del lenguaje.

Se ha descrito también que las operaciones que involucran el número cero como uno de sus operandos no son procesadas de igual manera que aquellas que involucran números que representan una cantidad, ya que son resueltas por estrategias diferentes, que implica el aprendizaje de reglas de operación (Jost, Beinhoff, Hennighausen y Rösler, 2004).

6. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El procesamiento numérico es fundamental para la vida práctica del ser humano. Investigaciones previas han descrito que los niños con dificultades en el aprendizaje de las matemáticas presentan problemas desde aspectos básicos como la comparación de magnitudes, el conteo, la conciencia numérica y la subitización, hasta procesos más complejos como el cálculo mental y la solución de problemas.

Se ha señalado que la solución de operaciones aritméticas sencillas de un dígito no involucra el procesamiento de la operación en el sentido estricto, sino que son resueltas automáticamente mediante la recuperación de *hechos aritméticos* (asociaciones entre operación y resultado) almacenados en la memoria en un código verbal similar al de las palabras, en los niños se espera que para el cuarto año de primaria la recuperación de hechos aritméticos ya esté establecida y sea un procesamiento de tipo automático. Sin embargo, la dificultad para recuperar de manera automática el resultado de operaciones aritméticas sencillas parece ser uno de los principales problemas de los niños con dificultades en el aprendizaje de las matemáticas, haciendo su ejecución mucho más lenta, saturando a la memoria de trabajo sin dejar muchos recursos disponibles para manipular información relevante para resolver operaciones más complejas y cometiendo mayor número de errores.

Adicionalmente, se ha reportado que estos niños presentan menor rendimiento en tareas de memoria de trabajo, particularmente de tipo verbal como las usadas para evaluar conciencia fonológica, encontrando una fuerte asociación entre las habilidades fonológicas y el rendimiento en matemáticas ya que ambas tareas involucran las habilidades de memoria de trabajo verbal, misma que se ha descrito estar alterada en los niños con discalculia del desarrollo.

Se ha estudiado el procesamiento numérico tanto conductualmente, como a través de estudios imagenológicos y electrofisiológicos, usando tareas de comparación de magnitudes o de solución de operaciones aritméticas, lo cual ha permitido conocer el desarrollo del proceso así como las áreas cerebrales involucradas en el procesamiento numérico. En los estudios de Potenciales Relacionados con Eventos en adultos, se ha descrito que ante la detección de incongruencias en el resultado de operaciones aritméticas se genera un componente tipo N400 semejante al descrito para la detección de incongruencias semánticas. Sin embargo, ninguno de los estudios con PREs se ha realizado en población infantil con o sin dificultades en el aprendizaje de las matemáticas, por lo que no se tienen datos de estudios sobre la actividad eléctrica cerebral ante una tarea de verificación de operaciones aritméticas, que requiere la recuperación de hechos aritméticos de la memoria, que permita confirmar las dificultades en este tipo de procesamiento y los sustratos electrofisiológicos asociados al mismo, en niños de 9 y 10 años.

Por lo que en el presente trabajo de investigación se plantearon las siguientes preguntas de investigación:

¿Cuáles son las respuestas electrofisiológicas y conductuales que se generan ante una tarea de verificación de operaciones aritméticas sencillas a través de la recuperación de hechos aritméticos en niños de cuarto grado?

¿Existe una asociación entre la recuperación de hechos aritméticos y la ejecución en tareas de memoria de trabajo verbal?

¿En niños, la identificación de un resultado incongruente con la operación presentada previamente genera un componente tipo N400?

¿Existirá un efecto de distancia numérica en la detección de resultados incongruentes con la operación previa?

¿Existen diferencias conductuales o electrofisiológicas entre niños con dificultades en el aprendizaje de las matemáticas, respecto de aquellos sin dificultades, durante la ejecución de una tarea de verificación de operaciones aritméticas sencillas?

¿Existen diferencias electrofisiológicas ante la percepción de los diferentes tipos de operaciones aritméticas básicas: suma, resta o multiplicación?

¿Existen diferencias conductuales en la recuperación de hechos aritméticos según el tipo de operación de que se trate: suma, resta o multiplicación?

OBJETIVOS

GENERAL

- Estudiar conductual y electrofisiológicamente el procesamiento de la verificación de operaciones aritméticas sencillas, resueltas a través de la recuperación de hechos aritméticos, en niños con y sin dificultades en el aprendizaje de las matemáticas y determinar si este procesamiento tiene alguna relación con la memoria de trabajo.

Objetivos específicos

- Describir los cambios en la actividad eléctrica cerebral generados ante la percepción de operaciones aritméticas sencillas, determinar si ésta difiere entre operaciones de suma, resta o multiplicación y si conductualmente los niños presentan un mejor rendimiento ante las multiplicaciones, por el aprendizaje de las tablas de multiplicar, en comparación con las sumas y restas.
- Describir el procesamiento de la verificación de resultados Correctos, Incorrectos Cercanos e Incorrectos Lejanos de las operaciones aritméticas previas, en niños con diferente rendimiento en matemáticas y determinar si se genera un componente negativo tipo N400, ante la detección de una incongruencia entre el resultado presentado y el resultado esperado, de manera similar a lo descrito en adultos.
- Esclarecer si en niños se observa un efecto de distancia numérica en la detección de resultados incongruentes con una operación aritmética previa, medible en términos conductuales (respuestas correctas o tiempos de reacción) o electrofisiológicos (latencia y voltaje de los componentes).
- Establecer si existen diferencias conductuales entre niños con diferente rendimiento en matemáticas, ante la ejecución de una tarea de verificación de operaciones aritméticas sencillas.
- Establecer la posible relación entre la recuperación de hechos aritméticos y la ejecución en tareas de Memoria de Trabajo Verbal como: tareas de conciencia fonológica y las tareas del índice de Memoria de Trabajo del WISC-IV.

HIPÓTESIS

GENERAL

- Los niños con dificultades en el aprendizaje de las matemáticas presentarán problemas en la recuperación de hechos aritméticos que se verán reflejadas en un menor rendimiento en una tarea de verificación de operaciones aritméticas y en una reducida negatividad del componente N-400like, con respecto a los niños con rendimiento Medio y Alto en matemáticas, estas dificultades se relacionarán con un bajo rendimiento en tareas de Memoria de Trabajo Verbal.

Hipótesis específicas

- En los componentes de los Potenciales Relacionados con Eventos, no existirán diferencias electrofisiológicas ante la percepción de los diferentes tipos de operaciones (suma, resta y multiplicación). Conductualmente, las operaciones de multiplicación serán respondidas con menor tiempo de reacción y mayor número de respuestas correctas, por ser las operaciones que reciben mayor entrenamiento para su aprendizaje y almacenamiento en memoria verbal.
- En los PREs se observará la generación de un componente negativo similar a la N400-like reportada en adultos, ante la detección de Incongruencias entre un resultado esperado, resultado de la recuperación del hecho aritmético, y un resultado incorrecto que se le presenta en la pantalla. Los niños con rendimiento Bajo presentarán una menor negatividad en este componente en comparación con la generada en los niños con rendimiento Medio y Alto.
- Se observará un efecto de distancia numérica en la detección de resultados incorrectos, con menores tiempos de reacción y mayor número de respuestas correctas para la detección de resultados incorrectos lejanos numéricamente del resultado correcto en comparación con resultados incorrectos cercanos.
- Los niños con Bajo rendimiento en matemáticas, presentarán un significativo menor número de respuestas correctas y mayores tiempos de reacción en la ejecución de una tarea de verificación de operaciones aritméticas sencillas, que debe ser resuelta a través de la recuperación de hechos aritméticos, con respecto de los niños con rendimiento Medio y Alto
- Existirá una significativa correlación entre la recuperación de hechos aritméticos y el rendimiento en tareas de Memoria de Trabajo Verbal como la conciencia fonológica y el índice de Memoria de Trabajo del WISC-IV.

VARIABLES

Variables independientes

Grupo:

Rendimiento en la subprueba de cálculo matemático WRAT-4:

Alto, Medio y Bajo.

Tipo de resultado presentado:

Correcto, corresponde al resultado de la operación previa.

Incorrecto Cercano, no corresponde al resultado de la operación previa y es 1 ó 2 números mayor o menor que el resultado correcto.

Incorrecto Lejano, no corresponde al resultado de la operación aritmética previa y es 8 ó 9 números mayor o menor que el resultado correcto.

Tipo operación aritmética:

Suma, Resta o Multiplicación.

Variables dependientes

Conductuales

Tarea experimental:

- Respuestas correctas en la tarea de verificación de operaciones aritméticas en cada una de las condiciones.
- Tiempo de reacción en respuestas correctas en cada una de las condiciones ante la tarea experimental de verificación de operaciones aritméticas.

Evaluación de Memoria de Trabajo:

- Puntuación obtenida en pruebas de conciencia fonológica.
- Puntuación estandarizada en las tareas del índice de Memoria de Trabajo del WISC-IV.

Electrofisiológicas:

- Voltaje máximo de cada componente generado ante la ejecución de la tarea experimental.
- Latencia del pico máximo de voltaje en cada componente.

7 METODOLOGIA

7.1 SUJETOS

Participaron de manera voluntaria y con el consentimiento por escrito de sus padres, 45 niños de 4° grado de primaria con edades entre los 9 y 10 años ($m=10.2$, $DE=0.5$) de los cuales 25 fueron hombres y 20 mujeres, todos con manualidad diestra, pertenecientes a una escuela privada monolingüe de la ciudad de Guadalajara. Se eligió esta edad y el cuarto año de primaria debido a que los niños han estado expuestos a un mínimo de 3 años de entrenamiento en la solución de operaciones aritméticas básicas, por lo que se asume que a esta edad ya deben de contar con un amplio almacén de hechos aritméticos. Todos los participantes se encuentran en el mismo nivel de educación, han estado expuestos a las mismas técnicas de enseñanza-aprendizaje y provienen de un nivel socio-cultural semejante. Se seleccionaron a los participantes a partir de la aplicación de la subprueba de cálculo matemático *Wide Range Achievement Test* cuarta edición (WRAT- 4) a 321 alumnos de 4° grado de primaria de la escuela privada mencionada previamente con base en el rendimiento promedio en esta prueba medida a través de la puntuación estandarizada se formaron tres grupos de estudio:

Grupo con rendimiento Bajo en matemáticas: 15 niños con una puntuación \leq a 1.5 desviaciones estándar respecto de la media muestral total en la subprueba de cálculo matemático WRAT 4. Integrado por 8 hombres y 7 mujeres, con media de edad de 10.1, DE igual 0.4.

Grupo con rendimiento Medio en matemáticas: 15 niños con puntuación en la subprueba WRAT 4 dentro de un rango ± 1 desviación estándar de la media muestral total. De los cuales fueron 10 hombres y 5 mujeres, con una media de edad de 10.4, DE igual a 0.5.

Grupo con rendimiento Alto en matemáticas: 15 niños con puntuaciones en la subprueba WRAT 4 en un rango \geq a 1.5 desviaciones estándar de la media muestral total. El cual estuvo integrado por 7 hombres y 8 mujeres con una media de edad igual 10, DE igual a 0.5.

7.2 CRITERIOS GENERALES DE INCLUSIÓN

1. Participación voluntaria, con el consentimiento por escrito de sus padres.
2. Manualidad diestra (Inventario de Manualidad de Edimburgo Revisado, 2004).
3. Cursar al momento de la evaluación el cuarto año de primaria y haber cursado los años previos de manera ininterrumpida en la misma escuela.
4. Edad entre 9 y 10 años.
5. IQ estimado entre 90 y 110 puntos (versión corta del WISC-IV)
6. No tener diagnóstico previo de déficit de atención.
7. No haber tomado medicamentos con efectos sobre el Sistema Nervioso Central, en un periodo mínimo de 7 días previos al momento del registro electrofisiológico.

8. Obtener una puntuación en la prueba WRAT-4 un rango \geq a 1.5 desviaciones estándar de la media muestral total para formar parte del grupo de rendimiento Alto.
9. Obtener una puntuación en prueba WRAT 4 en un rango \pm 1 desviación estándar de la media muestral total, para formar parte del grupo de rendimiento Medio.
10. Obtener una puntuación en la prueba WRAT-4 en un rango \leq a 1.5 desviaciones estándar respecto de la media muestral total, para formar del grupo de rendimiento Bajo.

Criterios de no inclusión

- Deficiencias visuales no corregidas.
- Antecedentes de trastornos funcionales u orgánicos del desarrollo, enfermedades neurológicas, psiquiátricas o neuroquirúrgicas.

Criterios de exclusión

1. Abandono voluntario del estudio (cambio de residencia o escuela, inasistencia durante el periodo de evaluación, o negativa de los padres a continuar en la investigación).
2. Registro de un EEG en el que no fuera posible obtener un número mínimo de segmentos sin artefactos para la promediación y obtención de los potenciales relacionados con eventos.

7.3 INSTRUMENTOS.

Instrumentos empleados en la selección de la muestra

Subprueba de evaluación de las habilidades del cálculo (WRAT4)

Para la selección de los niños que conformaron la muestra se requirió de un instrumento de evaluación estandarizado que aportara datos significativos sobre dificultades en el cálculo en los niños, tal y como lo establece el DSM IV-TR, por lo que se utilizó la prueba Wide Range Achievement Test: Cuarta edición (WRAT 4), en su formato azul, desarrollada por Gary S. Wilkinson, y Gary J. Robertson, en el 2006, en Florida, EUA.

El WRAT 4 es una prueba estandarizada en Estados Unidos de Norteamérica que permite medir y conocer el nivel de las habilidades académicas básicas de lectura, comprensión, deletreo y cálculo matemático. Esta prueba fue estandarizada con 3,000 individuos estadounidenses con edades de entre 5 y 94 años de edad. Está compuesta por dos subtipos de formatos alternativos; un formato azul y un formato verde, los cuales pueden ser administrados independientemente o combinados en una evaluación individual.

En este trabajo solo se utilizó la subprueba para el cálculo matemático en su formato azul (anexo 1), con la ventaja de no requerir de adaptaciones o modificación significativas para su aplicación en población mexicana, únicamente la traducción de los 5 problemas aritméticos, esta prueba ya ha sido utilizada en población infantil mexicana, se aplicó a 2954 niños de edad escolar de 4°, 5° y 6° de primaria, comprobando su utilidad para medir las habilidades matemáticas en población mexicana (Pinto, 2006). Esta subprueba mide el procesamiento

aritmético básico a través del conteo, identificación de números, solución de problemas matemáticos simples de forma oral y el cálculo escrito de problemas matemáticos. Adicionalmente, se aplicó una evaluación de estimación de cantidades que consiste en identificar fracciones en una gráfica de pastel y en estimar la ubicación de números fraccionarios en una recta numérica (ver anexo 1 y 2).

Escala de Inteligencia WISC-IV (versión corta)

Para confirmar que todos los participantes de la muestra obtuvieran un CI dentro de límites normales, se aplicó la versión breve de la escala de inteligencia Wechsler WISC-IV, la cual es una prueba estandarizada que permite la evaluación de la capacidad cognoscitiva de niños de 6 a 16 años. Para este trabajo sólo se aplicaron las subpruebas de Vocabulario como estimador de las habilidades verbales del niño, ya que se ha demostrado que ésta subprueba es la que mejor contribuye al factor de comprensión verbal, teniendo una correlación de ($r = .68$) con la escala verbal tanto en el WISC-RM, como en la escala WAIS y una correlación de ($r = .74$) con la escala completa (Sattler, 1996), Diseño con Cubos, Aritmética con el propósito de obtener información sobre las habilidades de los niños en solución de problemas aritméticos y cálculo mental, las cuales no son exploradas con la tarea experimental.

Vocabulario (36 reactivos, anexo 9)

Diseño con Cubos (14 reactivos, anexo 7)

Aritmética y solución de problemas (34 reactivos, anexo 6)

Subpruebas de la Evaluación Neuropsicológica Infantil (ENI, Matute y cols., 2007).

Se aplicarán algunas tareas de la ENI con la intención de complementar la evaluación de matemáticas realizada previamente e incluir aspectos no evaluados en esta (ver anexo 10).

- 1.- Comparación de números (8 estímulos)
- 2.- Lectura de números (8 estímulos)
- 3.- Dictado de cantidades (8 estímulos)

Solución de operaciones aritméticas sin límite de tiempo.

Finalmente, se incluyó una tarea de solución de operaciones aritméticas, semejantes a las empleadas en la tarea experimental, con la intención de establecer si los niños conocían los procedimientos para resolver las operaciones aritmética y permitirles resolverlas sin la presión de las restricciones de tiempo impuestas por el propio diseño experimental y así determinar si las dificultades de los niños durante la ejecución de la tarea de verificación de operaciones aritméticas no se debieron al desconocimiento en la solución de las mismas (ver anexo 11).

- 1.- Evaluación de operaciones aritméticas (20 estímulos)

Instrumentos empleados en la evaluación experimental

Batería de conciencia fonológica (Gómez-Velázquez y cols., 2010).

Se aplicó una serie de pruebas de Conciencia Fonológica, por considerarlas medidas de memoria de trabajo verbal y con la intención de evaluar el rendimiento en habilidades

fonológicas y confirmar en la muestra de estudio la posible relación entre la conciencia fonológica y el rendimiento en matemáticas que se ha reportado en la literatura. Se aplicaron 5 tareas de conciencia fonológica (ver anexo 4).

- 1.- Deletreo de palabras (10 reactivos)
- 2.- Deletreo de no-palabras (10 reactivos)
- 3.- Síntesis fonológica de palabras (10 estímulos)
- 4.- Síntesis fonológica de no-palabras (10 estímulos)
- 5.- Supresión del sonido inicial (10 estímulos)

Se incluyó esta evaluación de conciencia fonológica de acuerdo a lo reportado por Amano-Flores (2008), debido a que estas pruebas mostraron el mayor poder de predicción del rendimiento en matemáticas en niños y por considerar que evalúan además la memoria de trabajo verbal.

Índice de Memoria de Trabajo del WISC-IV.

Para evaluar el rendimiento en el Índice de Memoria de trabajo, se aplicaron las subpruebas que conforman el Índice de Memoria de Trabajo IMT, que comprende; Retención de Dígitos y Sucesión de letras y números.

- Retención de dígitos (32 reactivos, anexo 8)
- En orden directo (16 reactivos)
- En orden inverso (16 reactivos)
- Sucesión de letras y números (30 reactivos, anexo 5)

7.4 TAREA EXPERIMENTAL DE VERIFICACIÓN DE OPERACIONES ARITMÉTICAS.

Para la presente investigación se diseñó una tarea de verificación de operaciones aritméticas simples que se resuelve a través de la recuperación de hechos aritméticos, la cual consistió en la presentación de dos estímulos: un primer estímulo conformado por una operación aritmética sencilla (suma, resta o multiplicación de un dígito) durante 1000ms, con un periodo postintervalo de 1200ms; posteriormente se presentó un segundo estímulo que consistió en un número de 1 ó 2 dígitos que cumple una de las tres condiciones experimentales, *Correcto*; el número corresponde al resultado de la operación previa, *Incorrecto Cercano*; el número no corresponde al resultado de la operación previa y es 1 ó 2 números mayor o menor que el resultado correcto, e *Incorrecto Lejano*; el número no corresponde al resultado de la operación aritmética previa y es 8 ó 9 números mayor o menor que el resultado correcto, el número se presenta por un periodo de 1000ms, seguido de un periodo postintervalo de 1200ms.

La tarea de los niños fue determinar, lo más rápido posible, si el resultado presentado después de la operación era correcto presionando la tecla “0” con el dedo índice derecho o si era incorrecto respecto del resultado con la operación previa, presionando la tecla “control” con el dedo índice izquierdo, lo mejor y más rápido que pudieran (ver figura 4).

Estímulos.

Para la tarea de verificación de operaciones aritméticas a través de la recuperación de hechos aritméticos se aplicó a los sujetos un paradigma montado en el programa MindTracer 2.0, presentando operaciones sencillas de un dígito, con un total de 180 estímulos; 60 sumas ($2 + 3$), 60 restas ($4 - 2$) y 60 multiplicaciones (3×4), divididos en tres bloques con 60 estímulos cada uno, balanceados de tal forma que existieran igual número de sumas, restas y multiplicaciones, así como de resultados *Correctos*, *Incorrectos Cercanos* y *Lejanos* para cada tipo de operación por bloque.

Diseño de los estímulos: En la elaboración de los estímulos se siguieron los siguientes criterios:

- No se incluyeron los números 0 y 1 en las operaciones.
- En todos los resultados incorrectos cercanos se agregaron o quitaron 1 ó 2 números del resultado correcto y en los incorrectos lejanos se agregaron o quitaron 8 ó 9 del resultado correcto.

Incorrectos Cercanos:

8+2

9

4+3

16

Paradigma experimental

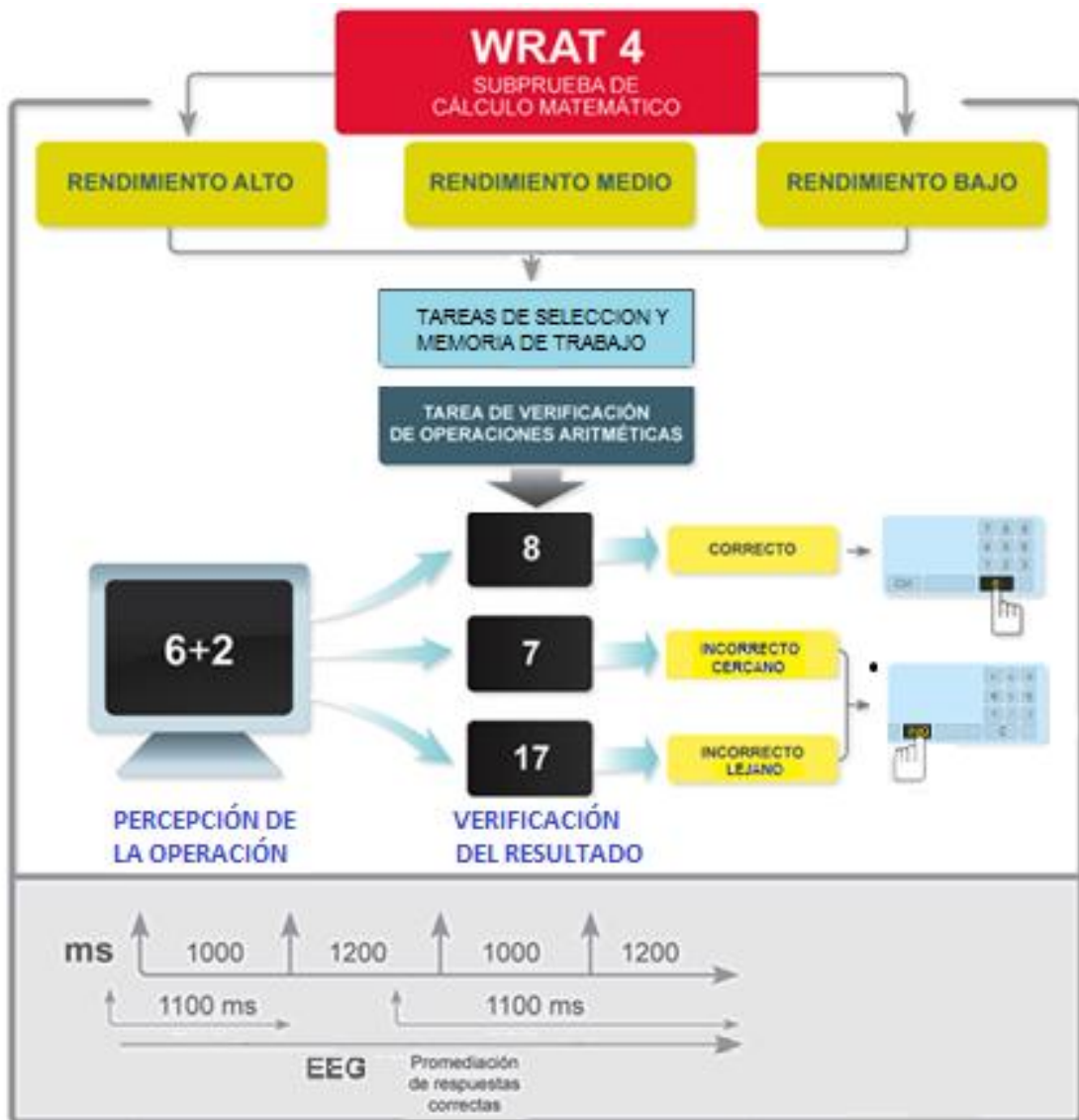


Figura 4. Diseño del procedimiento experimental.

Incorrectos Lejanos:

- Para completar la cantidad de estímulos requeridos en el experimento fue necesario repetir algunas operaciones aritméticas, sin embargo, los estímulos repetidos se presentaron siempre en diferentes condiciones experimentales.
- En las sumas se incluyeron todas las operaciones posibles de un dígito y se repitieron 12 estímulos.
- En las restas no se incluyeron operaciones cuyo resultado fuera cero o un número negativo, se repitieron todas dos veces y sólo 4 estímulos se repitieron una tercera vez.

- En las multiplicaciones se utilizaron las operaciones de las tablas de multiplicar del 2 al 5 completas y a partir de la tabla del número 6 solo se multiplicaron hasta el número 5, de modo que no hay 6x6, 6x7 etc., solo 12 estímulos fueron repetidos.

4x2

7

- Los resultados incorrectos no fueron múltiplos de ninguno de los dos operandos de la operación estímulo. En el caso de resultados incorrectos lejanos se añadieron o quitaron entre 7 y 10 números del resultado correcto para evitar que fueran múltiplos de los operandos.

Presentación de los estímulos

- Los estímulos se presentaron en una fuente Arial en color blanco sobre fondo negro con un tamaño de fuente de 32, en un monitor de CPU de 19", con una resolución de 1280 x 960 pixeles.
- Todas las operaciones-estímulo fueron distribuidas de manera semialeatorizada a lo largo de los 3 bloques (ver anexo 12).

7.5 PROCEDIMIENTO

Aplicación de la subprueba de cálculo matemático WRAT 4

Se acudió a las instalaciones de una escuela privada para iniciar con la evaluación de las habilidades matemáticas por medio de la prueba WRAT-4 a 321 alumnos que cursaban el 4° año de primaria, se aplicó la subprueba de cálculo matemático, en una sola sesión grupal, se les proporcionó a cada uno de los niños un formato de respuestas. Con base a las puntuaciones obtenidas en la subprueba de cálculo matemático WRAT-4, se seleccionaron a los sujetos para formar los tres grupos de estudio; *Alto, Medio y Bajo*.

Una vez seleccionados los grupos los niños fueron citados para que asistieran a las instalaciones del Instituto de Neurociencias, se les dio a contestar a los padres un cuestionario neurológico y el inventario de manualidad (Edimburgo, anexo 3) y se les aplicó a todos los niños la batería de pruebas para la selección de la muestra y de evaluación de Memoria de Trabajo en el mismo orden de presentación, previo al registro electrofisiológico, la evaluación se llevó a cabo por la mañana en un horario comprendido entre la 8:00 y las 11:00am, con duración aproximada de una hora. En la misma sesión se les aplicó la tarea experimental de verificación de operaciones aritméticas con el registro simultáneo de la actividad eléctrica cerebral con duración aproximada de una hora. Al final de la tarea experimental los niños respondieron la evaluación de operaciones aritméticas simples sin límite de tiempo.

Registro Electrofisiológico y obtención de PREs:

Los estímulos se presentaron de manera semialeatorizada, utilizando el software de soporte *MindTracer 2.0*. de manera simultánea con el registro de EEG en un equipo *MEDICID 4*, mediante un gorro *Electrocap*, se realizó el registro digital en las 19 derivaciones del Sistema Internacional 10/20, con referencia a orejas cortocircuitadas, con filtros de 0.5-30 Hz,

con una frecuencia de muestreo de 4 milisegundos. Se incluyeron 2 sitios de recogida monopolar dispuestos periocularmente para control de artefactos.

Obtención de la señal

Para la obtención de la señal de los PREs se seleccionaron segmentos de análisis de 1100 milisegundos en dos momentos diferentes; el primero de ellos ante la presentación de la operación (100 milisegundos previos a la presentación del estímulo) y por separado en un segundo procesamiento la verificación del resultado, se tomaron también segmentos de análisis de 1100 milisegundos (100 milisegundos previos a la presentación del resultado).

Para la obtención de los PREs individuales de acuerdo al tipo de operación, fueron promediados por separado de 15 a 20 segmentos de análisis sólo de respuestas correctas previo rechazo de artefactos, para las tres condiciones experimentales de acuerdo al tipo de operación aritmética: *Suma, Resta y Multiplicación*. Posteriormente para la obtención de los PREs individuales de acuerdo al tipo de resultado, fueron promediados por separado de 15 a 20 segmentos de análisis sólo de respuestas correctas previo rechazo de artefactos, para las tres condiciones experimentales de acuerdo al tipo de resultado: *Correcto, Incorrecto Cercano e Incorrecto Lejano*.

Posteriormente se promediaron los PREs individuales para obtener los PREs grupales de acuerdo al tipo de operación y por tipo de resultado en cada condición experimental. A partir de la inspección visual de los PREs grupales se definieron los principales componentes obtenidos y las derivaciones en las que se observaron los principales cambios, se obtuvo manualmente la latencia y el voltaje de la amplitud máxima de los principales componentes encontrados en los dos momentos de análisis: primero de acuerdo al tipo de operación aritmética ante las tres condiciones experimentales: *Suma, Resta y Multiplicación*, y en un segundo momento de análisis de acuerdo al tipo de resultado: *Correcto, Incorrecto Cercano e Incorrecto Lejano*, obteniendo el punto máximo de voltaje y latencia de cada componente por cada uno de los sujetos en cada condición experimental ante el tipo de resultado.

ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Análisis de resultados de las pruebas de selección y evaluación de Memoria de Trabajo.

Se obtuvieron las medidas de tendencia central de cada prueba para cada uno de los grupos, para posteriormente realizar comparaciones de las medias entre los grupos, empleando el programa de análisis estadístico SPSS realizando un análisis de prueba t de Student para grupos independientes. Finalmente, se obtuvieron correlaciones (*r* de Pearson) entre las puntuaciones del WRAT-4, las tareas de Memoria de trabajo, la tarea experimental y el voltaje de los componentes de los PREs.

Análisis de resultados conductuales de la tarea experimental.

Se obtuvieron las medidas de tendencia central (media y desviación estándar) y se realizó un análisis de varianza de parcelas divididas de tres factores: Grupo (Nivel de rendimiento en matemáticas Alto, Medio y Bajo) X Operación Aritmética (*Suma, Resta y Multiplicación*) X Resultado (*Correcto, Incorrecto Cercano e Incorrecto Lejano*). Para determinar

las tendencias de las diferencias encontradas se realizaron análisis *a posteriori* (Tukey Kramer), usando los programas estadísticos Estadis 12.1 y CMult 01 (Zarabozo, registro pendiente).

Análisis electrofisiológico

Para determinar si existieron diferencias en la amplitud y la latencia en que se presentó cada componente de acuerdo al tipo de operación se realizó un análisis de varianza de parcelas divididas de tres factores: Grupo (Nivel de rendimiento en matemáticas: *Alto, Medio y Bajo*) X Operación (*Suma, Resta y Multiplicación*) X Derivación (las derivaciones analizadas en cada componente fueron seleccionadas de acuerdo a los principales cambios que se observaron en los grandes promedios y serán mencionadas en la descripción de los resultados de cada componente). Para determinar las tendencias de las diferencias encontradas se realizaron análisis *a posteriori* (Tukey Kramer), usando los programas estadísticos Estadis 12.1 y CMult 01 (Zarabozo, registro pendiente).

Para determinar si existieron diferencias en la amplitud y la latencia en que se presentó cada componente de acuerdo al tipo de resultado se realizó un análisis de varianza de parcelas divididas de tres factores: Grupo (Nivel de rendimiento en matemáticas: *Alto, Medio y Bajo*) X Resultado (*Correcto, Incorrecto Cercano e Incorrecto Lejano*) X Derivación (las derivaciones analizadas en cada componente fueron seleccionadas de acuerdo a los principales cambios que se observaron en los grandes promedios y serán mencionadas en la descripción de los resultados de cada componente). Para determinar las tendencias de las diferencias encontradas se realizaron análisis *a posteriori* (Tukey Kramer), usando los programas estadísticos Estadis 12.1 y CMult 01 (Zarabozo, registro pendiente). En este estudio se consideró un nivel de significación de $\alpha < 0.05$.

Consideraciones Éticas:

El estudio no implicó riesgo alguno para la integridad física o emocional de los sujetos por tratarse de técnicas no invasivas de registro. En los casos en que se detectó algún trastorno clínico, se remitió al participante al médico o psicólogo correspondiente para su evaluación y tratamiento. Cada niño se integró de manera voluntaria a la muestra con el consentimiento escrito de sus padres a quienes se informó por escrito y en entrevista individual de los resultados obtenidos en la evaluación neuropsicológica y neurofisiológica. La identidad e información de los resultados de las evaluaciones de los participantes se manejaron siempre de manera confidencial.

La metodología del presente proyecto fue aprobada por la Comisión de Ética del Instituto de Neurociencias de la Universidad de Guadalajara, por no entrañar menoscabo alguno a la salud y derechos de los sujetos participantes y por cumplir con los preceptos generales del Acta de Helsinki y los lineamientos éticos delineados para la institución sede (ver anexo 13).

8 RESULTADOS

8.1 CARACTERIZACIÓN DE LA MUESTRA DE ESTUDIO

Comparación de puntuaciones obtenidas en la evaluación entre los grupos: *Alto, Medio y Bajo*.

Se compararon las medias obtenidas en cada una de las pruebas aplicadas entre los tres grupos de estudio, *Bajo, Medio y Alto* rendimiento en matemáticas, para explorar si en este punto es posible observar diferencias significativas en el rendimiento de los grupos. A continuación se presentan los resultados comparando la media de ejecución entre grupos para cada una de las pruebas empleando una prueba t de Student para grupos independientes. Es importante mencionar que la media de edad de la muestra fue igual a 10.2, DE igual a 0.5, y solo se presentaron diferencias significativas en edad entre el grupo *Medio y Alto*, no así en entre el grupo *Alto y Bajo* (ver tabla 1).

Evaluación de selección de la muestra

WRAT- 4

Para la selección de la muestra se evaluó el rendimiento en matemáticas mediante la prueba WRAT-4 a 321 niños de 4° año de primaria, ante la cual la media grupal obtenida fue igual a 107, DE = 9.2, es importante mencionar que el rendimiento en esta prueba para este grupo de niños fue más alto que la media escalar en puntuación estandarizada establecida por el WRAT-4, la cual es de 100 puntos con una desviación estándar de 15. El punto de corte para formar los grupos de estudio de acuerdo a su rendimiento en matemáticas se obtuvo de acuerdo a la media general y a los criterios de inclusión, tomando en cuenta los siguientes puntajes: para el grupo *Bajo*, la puntuación mínima fue 94, para el grupo *Medio* el rango de puntuación estandarizada fue de 98 a 117 y para el grupo *Alto*, la puntuación tomada fue igual o mayor a 121.

Los resultados obtenidos en la prueba WRAT-4 tal y como era de esperarse muestran diferencias significativas en el rendimiento en matemáticas entre los grupos, el grupo de rendimiento *Alto* es significativamente superior al *Medio y al Bajo* (ver tabla 1).

Escala breve del WISC-IV

Al comparar el rendimiento entre grupos en la media de puntuaciones estandarizadas en las subpruebas de la escala breve de inteligencia WISC-IV, el grupo de rendimiento *Bajo* obtuvo un significativo menor rendimiento, en comparación al grupo *Medio y Alto*, en todas las subpruebas del WISC-IV tanto en las habilidades verbales evaluadas por la subprueba de Vocabulario, como en las habilidades ejecutivas evaluadas por la subprueba Diseño con Cubos, y como era de esperarse, en la capacidad de solución de problemas aritméticos evaluada por la subprueba de Aritmética. Lo que sugiere una significativa disminución de capacidades cognitivas generales disminuidas tanto en el nivel de conocimiento verbal, de ejecución, y solución de problemas aritméticos para el grupo *Bajo* (ver tabla 1).

Tabla 1. Caracterización de la muestra. Comparación entre grupos usando una prueba t de Student para grupos independientes.

		Media	Comparación entre Grupos	t	Sig.	
EDAD	Alto	10.0	Alto vs. Medio	-2.177	0.038	
	Medio	10.4	Alto vs. Bajo	-0.799	0.431	
	Bajo	10	Medio vs. Bajo	1.536	0.136	
ÍNDICE DE MT DEL WISC-IV	Sucesión de letras y Números	Alto	11.8	Alto vs. Medio	2.465	0.020
		Medio	10.7	Alto vs. Bajo	5.850	0.000
		Bajo	8.3	Medio vs. Bajo	3.882	0.001
	Retención de Dígitos	Alto	11.5	Alto vs. Medio	1.088	0.286
		Medio	10.5	Alto vs. Bajo	6.094	0.000
		Bajo	7.1	Medio vs. Bajo	4.172	0.000
VERSIÓN CORTA DEL WISC-IV	Vocabulario	Alto	12.7	Alto vs. Medio	3.410	0.002
		Medio	10.9	Alto vs. Bajo	5.501	0.000
		Bajo	9.5	Medio vs. Bajo	2.603	0.015
	Diseño con Cubos	Alto	12.9	Alto vs. Medio	0.418	0.679
		Medio	11.3	Alto vs. Bajo	4.034	0.000
		Bajo	9.7	Medio vs. Bajo	2.180	0.038
OPERACIONES ARITMÉTICAS SIN LÍMITE DE TIEMPO	Alto	19.5	Alto vs. Medio	0.523	0.605	
	Medio	19.3	Alto vs. Bajo	2.051	0.051	
	Bajo	18.5	Medio vs. Bajo	1.709	0.100	
WRAT-IV	Alto	125.1	Alto vs. Medio	12.080	0.000	
	Medio	110.1	Alto vs. Bajo	36.569	0.000	
	Bajo	93.47	Medio vs. Bajo	13.518	0.000	

Subpruebas de la ENI

Las medias de las puntuaciones brutas obtenidas en las subpruebas de la ENI son ligeramente menores para el grupo *Bajo* respecto de los otros grupos, tanto en dictado de cantidades y comparación de números, siendo la tarea de lectura de números la que tiende a presentar mayor diferencia en su puntuación (ver tabla 2).

Tabla 2. Comparación de las medias y desviación estándar de la puntuación bruta obtenida en las tareas de la ENI entre grupos.

EVALUACIÓN NEUROPSICOLÓGICA INFANTIL			
GRUPO	Dictado de cantidades	Comparación de números	Lectura de números
Alto	7.7 (0.45)	8.0(0.0)	7.8 (0.56)
Medio	7.5(0.51)	8.0(0.0)	7.7 (0.45)
Bajo	6.7(0.97)	7.7(0.7)	6.7 (1.94)

Operaciones aritméticas sin límite de tiempo.

En la solución de operaciones aritméticas simples sin límite de tiempo no se observaron diferencias significativas entre los grupos. En general, los tres grupos conocen el procedimiento para resolver las operaciones básicas de suma, resta y multiplicación (ver tabla 1).

RESULTADOS DE LA EVALUACIÓN DE MEMORIA DE TRABAJO.

Conciencia fonológica

El grupo con rendimiento *Bajo* presenta un rendimiento significativamente inferior en las tareas de conciencia fonológica en comparación al grupo *Medio* y *Alto*, particularmente en las tareas de deletreo de no-palabras, síntesis de palabras y no-palabras. No obstante tratarse de tareas sumamente sencillas, los niños pertenecientes al grupo *Bajo* mostraron gran dificultad para resolver las tareas (ver tabla 3). Con los datos obtenidos se puede observar que el grupo *Bajo* presenta dificultades significativas para almacenar y manipular la información durante breves periodos de tiempo (memoria de trabajo verbal).

Índice de Memoria de Trabajo del WISC-IV

El grupo con rendimiento *Alto* presentó una significativa mayor puntuación en el Índice de Memoria de trabajo en comparación a los grupos de *Medio* y *Bajo* rendimiento en matemáticas, demostrando el desarrollo de mayores habilidades de Memoria de trabajo. Por otra parte, el grupo con rendimiento *Bajo* obtuvo un rendimiento significativamente inferior en estas tareas demostrando presentar dificultades significativas en la habilidad de memoria de trabajo (ver tabla 3).

Tabla 3. Comparación entre grupos en el rendimiento en tareas de Memoria de Trabajo usando una prueba t de Student para grupos independientes.

Tarea de Memoria de Trabajo		Media	Comparación entre Grupos	t	Sig.
Deletreo de palabras	Alto	9.9	Alto vs. Medio	0.000	1.000
	Medio	9.9	Alto vs. Bajo	2.009	0.054
	Bajo	9.4	Medio vs. Bajo	2.009	0.059
Deletreo de no-palabras	Alto	9.2	Alto vs. Medio	1.637	0.113
	Medio	8.5	Alto vs. Bajo	4.525	0.000
	Bajo	7.3	Medio vs. Bajo	2.255	0.032
Síntesis de palabras	Alto	9.1	Alto vs. Medio	-0.593	0.558
	Medio	9.3	Alto vs. Bajo	2.444	0.021
	Bajo	7.5	Medio vs. Bajo	2.869	0.008
Síntesis de no-palabras	Alto	9.7	Alto vs. Medio	1.606	0.120
	Medio	9.2	Alto vs. Bajo	6.786	0.000
	Bajo	6.3	Medio vs. Bajo	5.467	0.000
Supresión de sonido inicial	Alto	9.8	Alto vs. Medio	0.418	0.679
	Medio	9.7	Alto vs. Bajo	2.049	0.050
	Bajo	9.4	Medio vs. Bajo	1.654	0.109
Índice de Memoria de Trabajo del WISC-IV	Alto	109.5	Alto vs. Medio	3.064	0.005
	Medio	102.0	Alto vs. Bajo	8.396	0.000
	Bajo	86.7	Medio vs. Bajo	5.840	0.000

Relación entre las puntuaciones del WRAT-4 y el resto de las pruebas aplicadas.

Se realizó un análisis de correlación bivariada de Pearson, para obtener el grado de asociación entre la puntuación estandarizada de cálculo matemático medida a través del WRAT-4 y las tareas de conciencia fonológica, encontrando correlación positiva con todas las

tareas de conciencia fonológica, particularmente, se encontró correlación positiva significativa con la tarea deletreo de no palabras ($r = 0.452$, $p < 0.01$) y de síntesis fonológica de no palabras ($r = 0.692$, $p < 0.01$), es decir, a mayor puntuación obtenida en el WRAT-4, los niños tendieron a presentar mayor puntuación en la tarea de deletreo de no palabras y síntesis fonológica de no palabras y viceversa.

Así mismo, también se hizo el análisis de correlación entre la puntuación estandarizada de cálculo matemático del WRAT-4 y las subpruebas aplicadas del WISC-IV encontrando una correlación positiva altamente significativa con todas las pruebas aplicadas: Vocabulario ($r = 0.655$, $p < 0.01$), Diseño con cubos ($r = 0.495$, $p < 0.01$), Aritmética ($r = 0.708$, $p < 0.01$), y con las tareas que integran el Índice de memoria de trabajo ($r = 0.781$, $p < 0.01$). Observando que a mayor puntuación en la prueba de matemáticas, mayor puntuación en las tareas que evalúan capacidades cognoscitivas y viceversa.

La puntuación estandarizada del WRAT-4 también mostró correlación positiva significativa con las subpruebas de la ENI en las tareas de dictado de cantidades ($r = 0.496$, $p < 0.01$) y lectura de números ($r = 0.422$, $p < 0.01$). Lo cual sugiere que a mayor puntuación estandarizada del WRAT-4, mayor desempeño en la mayoría de las tareas evaluadas.

En general, se observó que a mayor puntuación en las habilidades matemáticas evaluadas con la prueba WRAT-4 los participantes tendieron a presentar un mejor rendimiento en la mayoría de las pruebas aplicadas y a la inversa, a menor puntuación en la prueba WRAT-4 los participantes tendieron a presentar un peor rendimiento en prácticamente todas las pruebas aplicadas, detectando fuertes asociaciones entre rendimiento en matemáticas y habilidades fonológicas, capacidades cognoscitivas generales tanto en nivel de conocimiento verbal, de ejecución, memoria de trabajo y solución de problemas aritméticos.

8.2 RESULTADOS CONDUCTUALES DE LA TAREA EXPERIMENTAL DE VERIFICACIÓN DE OPERACIONES ARITMÉTICAS

Se aplicó la tarea de verificación de operaciones aritméticas de manera simultánea al registro electrofisiológico a 45 niños, divididos en tres grupos de acuerdo a su rendimiento en la prueba WRAT-4. Los datos conductuales obtenidos hacen referencia al número de respuestas correctas en la tarea experimental según el tipo de operación aritmética y de acuerdo al resultado presentado, así como la media de los tiempos de reacción para cada una de ellas. Se obtuvieron las medidas de tendencia central (media y desviación estándar) y se realizó un análisis de varianza de parcelas divididas de tres factores: Grupo (Nivel de rendimiento en matemáticas Alto, Medio y Bajo) X Operación Aritmética (*Suma*, *Resta* y *Multiplicación*) X Resultado (*Correcto*, *Incorrecto Cercano* e *Incorrecto Lejano*). Para determinar las tendencias de las diferencias encontradas se realizaron análisis *a posteriori* (Tukey Kramer), usando los programas estadísticos Estadis 12.1 y CMult 01 (Zarabozo, registro pendiente).

Los resultados conductuales se muestran en las tablas 4 y 5. Para las respuestas correctas ante la tarea de verificación de operaciones aritméticas, el análisis estadístico mostró diferencias significativas en el factor Grupo ($F_{2,42} = 26.04$, $p < 0.001$), donde el grupo con un rendimiento *Bajo* en matemáticas mostró un significativo menor número de respuestas correctas que el grupo *Medio* ($q = 7.71$, $p < 0.01$) y que el grupo *Alto* ($q = 9.65$, $p < 0.01$), sin diferencias significativas en el rendimiento entre estos dos últimos; se encontraron también diferencias significativas en el factor Tipo de Resultado ($F_{2,84} = 15.48$, $p < 0.001$), ante los resultados *Correctos* los niños obtuvieron un significativo menor número de respuestas correctas que ante los *Incorrectos Cercanos* ($q = 4.87$, $p < 0.01$) e *Incorrectos Lejanos* ($q = 7.79$, $p < 0.01$). Ante los resultados *Incorrectos Lejanos* se obtiene de manera general, el mejor rendimiento en todos los grupos, aunque no se encontraron diferencias significativas con respecto de los *Incorrectos Cercanos*. En el factor tipo de Operación, no se encontraron diferencias significativas entre los grupos ni entre las condiciones, así mismo, no se encontró interacción entre los factores para el número de respuestas correctas.

En cuanto al tiempo de reacción, se encontraron diferencias significativas en el factor Grupo ($F_{2,42} = 5.49$, $p < 0.01$), donde el grupo *Bajo* presentó una ejecución significativamente más lenta que el *Medio* ($q = 3.602$, $p < 0.05$) y que el grupo *Alto* ($q = 4.396$, $p < 0.01$), sin diferencias entre ellos; en el factor Tipo de Resultado también se encontraron diferencias significativas ($F_{2,84} = 100.55$, $p < 0.0001$), ante los resultados *Correctos* se presentaron los menores tiempos de reacción en comparación con los *Incorrectos Cercanos* ($q = 16.8$, $p < 0.01$) y los *Incorrectos Lejanos* ($q = 17.9$, $p < 0.01$); adicionalmente, se encontraron diferencias significativas en el factor Tipo de Operación aritmética ($F_{2,84} = 7.46$, $p < 0.01$); ante la *Multiplicación* se presentaron tiempos de reacción más prolongados que ante las *Restas* ($q = 3.68$, $p < 0.05$) y que ante las *Sumas* ($q = 5.34$, $p < 0.01$). Los tiempos de reacción son ligeramente más largos ante los resultados *Incorrectos Lejanos* que ante los *Incorrectos Cercanos*, esto fue particularmente cierto para los resultados de *Sumas* ya que se encontró una interacción Resultado X Operación ($F_{4, 168} = 7.64$, $p < 0.0001$) y el análisis *a posteriori* confirmó que sólo ante las *Sumas* los resultados *Incorrectos Lejanos* generaron tiempos de reacción significativamente mayores que antes los *Incorrectos Cercanos* ($q = 4.320$, $p < 0.01$) (ver tablas 4 y 5).

Tabla 4. Resultados de la tarea experimental por Tipo de Operación en cada grupo. Se presenta la media de respuestas correctas y de tiempo de reacción, entre paréntesis la desviación estándar

TAREA DE VERIFICACIÓN DE OPERACIONES ARITMÉTICAS				
TIPO DE OPERACIÓN				
<i>Respuestas correctas</i>	Alto	Medio	Bajo	Media Total de RC
Suma	53.4 (3.7)	50.7 (5.3)	42.4 (6.3)	48.8 (6.9)
Resta	52.7 (4.6)	50.6 (5.4)	40.8 (6.7)	48.1 (7.6)
Multiplicación	54.0 (3.7)	51.6 (4.4)	40.9 (8.5)	48.8 (8.1)
<i>Tiempo de Reacción</i>	Alto	Medio	Bajo	Media total de TR
Suma	712.7 (178.9)	757.0 (81.7)	879.1 (171.2)	782.9 (163.4)
Resta	712.4 (181.4)	756.9 (113.4)	916.4 (190.2)	795.2 (184.2)
Multiplicación	763.5 (183.9)	771.8 (89.6)	931.8 (219.6)	822.4 (186.5)

Tabla 5. Resultados de la tarea experimental por Tipo de Resultado en cada grupo. Se presenta la media de respuestas correctas y de tiempo de reacción, entre paréntesis la desviación estándar.

TAREA DE VERIFICACIÓN DE OPERACIONES ARITMÉTICAS				
TIPO DE RESULTADO				
<i>Respuestas correctas</i>	Alto	Medio	Bajo	Media Total de RC
Resultado Correcto	49.6 (4.7)	46.2 (6.4)	39.3 (7.1)	45.0 (7.4)
Incorrecto cercano	54.4 (3.7)	52.2 (4.6)	40.6 (10.0)	49.1 (8.9)
Incorrecto lejano	56.1 (2.8)	54.4 (3.6)	44.2 (11.2)	51.6 (8.6)
Total por grupo	160.1 (8.7)	152.9 (12.1)	124.2 (20.0)	145.7 (21.1)
<i>Tiempo de reacción</i>	Alto	Medio	Bajo	Media total de TR
Resultado Correcto	663.3 (186.5)	699.2 (90.9)	819.2 (175.8)	727.2 (167.6)
Incorrecto cercano	760.4 (177.5)	791.4 (95.6)	947.1 (191.5)	832.9 (177.3)
Incorrecto lejano	764.8 (179.8)	795.2 (92.7)	961.1 (209.3)	840.4 (191.2)
Total por grupo	731.9 (178.4)	763.3 (85.6)	909.1 (188.2)	801.4 (172.7)

Relación entre los resultados de la tarea experimental y el resto de las pruebas.

Buscando asociación entre los resultados obtenidos en la tarea experimental con el resto de las pruebas aplicadas se encontró lo siguiente: el total de respuestas correctas en la tarea experimental se correlacionó positivamente de manera altamente significativa con la puntuación estandarizada del WRAT-4 ($r=.716$, $p<0.01$), así como con tareas de habilidades fonológicas como deletreo de palabras ($r=.505$, $p<0.01$) y síntesis de no palabras ($r=.711$, $p<0.01$), también con las tareas del WISC-IV; Vocabulario ($r=.630$, $p<0.01$), Diseño con cubos ($r=.423$, $p<0.01$), Aritmética ($r=.708$, $p<0.01$) y las tareas que integran el Índice de Memoria de trabajo ($r=.621$, $p<0.01$). De igual manera, se encontró correlación positiva con las tareas de la ENI como dictado de cantidades ($r=.597$, $p<0.01$), comparación de números ($r=.617$, $p=0.01$) y lectura de números ($r=.513$, $p<0.01$). Lo cual indica que a mayor número de respuestas

correctas en la tarea experimental mayor desempeño en la mayoría de las tareas evaluadas y viceversa.

El tiempo de reacción en la tarea experimental mostró correlación negativa altamente significativa con las tareas de síntesis de palabras ($r = -.426$, $p < 0.01$), sucesión de letras y números ($r = -.409$, $p < 0.01$) y dictado de cantidades ($r = -.449$, $p < 0.01$), lo cual sugiere que a mayor tiempo de reacción en la tarea experimental menores puntuaciones en estas tareas y viceversa.

8.3 RESULTADOS DE LOS POTENCIALES RELACIONADOS CON EVENTOS

Para la obtención de los Potenciales Relacionados con Eventos se promediaron de 15 a 20 segmentos de EEG con duración de 1100ms por condición en cada sujeto para la obtención de los potenciales individuales de cada condición experimental por tipo de Operación: *Suma, Resta y Multiplicación* y por Tipo de Resultado: *Correcto, Incorrecto Cercano e Incorrecto Lejano*. Posteriormente se promediaron los potenciales individuales de una misma condición de los 15 sujetos de cada grupo (*Alto, Medio y Bajo* rendimiento en matemáticas) para la obtención de los grandes promedios grupales. A continuación se describen los grandes promedios grupales.

Descripción cualitativa de la morfología de los potenciales generados ante la percepción del tipo de operación aritmética.

El patrón general de los PREs generados ante la percepción de los diferentes tipos de operación aritmética (*Suma, Resta y Multiplicación*) presentó una morfología caracterizada por cambios Positivos-Negativos, alcanzando máximos voltajes en regiones fronto-centrales el primero de ellos y el segundo alcanzó su pico máximo en región temporal posterior predominantemente lateralizado a la derecha. Los cambios de voltaje generados ante la percepción de las distintas operaciones aritméticas son muy similares entre los grupos (ver figura 5 y 6).

Dentro de los componentes generados ante la percepción de los diferentes tipos de operaciones aritméticas se pueden observar un cambio positivo en regiones fronto-centrales (P200) que alcanza su máxima amplitud cerca de los 240ms en Cz para el grupo con rendimiento Alto, la percepción de operaciones de multiplicación parece generar un componente P200 de mayor amplitud en regiones parieto-centrales. Posterior al componente P200 se observa una deflexión negativa que alcanza su máxima amplitud cerca de los 380ms ante la percepción de operaciones de resta en regiones frontales particularmente para el grupo de rendimiento *Bajo* en matemáticas.

Percepción de la operación aritmética.

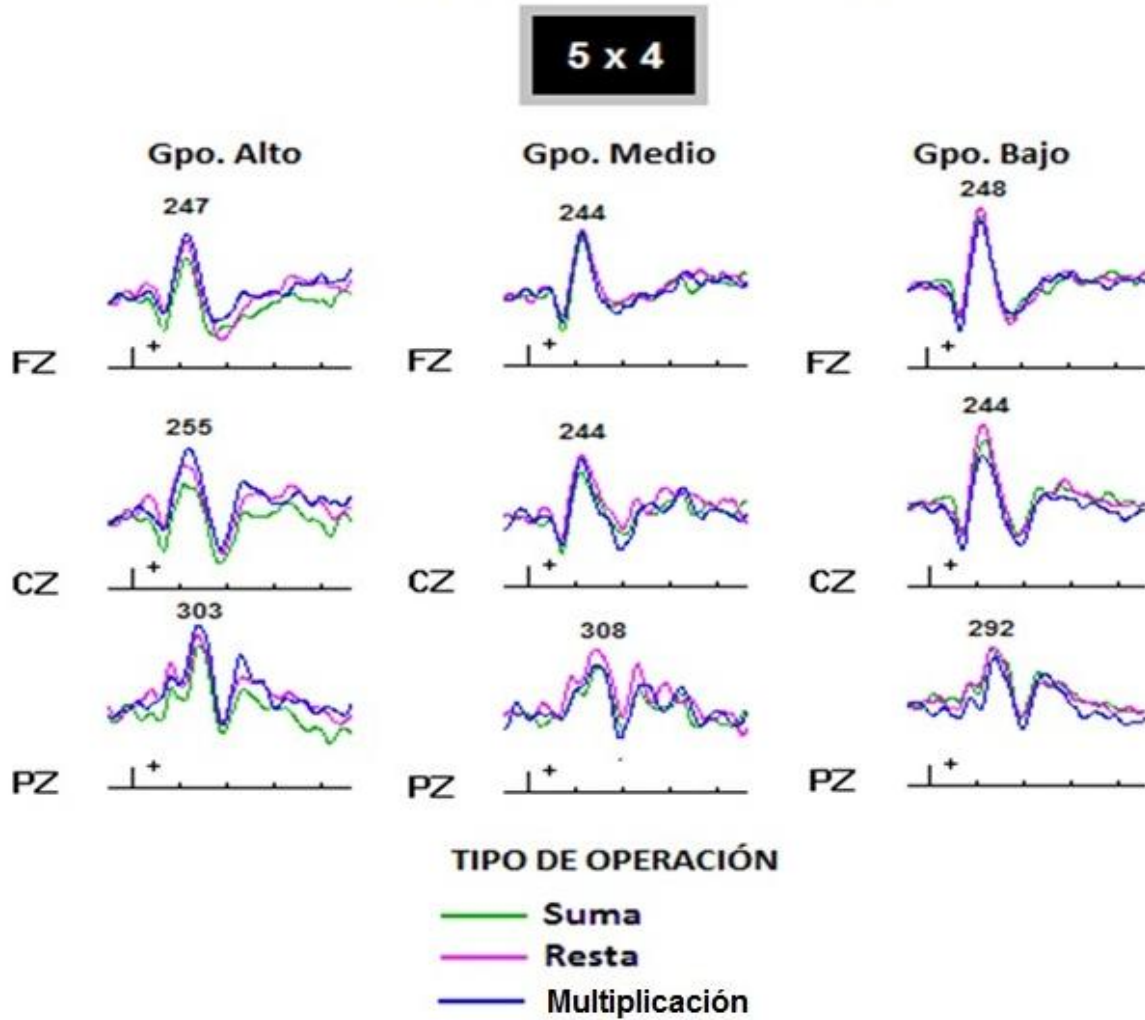


Figura 5. PREs promedio grupales obtenidos ante la percepción de la operación aritmética en la región central.

Percepción de la operación aritmética.

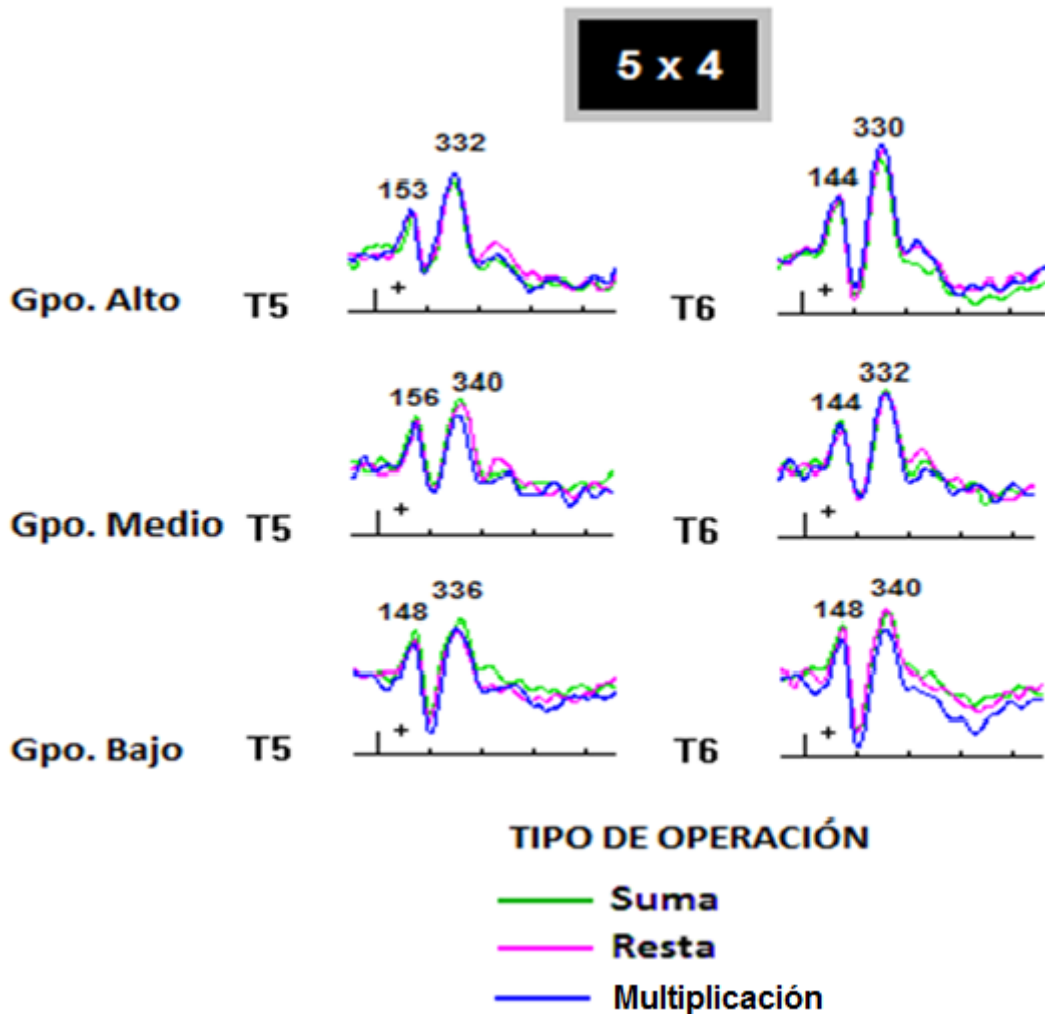


Figura 6. PREs promedio grupales obtenidos ante la percepción de la operación aritmética en la región temporal posterior.

Resultados de los principales componentes de los PREs generados ante la detección del *tipo de operación*.

Amplitud y Latencia del componente P200

El análisis tanto de amplitud y latencia del componente P200 generado ante la percepción de los diferentes tipos de operación no mostró diferencias significativas entre grupos ni por condición.

Amplitud y Latencia de la negatividad a los 400ms

El análisis tanto de amplitud y latencia de la negatividad generada cerca de los 400ms ante la percepción de los diferentes tipos de operación tampoco mostró diferencias significativas entre grupos o condiciones.

Descripción cualitativa de la morfología de los potenciales generados ante la verificación del resultado.

En general el patrón de los PREs ante la verificación del resultado siguió una morfología caracterizada por cambios Positivos-Negativos-Positivos-Negativos-Positivos, alcanzando máximos voltajes en regiones fronto-centrales y temporales posteriores predominantemente lateralizado a la derecha para el grupo con rendimiento *Alto*.

En los componentes generados ante la verificación del resultado de una operación aritmética previamente presentada, se pueden observar las siguientes características distintivas: los primeros cambios se comienzan a observar cerca de los 200ms tanto positivos en regiones fronto-centrales como negativos en regiones temporales posteriores.

El primer cambio positivo se observa en regiones fronto-centrales y alcanza su máximo voltaje alrededor de los 240ms y corresponde a la generación de un componente **P200**, este componente ha sido reportado en la literatura como el paso de la vía de llegada e inicio del análisis contextual de la información a la corteza prefrontal (*ver Figura 7*). Dentro de esta misma latencia en regiones posteriores se presenta un pico negativo que alcanza su máxima amplitud cerca de los 230ms y corresponde a un componente tipo **N170**, este componente presenta una distribución temporal posterior predominantemente lateralizado a la derecha (*ver Figura 8*), en el cual mediante la inspección visual se puede apreciar mayor amplitud ante resultados Incorrectos Lejanos. La generación de este componente ha sido reportada en la literatura como el reflejo del reconocimiento de un patrón visual (Carmel y Bentin, 2002).

El segundo cambio positivo que se observa corresponde a la generación de un componente tipo **P300** ante resultados Correctos el cual alcanza su máximo voltaje cerca de los 335ms en región centro-parietal, posterior a este componente la respuesta electrofisiológica regresa a su nivel basal.

En seguida aparece una segunda deflexión negativa generada ante la detección de resultados incorrectos, alcanzando su máxima amplitud cerca de los 330ms en regiones fronto-centrales en el grupo de *Alto* rendimiento en matemáticas ante resultados Incorrectos Lejanos, la cual por su latencia y distribución parece corresponder a la familia de la **N200**.

Finalmente, se observa un cambio positivo lento tardío cerca de los 587 milisegundos (**P600**) generado sólo ante la presencia de resultados incorrectos, en el caso del grupo de *Alto* y *Bajo* rendimiento ante los resultados incorrectos lejanos muestra un claro incremento de voltaje en regiones fronto-centrales, sin embargo, en el grupo de rendimiento *Medio* alcanza su máxima amplitud ante resultados incorrectos cercanos alrededor de los 552ms en regiones centrales-parietales.

Verificación del resultado

20

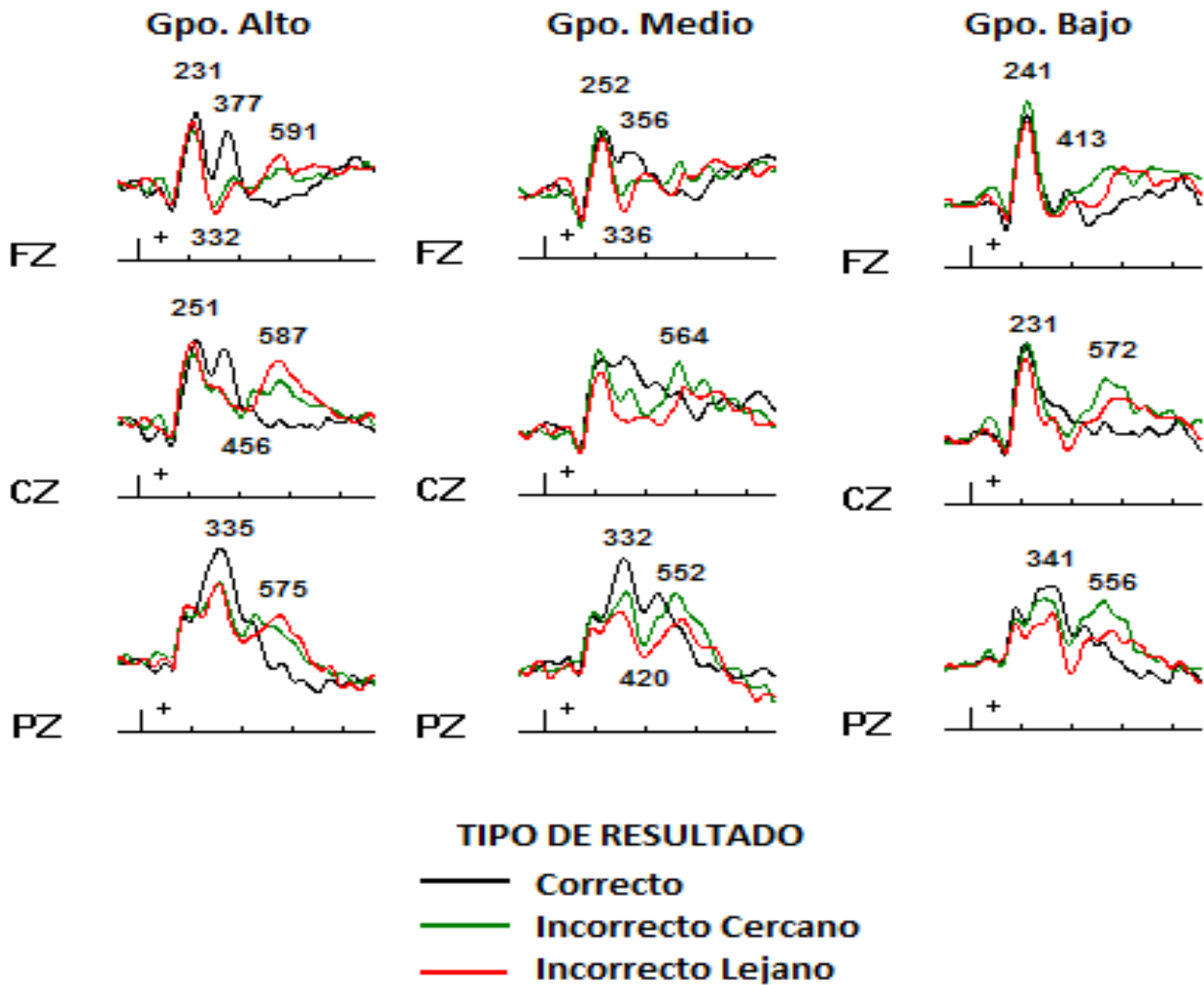


Figura 7. PEs promedio grupales obtenidos ante la verificación del resultado de la operación aritmética previa en la región central.

Verificación del resultado

20

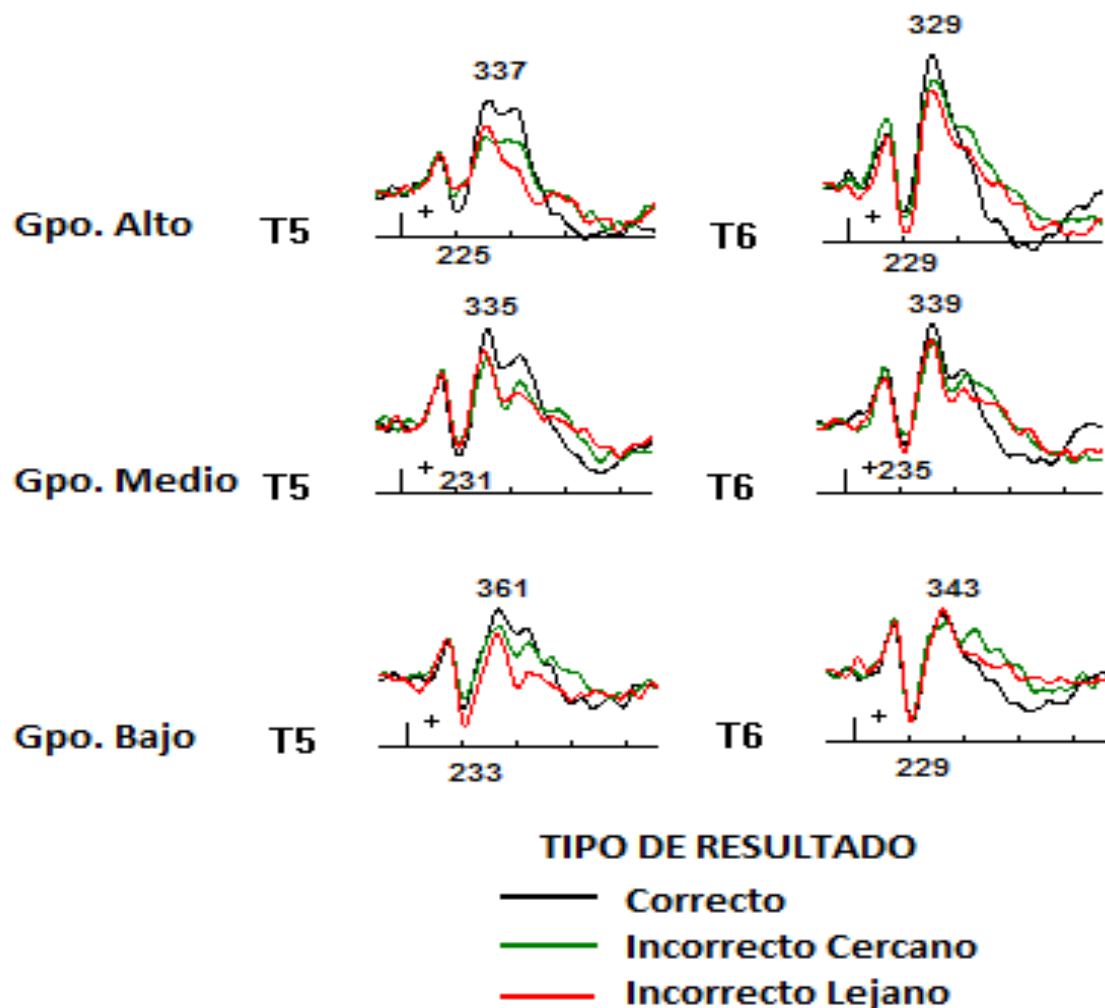


Figura 8. PREs promedio grupales obtenidos ante la verificación del resultado de la operación aritmética previa en la región temporal posterior.

Resultados de los principales componentes de los PREs generados ante la verificación del *tipo de resultado*.

De la inspección visual de los grandes promedios grupales, se observaron los principales cambios de voltaje generados por el procesamiento de la tarea de verificación de operaciones aritméticas, ante la verificación de los diferentes tipos de resultado: *Correcto*, *Incorrecto cercano* e *Incorrecto lejano*, a partir de ello se realizó el análisis de 5 componentes: P200, N170, P300, N200 y P600.

Amplitud del componente P200

Para determinar si se generaron diferencias significativas en el voltaje del pico máximo de este componente se realizó un análisis entre grupos por condiciones por siete derivaciones: F3-F4, C3-C4, FZ, CZ, PZ. En los resultados del análisis estadístico no se encontraron diferencias significativas entre los grupos o entre las condiciones en la P200.

Latencia del componente P200

El análisis estadístico no mostró diferencias significativas en la latencia del pico máximo de voltaje de la P200 entre grupos o entre condiciones (*Tipo de resultado*), sin embargo, sí se encontró una interacción Grupo por Tipo de resultado ($F_{4,84} = 3.49$, $p < 0.05$). En el análisis a posteriori se observó que no existen diferencias significativas en el tipo de resultado en el grupo de rendimiento *Medio* ni el grupo de rendimiento *Bajo*, únicamente en el grupo de rendimiento *Alto* se encuentran diferencias significativas entre las condiciones, en donde, ante el resultado correcto el componente P200 presenta un pico máximo de mayor latencia en comparación con el resultado incorrecto cercano ($q = 4.042$, $p < 0.05$) e incorrecto lejano ($q = 5.072$, $p < 0.01$).

Amplitud del componente N170

De la inspección visual de los grandes promedios se observó un cambio negativo cerca de los 200ms, dada su distribución topográfica y probable origen en regiones occipito-temporales, se realizó un análisis de voltaje y latencia en 6 derivaciones: T5-T6, O1-O2, P3-P4.

No obstante la impresión visual de diferencias de voltaje en los grandes promedios entre el grupo *Alto*, vs *Medio* y *Bajo* en las condiciones incorrectas, no se observaron diferencias estadísticamente significativas entre los grupos, entre las condiciones o interacción entre los factores en la amplitud máxima de la N170.

Latencia del componente N170

El análisis estadístico tampoco mostró diferencias significativas en la latencia de la N170 entre los grupos, entre los distintos tipos de resultado, entre las derivaciones o interacción entre los factores.

Amplitud del componente P300

Para el análisis estadístico del componente P300 en amplitud y latencia se realizaron comparaciones entre grupos por condiciones por once derivaciones: F3-F4, C3-C4, P3-P4, FZ, CZ, PZ, T5-T6.

En el componente P300 no se encontraron diferencias entre los grupos, pero sí se encontraron diferencias significativas en el factor Tipo de resultado ($F_{2,84} = 22.32$, $p < 0.001$) y el factor Derivación ($F_{10,420} = 64.29$, $p < 0.001$) así como también se encontraron dos

interacciones significativas en Tipo de resultado por Derivación ($F_{20,840} = 2.03$, $p < 0.01$) y Grupo por Tipo de resultado por Derivación ($F_{40,840} = 1.68$, $p < 0.01$). Los resultados de los análisis a posteriori mostraron que ante los resultados Correctos se generó una positividad significativamente más amplia que ante los resultados Incorrectos, esto fue particularmente así para los grupos *Medio* y *Alto*, en los cuales se observa un mayor voltaje en Pz ante los resultados Correctos, pero en el caso del grupo con rendimiento *Bajo* en matemáticas se observó una significativa disminución de voltaje en el componente P300 con respecto a los otros grupos. Esta significativa disminución que se observa como una ligera positividad aplanada y prácticamente ausente hacia derivaciones más anteriores en el grupo *Bajo*, fue significativa en prácticamente todas las derivaciones analizadas, particularmente mostró una disminución de voltaje respecto del grupo con rendimiento *Medio* en matemáticas en: F3 ($q = 4.778$, $p < 0.01$), F4 ($q = 4.350$, $p < 0.05$), C3 ($q = 3.722$, $p < 0.05$), P4 ($q = 3.463$, $p < 0.05$), FZ ($q = 4.204$, $p < 0.05$), CZ ($q = 4.070$, $p < 0.05$). El grupo con rendimiento *Bajo* en matemáticas también presentó disminución significativa de voltaje en este componente en comparación con el grupo de rendimiento *Alto*, particularmente en las derivaciones F4 ($q = 4.963$, $p < 0.01$), P4 ($q = 5.242$, $p < 0.01$) y T6 ($q = 5.238$, $p < 0.01$). La única diferencia entre los grupos ante la detección de resultados Incorrectos se observó entre el grupo *Alto* y el *Bajo* con significativo menor voltaje de este último ante la detección de resultados incorrectos cercanos pero solo en la derivación T6 ($q = 3.652$, $p < 0.05$).

En el factor derivación se encontró un mayor voltaje general de la positividad subsecuente al componente N170, en la región temporal derecha (T6) en comparación a la región homóloga izquierda ($q = 5.421$, $p < 0.01$), en una latencia de los 300 a 350 ms, este mayor voltaje en la región derecha es más evidente para el grupo *Alto* (ver figura 8).

Latencia del componente P300

En el análisis de latencia para el componente P300 no se encontraron diferencias significativas en ninguno de los factores.

Amplitud del componente N200

Para determinar si existieron diferencias significativas en el voltaje del pico máximo de este componente se realizó un análisis entre grupos por condiciones por seis derivaciones: C3-C4, P3-P4, CZ, PZ.

En el componente N200 se encontraron diferencias significativas en el factor Tipo de resultado ($F_{2,84} = 22.90$, $p < 0.001$) en donde el análisis a posteriori muestra un mayor voltaje negativo del componente ante la presencia de resultados incorrectos cercanos en comparación con resultados correctos ($q = 6.167$, $p < 0.01$). No se encontraron diferencias significativas entre los grupos en este componente.

Latencia N200

En el análisis de latencia para el componente N200 no se encontraron diferencias significativas en ninguno de los factores.

Amplitud P600

En el componente P600 no se presentan diferencias significativas entre los grupos pero si existen diferencias entre las condiciones (Tipo de resultado) ($F_{2,84} = 11.46$, $p < 0.001$) en el

cual el análisis a posteriori muestra un incremento significativo de voltaje ante resultados incorrectos en comparación con resultados Correctos; tanto en Incorrecto Cercano ($q = 6.742$, $p < 0.01$) como en Incorrecto Lejano ($q = 3.908$, $p < 0.05$).

Adicionalmente, en el análisis de este componente se encontró una interacción Grupo por Tipo de resultado ($F_{4, 84} = 2.76$ $p < 0.05$) en la cual el grupo de rendimiento *Alto* mostró un significativo incremento de voltaje ante la presencia de resultados Incorrectos Lejanos en comparación a los resultados Correctos ($q = 4.930$, $p < 0.01$), sin presentar diferencias entre las dos incorrectas. En el grupo de rendimiento *Medio* se genera un incremento significativo del voltaje ante la presencia de resultados Incorrectos Cercanos en comparación a los resultados Incorrectos Lejanos ($q = 3.795$, $p < 0.05$). Finalmente, en el grupo de rendimiento *Bajo* se observa un incremento de voltaje ante resultados incorrectos cercanos en comparación a resultados correctos ($q = 5.056$, $p < 0.01$).

Latencia del componente P600

En el análisis de latencia para el componente P600 no se encontraron diferencias significativas en ninguno de los factores.

En la tabla 6 se muestran las medias del pico máximo de voltaje de cada componente en cada condición, en los sitios en los que se observaron los principales cambios y en los que se realizó el análisis estadístico descrito previamente. No se presenta tabla de la media de las latencias debido a que en los análisis estadísticos no se encontraron diferencias significativas.

Correlación entre las medidas de los PREs y en rendimiento conductual.

Adicionalmente, se buscó establecer una posible relación entre los valores de voltaje y el rendimiento conductual en la tarea experimental de verificación de operaciones aritméticas, el Índice de memoria de Trabajo del WISC-IV y la puntuación estandarizada del WRAT. En el análisis de latencia de los componentes no se encontraron correlaciones significativas. Se presentan los resultados en la tabla 7.

En el análisis de correlaciones se hizo incluyendo los 45 niños y se observó de manera general que, a mayor puntaje del WRAT los niños tienden a obtener una P200 de menor magnitud (significativa sólo en la condición de Incorrecto cercano); la P300 en la condición Correcta mostró las mayores correlaciones con las medidas conductuales, donde a mayor voltaje de este componente, particularmente en derivaciones del hemisferio derecho (F4, P4 y T6), los niños tienden a obtener mayores puntajes en el WRAT, el Índice de Memoria de Trabajo del WISC-IV y en la tarea experimental; finalmente a mayor valor de voltaje en N200 (menor negatividad) los niños tendieron a mostrar mejor rendimiento en la tarea experimental y en el Índice de memoria de trabajo.

Tabla 6. Media de voltaje (μV) del pico máximo de cada componente de los PREs obtenidos ante el resultado de las operaciones aritméticas.

Resultado		CORRECTO			INCORRECTO CERCANO			INCORRECTO LEJANO		
Componente	Grupo	Alto	Medio	Bajo	Alto	Medio	Bajo	Alto	Medio	Bajo
N170	T5	-2.39	-3.81	-4.08	-1.17	-3.21	-1.91	-1.41	-1.19	-5.89
	T6	-3.66	-2.96	-5.93	-3.76	-2.78	-4.49	-4.32	-4.12	-6.47
	O1	-0.20	-0.53	-2.95	-0.76	-0.13	-1.18	-1.62	-0.07	-4.22
	O2	0.82	1.46	-4.07	-2.00	-0.06	-3.23	-1.89	-0.53	-5.75
	P3	2.71	2.70	3.49	3.47	3.46	2.05	3.93	1.88	-0.20
	P4	2.59	-1.02	1.54	2.39	3.22	0.04	1.53	0.76	0.34
P200	F3	8.87	7.61	9.68	7.89	8.63	12.01	9.17	7.18	8.99
	F4	10.14	7.08	10.46	8.06	8.89	11.21	7.85	7.26	9.02
	C3	9.63	7.77	9.96	9.25	9.43	12.00	9.95	7.60	8.52
	C4	9.55	8.38	10.39	8.25	9.63	10.74	8.18	7.80	8.23
	Fz	8.97	7.54	10.61	7.48	9.15	11.40	8.20	7.39	9.75
	Cz	10.57	9.97	12.29	9.05	11.29	13.37	10.21	8.73	10.43
	Pz	8.90	8.11	8.29	7.29	8.82	8.64	8.23	8.08	6.13
P300	F3	6.24	8.28	1.10	-0.68	2.94	0.20	0.13	-0.57	0.41
	F4	8.61	7.69	1.14	-0.20	2.80	0.81	-0.56	-0.34	0.25
	C3	10.10	11.78	6.19	4.44	6.39	3.89	3.59	3.05	3.33
	C4	11.28	10.95	6.98	5.19	7.27	5.16	6.01	4.42	3.96
	P3	15.02	15.27	10.47	9.27	10.10	7.54	9.38	8.32	6.32
	P4	17.23	14.56	9.35	11.92	11.64	8.19	11.42	8.76	8.05
	Fz	5.22	7.50	1.18	-1.27	2.07	-0.18	-1.67	-0.66	-0.46
	Cz	9.59	12.05	5.93	5.14	6.49	3.93	5.01	3.53	3.42
	Pz	15.42	15.64	11.32	10.49	10.73	9.67	10.21	8.07	7.59
	T5	11.63	11.74	8.40	7.00	7.44	6.18	8.78	8.21	4.31
	T6	15.97	12.75	8.09	12.82	10.12	7.33	11.30	10.44	7.74
N200	C3	6.08	5.16	3.12	1.13	-0.17	0.46	-1.26	-2.31	-2.85
	C4	4.22	5.60	2.37	1.85	0.80	1.27	1.81	-0.32	-1.03
	P3	7.78	7.17	5.02	1.79	0.45	0.22	-0.30	-1.03	-3.39
	P4	5.10	6.10	2.87	3.08	2.20	1.04	1.94	-0.62	-1.15
	Cz	3.24	4.32	2.15	-0.01	0.14	0.54	0.08	-1.11	-2.28
	Pz	5.77	6.33	4.67	2.43	1.65	1.11	1.24	-0.79	-2.02
P600	C3	3.00	5.40	2.27	4.89	8.35	8.28	6.11	4.21	3.56
	C4	1.58	4.63	2.94	6.45	8.64	7.59	8.74	4.97	6.07
	P3	1.32	5.26	1.91	2.99	7.25	6.41	4.21	3.74	2.47
	P4	-1.98	3.73	0.82	4.19	8.39	7.11	5.12	4.36	4.96
	Cz	1.41	5.47	2.82	5.01	9.95	8.92	8.61	4.62	6.59
	Pz	0.96	6.85	2.77	5.32	11.34	9.68	7.12	6.15	5.69

Tabla 7. Correlación entre el voltaje de los PREs y algunas medidas conductuales.

Componente	Derivación	Condición	Medida Conductual	R
P200	F3	Incorrecto Cercano	vs. Puntuación estándar WRAT	-0.334*
	F4	Incorrecto Cercano	vs. Puntuación estándar WRAT	-0.334*
	Cz	Incorrecto Cercano	vs. Puntuación estándar WRAT	-0.322*
P300	F3	Correcto	vs. Respuestas Correctas TAREA EXP	0.354*
			vs. Índice Memoria Trabajo WISC-IV	0.354*
	F4	Correcto	vs. Respuestas Correctas TAREA EXP	0.440**
			vs. Puntuación estándar WRAT	0.434**
			vs. Índice Memoria Trabajo WISC-IV	0.410**
	P4	Correcto	vs. Puntuación estándar WRAT	0.367*
			vs. Índice Memoria Trabajo WISC-IV	0.354*
	Fz	Correcto	vs. Respuestas Correctas TAREA EXP.	0.314*
			vs. Índice Memoria Trabajo WISC-IV	0.310*
T5	Correcto	vs. Índice Memoria Trabajo WISC-IV	0.306*	
T6	Correcto	vs. Respuestas Correctas TAREA EXP	0.320*	
		vs. Puntuación estándar WRAT	0.439**	
		vs. Índice Memoria Trabajo WISC-IV	0.353*	
N200	P3	Incorrecto Cercano	vs. Respuestas Correctas TAREA EXP	0.313*
	P3	Incorrecto Lejano	vs. Respuestas Correctas TAREA EXP	0.299*
			vs. Índice Memoria Trabajo WISC-IV	0.295*

*p<0.05, **p<0.01

9. DISCUSIÓN

9.1 Resultados conductuales

El objetivo principal de la presente investigación fue estudiar conductual y electrofisiológicamente la recuperación de hechos aritméticos en niños con diferente rendimiento en matemáticas y establecer su posible relación con el rendimiento en tareas de memoria de trabajo. En los reportes de la literatura se ha descrito que las operaciones aritméticas básicas de un dígito son resueltas automáticamente mediante la recuperación de hechos aritméticos (asociaciones entre operación y resultado) almacenados en la memoria a largo plazo, en un código verbal similar a las palabras (Dehaene, 1992; Cohen y Dehaene, 1995). Para que dicho almacén se haya desarrollado el niño debe haber aprendido los conceptos relativos a la adición, sustracción y multiplicación, debe haber aprendido los procedimientos para resolver las operaciones aritméticas básicas y sobre todo, debe haber resuelto muchas veces las mismas combinaciones de números, practicando una y otra vez para que finalmente se almacenen en memoria a largo plazo dichas asociaciones entre operaciones y resultados.

De acuerdo al programa general de la SEP (1993), en los primeros tres años de primaria se adquiere el conocimiento de los números, sus relaciones y sus operaciones, por lo que para el cuarto año de primaria se espera que los niños hayan adquirido y consolidado el aprendizaje de operaciones aritméticas básicas, contando a esta edad con un amplio almacén de hechos aritméticos que recuperan automáticamente, economizando recursos cognitivos para emplearlos en tareas mucho más complejas como la solución de problemas aritméticos.

Sin embargo, los niños con dificultades en el aprendizaje de las matemática, no obstante la extensa práctica en la solución de operaciones aritméticas, no logran establecer estas asociaciones operación-resultado con la misma facilidad que sus pares, lo que pudo ser confirmado en nuestros resultados en los que los niños del Grupo Bajo presentaron un significativo peor rendimiento en la tarea de verificación de operaciones aritméticas con menor número de respuestas correctas y ejecución más lenta, confirmando lo reportado en la literatura respecto a que este es uno de los principales problemas de los niños con dificultades en el aprendizaje de las matemáticas (Geary, 1993; Geary y cols. 1999; Andersson, 2008).

Podría parecer simplista tratar de comprobar que los niños del grupo Bajo van a tener problemas con la recuperación de hechos aritméticos, cuando fueron seleccionados justamente con una prueba de matemáticas, sin embargo, la prueba WRAT-IV usada para ello, evalúa la solución de diferentes operaciones y problemas aritméticos pero sin límite de tiempo y los niños pueden hacer uso de lápiz y papel de solucionarlas de la manera que prefieran, de manera que no evalúa la automatización de la recuperación de estas asociaciones operación-resultado.

Adicionalmente, la confirmación de que el déficit que presentan los niños del grupo Bajo se encuentra en el almacenamiento-recuperación de los hechos aritméticos y no en el conocimiento de las operaciones, la obtuvimos al aplicar a los niños una tarea en la que se les pidió resolver algunas de las mismas operaciones usadas en la tarea experimental, pero esta vez sin límite de tiempo, los resultados mostraron que si estos niños tienen el tiempo suficiente podrán resolverlas, aunque haciendo uso de estrategias inmaduras para su edad como el conteo con los dedos (Geary, 1993), con el consiguiente consumo excesivo de tiempo y

recursos cognitivos. La dificultad marcada de los niños del grupo Bajo para resolver la tarea de verificación, parece radicar justamente en la imposibilidad de recuperar algunas de las asociaciones de manera automática lo que los lleva a cometer un error al evaluar el resultado que se les presenta, porque que no podría resolverla usando esas estrategias inmaduras ya que el tiempo del que disponían para responder era de apenas 2.2 segundos.

Siempre cabe preguntarse si existiría la posibilidad de que el bajo rendimiento de los niños se deba a falta de experiencia, a diferencias en los métodos de enseñanza, al hecho de provenir de un ambiente de pobreza que hubiese deprimido sus capacidades cognitivas, pero ese no es el caso de los niños de nuestra muestra de estudio ya que precisamente con la intención de minimizar el efecto de esas posibles variables extrañas, se seleccionó una muestra de niños de la misma edad, pertenecientes a la misma escuela privada de alto rendimiento académico, que fueron expuestos a las mismas técnicas de enseñanza-aprendizaje y que pertenecían a un nivel socioeconómico similar. De manera que es más plausible asumir que las dificultades que presentan estos niños tienen un origen neurobiológico que limita sus posibilidades de adquirir habilidades matemáticas acordes a su edad y grado académico.

Por el contrario, los niños de los grupos Alto y Medio no mostraron diferencias significativas en su rendimiento en la tarea experimental, alcanzando resultados muy similares, lo que sugiere que a esta edad los niños han alcanzado un cierto grado de especialización en la recuperación de hechos aritméticos que es independiente de su rendimiento general en matemáticas.

En la tarea de verificación de operaciones aritméticas se esperaba que los niños obtuvieran una mejor ejecución ante las multiplicaciones debido a la práctica intensa a que son sometidos para aprender las tablas de multiplicar, pero que debido a que no existen tablas de sumas y restar, y no se acostumbra aprender esas operaciones “de memoria” los niños obtendrían en estas últimas un peor rendimiento. Nuestros resultados no apoyaron esa hipótesis ya que no existieron diferencias en las respuestas correctas entre los tres tipos de operaciones básicas, en ninguno de los grupos, lo que sugiere que los niños se benefician de la experiencia repetida con las operaciones para almacenar también hechos aritméticos de suma y resta. Contrario a lo que cabría esperar, los niños presentaron significativo mayor tiempo de reacción ante las multiplicaciones, lo que podría señalar que son un poco más difíciles que las sumas y restas, al menos a esta edad, y que el proceso de automatización está aún en evolución dado que son las últimas asociaciones que han aprendido.

Respecto al tipo de resultado presentado en la tarea experimental, se planteó la hipótesis de que existiría un efecto de distancia numérica expresado en términos de mayor número de respuestas correctas y menores tiempos de reacción ante la presencia de resultados Incorrectos Lejanos del resultado correcto. La detección de este tipo de resultados Incorrectos obtuvo un ligero (no significativo) mayor número de respuestas correctas en los tres grupos de estudio, apoyando parcialmente al efecto de distancia numérica el cual establece que al comparar la magnitud de dos números, la eficiencia disminuye a medida que la distancia numérica entre los números es más cercana, por el contrario a mayor distancia numérica entre ellos mejor ejecución (Moyer y Landauer, 1967, en: Dehaene, Bossini y Giroux, 1993; Grune, Ullsperger, Mollé y Mecklinger, 1994; Szűcs, y Csépe, 2005). Los resultados mostraron que los tres grupos de estudio parecen ayudarse de la distancia entre el número recuperado de la memoria (el esperado) y el resultado incorrecto que se presenta, mostrando que a mayor

distancia numérica entre ellos se facilita la detección de la incongruencia. No obstante, este efecto de distancia numérica no se ve reflejado en el tiempo de reacción, ya que contrariamente a lo que se esperaba, los niños respondieron ligeramente más lento ante la presencia de resultados Incorrectos Lejanos con respecto de los Incorrectos Cercanos, aunque no se encontraron diferencias significativas en el tiempo de reacción entre estos.

La falta de un claro efecto de distancia numérica en nuestros resultados podría estar relacionada con la edad de los niños y la etapa de desarrollo en que se encuentra, si bien pueden recuperar de manera automática los hechos aritméticos, desde la memoria a largo plazo, la comparación entre esa recuperación y los resultados incongruentes presentados requiere de una decisión cognitiva, proceso que aún se encuentra en desarrollo. Esto parece confirmarse al encontrar que los niños respondieron más rápido ante operaciones con resultado *Correcto* pero cometieron más errores, lo cual por un lado podría ser el reflejo de la automatización del proceso de la recuperación de hechos aritméticos, ya que la detección rápida del resultado correcto permite una respuesta rápida pero por otro lado, tienen problemas con la comparación y la toma de decisiones que los lleva a presentar resultados más variables y cometer más errores.

Respecto del rendimiento entre los grupos, confirmamos que el grupo Bajo presentó un significativo menor número de respuestas correctas ante resultados correctos lo cual muestra que efectivamente, en los niños con dificultades en el aprendizaje de las matemáticas uno de sus principales problemas es que cuentan con un almacén de hechos aritméticos reducido, esto se vio reflejado en el empleo de un mayor tiempo de reacción para emitir su respuestas en la tarea experimental, lo que apoya la idea de la falta de automatización del proceso de recuperación del resultado y una ejecución lentificada.

Por otra parte, un aspecto importante de la presente investigación era confirma la existencia de una relación estrecha entre la Memoria de Trabajo y la recuperación de hechos aritméticos por lo que se aplicaron diversas pruebas de la Escala de Inteligencia para niños WISC-IV y de conciencia fonológica, la cual ha sido considerada como una habilidad que demanda recursos del módulo fonológico de la memoria de trabajo, por lo que guarda una estrecha relación con cualquier actividad que represente sostenimiento y manipulación de información verbal en la Memoria de Trabajo, la cual se ha señalado que tiene un papel crítico en el rendimiento en matemáticas y es deficiente en los niños con dificultades en el aprendizaje de las matemáticas, limitando sus posibilidades de desarrollar habilidades apropiadas a su edad (Adams y Hitch, 1998; Gathercole, Pickering, Knight y Stegmann, 2004; McLean y Hitch, 1999).

Memoria de trabajo verbal y rendimiento en matemáticas.

La recuperación de hechos aritméticos no puede considerarse como una habilidad que involucra procesamiento en memoria de trabajo en sentido estricto, es más bien el resultado de un proceso automático, pero para que llegue a ser automático es necesaria la participación de la memoria de trabajo en etapas más tempranas, donde se adquieren los conceptos de adición, sustracción y multiplicación, se aprenden los procedimientos para realizar operaciones aritméticas básicas y al mismo tiempo se empiezan a guardar en memoria las asociaciones frecuentes entre las operaciones y sus resultados, lo que permite al niños saber rápidamente cuál es el resultado de una operación sin que se deba “operar” realmente con los números,

liberando recursos para atender a otros procesos más complejos como la solución de problemas aritméticos.

Nuestros resultados confirman la hipótesis de una estrecha relación entre la habilidad para almacenar-recuperar hechos aritméticos de la memoria a largo plazo y la habilidad para procesar información en la memoria de trabajo, esto se demostró con correlaciones significativas entre el número de respuestas correctas de la tarea experimental y las tareas de conciencia fonológica e índice de memoria de trabajo del WISC-IV, apoyando lo que se ha reportado acerca de que ambos procesos están involucrados en el desarrollo de las habilidades de cálculo (Bull y Johnston, 1997; Geary, 1993; Hecht, Torgessen, Wagner y Rashotte, 2001). Los niños del grupo *Bajo* mostraron no sólo un rendimiento significativamente inferior en las tareas de conciencia fonológica, sino además marcada lentitud para ejecutarlas, haciendo evidente serias dificultades para manipular los sonidos del habla, a pesar de que para los niños de los otros grupos las tareas no representaron ningún problema. Esto apoya la hipótesis de que los niños con dificultades en el aprendizaje de las matemáticas presentan un déficit en la memoria de trabajo, lo que representa un déficit en el ejecutivo central relacionado con el procesamiento concurrente y el almacenamiento de información numérica y visual (Andersson y Lyxell, 2007). A diferencia de lo que pasa con los adultos, la capacidad para el almacenamiento temporal parece ser crítica no solo cuando los niños ejecutan sumas mentales sino también cuando realizan operaciones escritas. Una posible explicación para esta diferencia es que las habilidades matemáticas de los niños están menos automatizadas que en el adulto y como consecuencia requieren en mayor medida de un sistema cognitivo de almacenamiento que pueda sostener resultados parciales. Los niños mayores (no preescolares o de primer grado) se apoyan principalmente en estrategias de codificación verbal del módulo fonológico de la memoria de trabajo (Andersson y Lyxell, 2007).

Adicionalmente, la significativa correlación encontrada entre el rendimiento en la prueba WRAT-4, usada para la selección, con las tareas de memoria de trabajo brindan apoyo adicional a la existencia de una estrecha asociación entre el conocimiento matemático y las habilidades para manipular información en la memoria de trabajo verbal, particularmente la conciencia fonológica. Algunos autores han señalado que las diferencias individuales en el rendimiento en matemáticas y lectura está en las habilidades de procesamiento fonológico, que le permiten economizar recursos de memoria de trabajo dejándola libre para participar en procesos mucho más complejos (Solsona, 2004; Hech, 2001; Swanson y Sachse-Lee, 2001). Por lo tanto, la relación entre la lectura y las destrezas matemáticas podría establecerse a través de la demanda de la memoria de trabajo que ambos procesamientos requieren al ejecutar tareas de conocimiento fonológico y de cálculo matemático. La evaluación de conciencia fonológica empleada en este trabajo estuvo integrada por aquellas pruebas que en un estudio longitudinal mostraron tener mayor valor predictor del rendimiento en matemáticas en tercer grado (Amano, 2008), con los resultados de la presente investigación se confirma la existencia de una estrecha relación entre la conciencia fonológica y el rendimiento en matemáticas.

Un hallazgo adicional, que también ha sido reportado en la literatura (Geary y Hoard, 2001; Artigas-Pallares, 2002; Alarcón, DeFries, Light y Pennington, 1997) es la demostración de que los niños del grupo *Bajo* presentan capacidades cognitivas generales disminuidas, ya que encontramos un rendimiento inferior en todas las pruebas aplicadas en comparación a los niños de los grupos *Alto* y *Medio*, esta disminución de capacidades abarca desde el conocimiento verbal, habilidades ejecutivas de integración visoperceptual, solución de

problemas aritméticos y particularmente la memoria de trabajo, la cual se ha asociado estrechamente con el desarrollo de capacidades cognoscitivas generales.

9.2 Resultados electrofisiológicos

El objetivo inicial de este trabajo fue describir el curso temporal del procesamiento de la verificación de operaciones aritméticas sencillas, resueltas a través de la recuperación de hechos aritméticos en niños de cuarto grado con dificultades en el aprendizaje de las matemáticas, para alcanzar dicho objetivo se aplicó una tarea de verificación de operaciones aritméticas ante la cual asumimos que se llevaron a cabo las siguientes operaciones: los niños que ya contaban con un amplio almacén de hechos aritméticos (asociaciones entre operación-resultado) al percibir el primer estímulo que fue una operación (suma, resta o multiplicación) inmediatamente recuperaron el resultado de la memoria a largo plazo y fueron capaces de sostenerlo en memoria a corto plazo, generando una expectativa del número que debería aparecer en pantalla, es decir, esperaban un número específico y cuando se les presentó el segundo estímulo (resultado) lo compararon con el resultado previamente recuperado de la memoria y de manera inmediata *verificaron* que ese resultado era congruente con la operación, en ese momento ante la detección del estímulo esperado, dada su relevancia informativa, se originó una respuesta electrofisiológica caracterizada por la generación del componente **P300** de mayor amplitud en los niños pertenecientes a los grupos de *Medio* y *Alto* rendimiento en matemáticas. Esa asignación de relevancia informativa al resultado correcto pudo también deberse a que los niños pudieron haber considerado al resultado correcto como el target.

La mayor amplitud en P300 permite inferir las diferencias en el procesamiento de esta tarea entre los grupos *Alto* y *Medio* en comparación con el grupo *Bajo*, para quienes la tarea resultó más difícil conductualmente hablando, como lo confirma su significativo menor número de respuestas correctas en contraste con los otros dos grupos en los cuales, como ya se había mencionado en los datos conductuales, no se presentaron diferencias significativas en el rendimiento de la tarea.

La generación del componente P300 ante la detección de resultados correctos, parece reflejar electrofisiológicamente el grado de especialización en la recuperación de los hechos aritméticos para los grupos *Medio* y *Alto*, con un marcado incremento de voltaje ante la detección de un número específico que es esperado por el niño, posterior a la presentación de una operación aritmética. Se ha señalado que la amplitud de la P300 está influenciada por la cantidad de esfuerzo destinado a la ejecución de la tarea, por la dificultad de la tarea, por la cantidad de recursos de atención invertidos en ella, y por los parámetros del diseño experimental tales como la frecuencia del blanco o su relevancia informativa (Ducan-Johnson y Donchin, 1982), en el caso del presente estudio los resultados correctos representaron un estímulo altamente relevante ya que correspondían a lo esperado por el niño (un número específico recuperado de la memoria a largo plazo) y su aparición completaba a la perfección la asociación almacenada en memoria de la operación y su resultado (5 x 4, 20 20, ¡SÍ!), de modo que a mayor número de asociaciones *operación-resultado* almacenadas en memoria, se generaría un mayor número de potenciales con incremento de voltaje, que al promediarse derivarían en un claro componente P300 individual, el cual a su vez contribuiría al fortalecimiento del P300 grupal, cuya amplitud podría ser la evidencia electrofisiológica de la automatización en la recuperación de los hechos aritméticos. En contraste, en el grupo con rendimiento *Bajo*, en el que se observó una pobre modulación en la P300 como probable reflejo

electrofisiológico de la ausencia de automatización en la recuperación de hechos aritméticos, es probable que existiera un disminuido número de asociaciones *operación-resultado* almacenadas en la memoria y por ello ante algunas operaciones aritméticas el niño no pudiera recuperar automáticamente su resultado, debiendo esperar hasta que el número apareciera en pantalla para evaluar si correspondía o no con el resultado de la operación previa, llegando incluso a considerar alguno de los resultados correctos como incorrectos. Es importante recordar aquí que sólo se promediaron segmentos de EEG con respuestas correctas, por lo que la atenuación de la P300 en el grupo Bajo no puede ser debida a que el niño evaluara el resultado como incorrecto (lo cual generaría un componente diferente como veremos más adelante), sino que es más probable que lo evaluara como correcto pero sólo hasta el momento de su aparición, lo que podría atenuar la generación de la P300.

Dado que la amplitud del componente P300 ha sido asociado en la literatura a la detección en la relevancia de la información en la tarea a realizar y su latencia ha sido asociada al reflejo del tiempo de evaluación y categorización del estímulo (Donchin, 1979, en: Fabiani y cols., 2000), podríamos considerar, como establece Donchin (1981), que los potenciales obtenidos en esta tarea son manifestaciones de las actividades de “subrutinas” invocadas durante el procesamiento de información en el cerebro, por lo tanto el incremento de voltaje en la P300 ante resultados correctos, podría estar relacionado con el grado de especialización y automatización en la recuperación de hechos aritméticos, posterior a este componente la respuesta electrofisiológica ante resultados correctos regresa a nivel basal, es decir, una vez confirmada la presencia del target el sujeto no requiere continuar procesándolo, por lo que se prepara para esperar la presentación de un nuevo estímulo.

Nuestros resultados son acordes a lo encontrado por Pauli y cols. (1994) quienes reportaron la generación del componente P300 en regiones centro-parietales, ante la recuperación de hechos aritméticos en adultos, la cual fue interpretada como una señal de la recuperación automática de hechos aritméticos de las redes corticales que solo implican a regiones parietales, en la que la recuperación de la respuesta se da por medio de un acceso directo, más que por un procedimiento de cálculo consciente. Por otra parte, en un estudio realizado en el laboratorio de neurofisiología clínica, en el cual fue aplicada la misma tarea de verificación de operaciones aritméticas en adultos, también se reportó la generación del componente P300 ante los resultados de tipo correcto, con mayor amplitud en regiones parietales, el cual fue interpretado como la especialización en la categorización del estímulo (Gómez-Velázquez, González-Garrido, Altamirano, Ortiz, Zarabozo-Hurtado, 2009).

Adicionalmente, se observó un significativo incremento de voltaje en el hemisferio derecho en este componente, exclusivamente en el grupo Alto, apoyando la idea de la especialización en el proceso de recuperación de hechos aritméticos. Otra fuente adicional de apoyo para considerar a la amplitud de este componente como un reflejo de la especialización en la recuperación de hechos aritméticos, es la significativa correlación positiva encontrada entre el voltaje de P300 y el rendimiento en la tarea experimental, donde a mayor voltaje de P300 los niños tendieron a presentar un mayor número de respuestas correctas y viceversa.

La principal expectativa que se tenía respecto a los PREs era la generación de una negatividad asociada a la incongruente que se ha descrito en la literatura como una N400-like por su asociación con la N400 obtenida ante incongruencias semánticas, es decir, la expectativa formada por el niño ante la recuperación del hecho aritmético podía ser violada al presentarse un resultado incorrecto con la operación, esta detección de la violación a la

expectativa generó efectivamente una respuesta electrofisiológica caracterizada por una significativa mayor negatividad respecto de resultados correctos, en este componente no se observaron diferencias significativas entre los grupos debido probablemente a la gran variabilidad de respuestas entre los integrantes de estos, esta negatividad alcanza su máxima amplitud cerca de los 330ms en regiones fronto-centrales particularmente ante resultados incorrectos lejanos.

La generación de este componente ante resultados incorrectos parece reflejar la detección de la incongruencia en el resultado y dada su distribución topográfica fronto-central y su latencia, se asemeja a las características distintivas del componente **N200** (Folstein y Petten, 2008), cuya generación se ha reportado en la literatura en asociación a la violación de la expectativa del sujeto ante estímulos irrelevantes (Fabiani, Gratton y Coles, 2000). Por lo que este segundo componente negativo podría ser la respuesta electrofisiológica ante la incongruencia entre el resultado esperado y el resultado incorrecto presentado en la tarea experimental, el cual se asemeja a lo descrito en la literatura como violación a la expectativa del sujeto, ya que se ha descrito al N200 como la detección de un desajuste perceptual o de disparidad, como resultado de la comparación entre un estímulo presentado y la representación neural de un modelo en situaciones que presentan una discrepancia, es decir, este componente refleja la actividad eléctrica cerebral asociada a procesos cognitivos de verificación de la respuesta, identificación de errores o la detección de conflictos en la información (Kopp, Rist y Mattler, 1996; Falkenstein, Hoormann, Christ y Hohnsbein, 2000). También se ha reportado que la generación de este componente en regiones fronto-centrales se relaciona con el proceso de detección de desajustes de estímulos novedosos (Folstein y cols., 2008).

Nuestra hipótesis fue que en niños de cuarto grado de primaria, la detección de incongruencias generaría un componente negativo similar a lo que algunos autores reportan como N400-like en adultos, sin embargo, nuestros resultados demuestran que la detección de la incongruencia aritmética y violación a la expectativa en niños, es un procesamiento que se presenta mucho más temprano en el tiempo y que corresponde más a las características del componente N200, que aunque no se encontraron diferencias significativas entre los grupos, debido probablemente a la gran variabilidad de respuestas intragrupo, sí se observa de manera general una mayor negatividad ante los resultados incorrectos con respecto de los correctos. Esta idea también es apoyada con los resultados de un estudio aplicado a adultos en nuestro laboratorio en el cual también se reportó la generación de una negatividad temprana cerca de los 280 ms, en regiones fronto-centrales ante incongruencias aritméticas (Gómez-Velázquez y cols., 2009) por su parte Nuñez-Peña y Honrubia-Serrano (2004) reportaron también la generación de una negatividad entre los 250-300 ms ante violaciones aritméticas en adultos.

Las características de esta negatividad, cuya distribución es fronto-central en los grupos *Medio* y *Alto*, son distintas para el grupo *Bajo* ya que particularmente en Fz no muestra ninguna diferencia entre correctas e incorrectas, lo que reafirma nuestra idea de que en este grupo de niños no existe una clara automatización en la recuperación de hechos aritméticos por lo que la presencia de un resultado incorrecto no es del todo incongruente para ellos.

Finalmente, en nuestros resultados se observa un cambio positivo lento tardío considerado como un componente de la familia **P600**, el cual se generó sólo ante la presencia de resultados incorrectos, en este componente no se encontraron diferencias significativas entre los grupos, pero si existieron diferencias significativas entre las condiciones, mostrando

un incremento significativo de voltaje ante resultados incorrectos en comparación con los resultados correctos, tanto en incorrecto cercanos como en incorrecto lejanos. El componente P600 usualmente es generado ante violaciones sintácticas y es considerado en la literatura como el resultado de un segundo procesamiento que incluye un reanálisis o intento de reparación del error o de la estructura incorrecta (Friederici, Cramon y Kotz, 1999; Hahne y Friederici, 1999, 2002).

Posiblemente en nuestro caso es un intento de reparación o de comprobación de que un error se ha producido en la información presentada (resultado incorrecto de la operación), lo que genera un proceso de revaloración del error en la selección de la respuesta, generándose el componente P600 únicamente ante resultados incorrectos. El incremento de voltaje en P600, apoya la idea del efecto de distancia numérica ante la cual los niños son capaces de identificar un error en la información en un procesamiento más tardío, en el cuál incluso los niños pertenecientes al grupo *Bajo*, presentan la generación de este componente P600 ante resultados incorrectos lo que apoya la hipótesis de que se ayudan de la distancia numérica para decidir su respuesta ya que posiblemente no lograron recuperar el resultado de la operación, pero la presencia de un resultado incorrecto genera una duda y por lo tanto un intento de reanálisis de la información.

Adicionalmente, la presencia del componente P600 en una tarea que no es típicamente lingüística sino de verificación de operaciones aritméticas parece sustentar la teoría de que los hechos aritméticos son almacenados en un código verbal similar a las palabras, de acuerdo al modelo de Dehaene (1992), por lo que la revaloración del error se puede explicar en términos lingüísticos, ya que la recuperación de hechos aritméticos depende de un sistema de procesamiento general del lenguaje tal y como fue reportado en el trabajo de Nuñez-Peña y cols. (2004) quienes reportan la generación de una positividad tardía correspondiente al componente P600 en regiones centro-parietales ante violaciones de tipo aritmético cuya amplitud fue modulada de acuerdo a la dificultad de la tarea. Confirmamos que las operaciones aritméticas simples se resuelven por medio de una recuperación automática del resultado de un almacén de memoria de hechos aritméticos, el cual activa un circuito similar al del lenguaje y que su solución no involucra el cálculo en el sentido estricto.

En resumen, la percepción de los diferentes tipos de operaciones aritméticas genera una respuesta electrofisiológica muy similar entre los grupos que no refleja diferencias significativas entre ellos o entre las condiciones (tipo de respuesta presentada) lo que sugiere que no existe una respuesta electrofisiológica específica para cada uno de los diferentes tipos de operación (suma, resta y multiplicación), conductualmente esperábamos que las multiplicaciones pudieran tener un procesamiento más automatizado por la práctica repetida de las tablas de multiplicar y por ende generar componentes diferentes a los de las sumas y restas, lo que no pudo ser demostrado.

Los PREs obtenidos ante la realización de esta tarea son distintos en las diferentes etapas del procesamiento de la tarea y ante los diferentes tipos de resultados que le fueron presentados al niño, destaca el incremento en la amplitud de la P300 en función de la habilidad del niños para la recuperación de los hechos aritméticos y su asociación con el rendimiento en tareas de memoria de trabajo. Los análisis de amplitud y latencia reflejan las diferencias significativas estadísticamente ante los diferentes resultados en los componentes P300, N200 y P600, generados en una tarea de verificación de operaciones aritméticas.

Nuestros resultados confirman conductual y electrofisiológicamente que los niños con dificultades en el aprendizaje de las matemáticas presentan dificultades con el establecimiento de asociaciones entre operaciones aritméticas simples y sus resultados para almacenarlos en memoria a largo plazo y recuperarlos después de manera automática y sin esfuerzo. Algunos autores señalan que la recuperación de hechos aritméticos de la memoria a largo plazo, para su sostenimiento y operación con otra información, es una función específica del sistema ejecutivo central, el cual es responsable de coordinar, supervisar y controlar la secuenciación de los diferentes pasos en un procedimiento completo de cálculo (Fürst y Hitch, 2000; McLean y Hitch, 1999), el funcionamiento de este ejecutivo central y en particular el de la memoria de trabajo, también se ha considerado como la base de las dificultades en el aprendizaje de las matemáticas, por un déficit en el procesamiento concurrente y el almacenamiento de información numérica y visual (Andersson y Lyxell, 2007), además del hecho de que los niños al realizar operaciones o solucionar problemas aritméticos se apoyan principalmente en estrategias de codificación verbal del módulo fonológico de la memoria de trabajo (McKenzie, Bull y Gray, 2003; Rasmussen y Bisanz, 2005).

El rendimiento en tareas de memoria de trabajo fonológica o verbal se ha reportado como deficiente en los niños con dificultades en el aprendizaje de las matemáticas, por ello se incluyeron varias tareas de memoria de trabajo, los niños del grupo *Bajo* mostraron un peor rendimiento en este tipo de tareas, así mismo nuestros resultados mostraron que existe una altas correlaciones entre las pruebas de matemáticas, la tarea experimental y las pruebas de memoria de trabajo, lo cual confirma que los niños con dificultades en el aprendizaje de las matemáticas, estudiados en la presente investigación, presentan un déficit en el procesamiento de información en la memoria de trabajo verbal que parece influir en la habilidad de los niños para almacenar y recuperar de manera automática los hechos aritméticos, esta especialización o automatización de manera conjunta con la comprensión del valor posicional de los números, el sistema numérico base-10 y los principios de cálculo facilitan el desarrollo de habilidades matemáticas más complejas como el cálculo multidígitos y la solución de problemas matemáticos.

La comprensión de las dificultades subyacentes a los problemas en el aprendizaje de las matemáticas puede contribuir a mejorar los programas de enseñanza de las matemáticas que se aplican en las escuelas, así como de los programas de apoyo destinados a disminuir estos problemas, esperamos que los resultados de la presente investigación contribuyen un poco en este sentido y abonen con un granito de arena en el conocimiento del área.

10. CONCLUSIONES

- En una tarea de verificación de operaciones aritméticas, los componentes de los Potenciales Relacionados con Eventos generados ante la percepción de las diferentes operaciones aritméticas no difirieron entre éstas o entre los grupos. Conductualmente, no se pudo demostrar un mejor rendimiento en las multiplicaciones como se esperaba, ya que no hubo diferencias en el número de respuestas correctas entre los tipos de operación, solo en el tiempo de reacción ante resultados de *Sumas* y *Restas*, los niños respondieron más rápido que ante resultados de *Multiplicaciones*. Es posible afirmar la existencia de almacenamiento en memoria a largo plazo de hechos aritméticos para los tres tipos de operación: suma, resta y multiplicación.
- Existe una respuesta electrofisiológica distinta ante la detección de los diferentes tipos de resultados. El componente P300 ante resultados correctos mostró significativa mayor amplitud con respecto a los resultados Incorrectos, en los grupos con *Alto* y *Medio* rendimiento en matemáticas en comparación al grupo *Bajo*, este componente parece ser sensible a la especialización en la recuperación de hechos aritméticos dado su incremento de voltaje en el Grupo Alto y su significativa correlación con el rendimiento conductual de la tarea, particularmente en derivaciones del hemisferio derecho P4 y T6.
- La detección de la incongruencia aritmética en niños generada por la violación a la expectativa, es un procesamiento que se presenta mucho más temprano que la típica N400 semántica, que corresponde más las características del componente N200. Presenta una significativa mayor amplitud negativa ante la presencia de resultados incorrectos con respecto de los correctos, no se encontraron diferencias en el procesamiento entre grupos en este componente.
- Se encontró finalmente un componente tipo P600 de mayor amplitud ante resultados incorrectos con respecto de los correctos, no se pudieron demostrar diferencias entre los grupos en este componente, este componente podría considerarse como un reflejo de la reevaluación del error.
- Las operaciones que son seguidas de un resultado incorrecto lejano obtienen mayor número de respuestas correctas, apoyando parcialmente al efecto de distancia numérica, donde los tres grupos parecen ayudarse de la distancia entre los números para determinar si el resultado es correcto o no.
- El efecto de distancia numérica no se ve reflejado en el tiempo de reacción ya que los niños respondieron más rápido ante operaciones con resultado *Correcto* pero cometieron más errores ante éstos.
- Se confirma que los niños con dificultades en el aprendizaje de las matemáticas, presentan dificultades significativas en el almacenamiento-recuperación de hechos aritméticos.
- En los niños con rendimiento Medio y Alto no se encontraron diferencias en su rendimiento conductual en la tarea de verificación de operaciones aritméticas, lo que

sugiere que han alcanzado un nivel de automatización en el proceso que es independiente de su rendimiento general en matemáticas.

- Se corrobora la existencia de una asociación significativa entre la recuperación de hechos aritméticos, la Memoria de Trabajo y el rendimiento en matemáticas.
- Los niños con rendimiento Bajo en matemáticas presentan capacidades cognoscitivas generales significativamente disminuidas con respecto a los niños con rendimiento Medio y Alto, tanto en el nivel de conocimiento verbal, habilidades de ejecución, Memoria de trabajo y solución de problemas.

Referencias bibliográficas:

- Alarcon, M., DeFries, J. C., Light, J. G. & Pennington, B. (1997). A twin study of mathematics disability. *Journal of Learning Disabilities*, 30, 617-623.
- Adams J. W. & Hitch, G.J. (1998). Working memory and children's mental addition. *British Journal of Psychology*, 89, 77-101.
- Alcaraz, R.V. y Gumá, E. (2001). Texto de Neurociencias Cognitivas. Pp.222-225. Guadalajara, México D.F. Manual Moderno.
- Alloway, T. P., Gathercole, S. E., Adams, A., Willis, C., Eaglen, R. & Lamont, E. (2005). Working memory and phonological awareness as predictors of progress towards early learning goals at school entry. *The British Psychological Society*, 23, 417- 426.
- Andersson, U. & Lyxell, B. (2007). Working memory deficit in children with mathematical difficulties: a general or specific deficit? *Journal of Experimental Child Psychology* 96, 197-228.
- Andersson, U. (2008). Mathematical Competencies in Children with Different Types of Learning Difficulties. *Journal of Educational Psychology*. (100), 48-66.
- Amano, F. M. (2008). Tesis de maestría en Ciencia del Comportamiento (orientación Neurociencias): *Valor predictivo de la velocidad de denominación y las habilidades fonológicas sobre el aprendizaje de la lectura y las matemáticas*. Universidad de Guadalajara.
- Antell, S. A., & Keating, D. P. (1983). Perception of Numerical Invariance in Neonates. *Society for Research in Child Development*, 54, 695-701.
- Ardila, A., Rosselli, M, & Matute E. (2005). *Neuropsicología de los trastornos del aprendizaje*. pp. 49-59. Guadalajara, México D.F. Manual Moderno.
- Artigas-Pallares, J. (2002). Problemas asociados a la dislexia. *Revista de Neurología*, 34, 7- 13.
- Ashcraft, M. H. (1992). Cognitive arithmetic: a review of data and theory. *Cognition*, 44, 75-106
- Ashcraft, M., Kirk, E.P. & Hopko, D. (1998). On the cognitive consequences of mathematics. London: Routledge, p.23.
- Baddeley, A. D. & Hitch, G. (1974). *Working Memory*. In *The Psychology of Learning and Motivation*. En Bower, G.A. ed. Pp.48-79, Academic Press.
- Baddeley, A. D. (1986). *Working memory*. Oxford: Oxford University Press.
- Baddeley, A. D. (2000). The episodic buffer: a new component of working memory? *Trends in Cognitive Sciences*, 11, 417-423.
- Banks, W. P., Fujii, M., & Kayra S. (1976). Semantic congruity effects in comparative judgments of magnitudes of digits. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 2, 435-447.
- Berger, A., Tzur, G. y Posner, M. (2006). Infant brains detect arithmetic errors. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 103, 12649-12653.
- Bryant, D.P., Bryant, B. R. & Hammill, D.D. (2000). Characteristic Behaviors of Students with LD Who Have Teacher-Identified Math Weaknesses. *Journal of Learning Disabilities*, 33, 168-177.
- Bull, R., & Johnston, R. S. (1997). Children's arithmetical difficulties: Contributions from processing speed, item identification, and short-term memory. *Journal of Experimental Child Psychology*, 65, 1-24.
- Butterworth, B. (1999). *The mathematical brain*. London: MacMillan
- Butterworth, B., (2005). The development of arithmetical abilities. *Journal of Child Psychology and Psychiatry*, 46, 3-18.
- Campbell, J. (2005). *Handbook of Mathematical Cognition*. New York: Psychology Press.
- Carretié, A. (2001). *Psicofisiología*. Madrid, España. Ediciones Pirámide. Carrillo Gallego, María Soledad y Martín Serrano Javier (1996). Desarrollo metafonológico y adquisición de la lectura: un estudio. Centro de Investigación y Documentación Educativa. Madrid, pag. 50.
- Chinn, S. y Ashcroft, R. (2007). *Mathematics for dyslexics*. Third Edition. London, England. JonhWiley & Sons, Ltd.
- Cipolotti, L. (1995). Multiple routes for reading words, why not numbers? Evidence from a case of arabic numeral dyslexia. *Cognitive Neuropsychology*, 12, 313-342.

- Cochon, E., Cohen, L., van de Moortele, P.F., & Dehaene, S. (1999). Differential contributions of the left and right inferior parietal lobules to number processing. *Journal Cognitive Neurosciences*, 11, 617-630.
- Dehaene, S. (1992). Varieties of numerical abilities. *Cognition*, 44, 1-42.
- Dehaene S., Bossini, S., & Giraux, P. (1993). The Mental Representation of Parity and Number Magnitude. *Journal of Experimental Psychology*, 3, 371-396.
- Dehaene, S. (1997). *The Number Sense, How the Mind Creates Mathematics*. Oxford University Press.
- Dehaene, S. & Cohen, L. (1995). Towards an anatomical and functional model of number processing. *Cognitive Neuropsychology*, 20, 487-506.
- Dehaene, S., & Cohen, L. (1997). Cerebral Pathways for Calculation: Double Dissociation Between Rote Verbal and Quantitative Knowledge of Arithmetic. *Cortex*, 33, 219-250.
- Dehaene, S., Spelke, E., Pinel, P., Stanescu, R. & Tsivkin S. (1999). Sources of Mathematical Thinking: Behavioral and Brain-Imaging Evidence. *Science*, 284, 970-974.
- Dehaene, S. (2001). Précis of The Number Sense. *Mind & Language*, 16, 16-36.
- Dehaene, S., Piazza, M., Pine, P., & Cohen, L. (2003). Three Parietal Circuits for Number Processing. *Cognitive Neuropsychology*, 20, 487-506.
- Dehaene, S., Molko, N., Cohen, L, & Wilson, A.J. (2004). Arithmetic and the brain. *Current Opinion in Neurobiology*, 14, 218-224
- Delazer, M., & Benke, T. (1997). Arithmetic facts without meaning. *Cortex*. 33, 697-710.
- Delazer, M., Domahs, F., Bartha, I., Brenneis, C., Lochy, A., Tied, T., & Benke, T. (2003). Learning complex arithmetic - an fMRI study. *Learning, Cognitive Brain Research*, 18, 76- 88.
- Donchin, E., Ritter, W. & McCallum, W.C., (1978). *Cognitive psychophysiology: the endogenous component of the ERP*. Academic Press.
- Donchin, E. (1981). Surprise!... Surprise? *Psychophysiology*, 18, 493-513.
- Dragovich, M. (2004). A major revision of the Edinburgh Handedness Inventory. *Laterality: Asymmetries of Body, Brain and Cognition*, 9(4), 411 – 419.
- Duncan-Johnson, C. & Donchin, E. (1982). The P300 component of the event-related brain potential as an index of information processing. *Biological Psychology*, 14, 1-52.
- Fabiani, M., Gratton, G. & Coles, M. (2000). Event-Related brain potentials. In: Cacioppo, J., Tassinari, L. y Berntson, G. (Eds.). *Handbook of Psychophysiology*. 2nd. ed. (53-84). Cambridge: Cambridge University Press.
- Falkenstein, M., Hoormann, J., Christ S. & Hohnsbein J. (2000). ERP components on reaction errors and they functional significance : a tutorial. *BiolPsychol*, 51, 87-107.
- Feigenson, L., Dehaene, S., & Spelke, E. (2004). Core systems of number. *TRENDS in Cognitive Sciences*, 8.
- Friederici, D. Y., Cramon, V. & Kotz, S. A. (1999). Language related brain potentials in patients with cortical and subcortical left hemisphere lesions. *Brain*, 122, 1033-1047.
- Folstein, J. & Van Petten, C., (2008). Influence of cognitive control and mismatch on the N2 component of the ERP: a review. *Psychophysiology*, 45, 152-170.
- Fürst, A. J., & Hitch, G. J. (2000). Separate roles for executive and phonological components of Working Memory in mental arithmetic. *Memory & Cognition*, 28, 774–782.
- Gallistel, C. R. & Gelman, R. (1992). Preverbal and verbal counting and computation. *Cognition* 44, 43-74.
- Geary, D., & Brown, S. (1991). Cognitive Addition: Strategy Choice and Speed- of-Processing Differences in Gifted, Normal, and Mathematically Disabled Children. *Developmental Psychology*, 3, 398-406.
- Geary, D. (1993). Mathematical Disabilities: Cognitive, Neuropsychological, and Genetic Components. *Psychological Bulletin*, 114(2), 345-362.
- Geary, D., Hoard, M., & Hamson, C. (1999). Numerical and Arithmetical Cognition: Patterns of Functions and Deficits in Children at Risk for a Mathematical Disability. *Journal of Experimental Child Psychology*, 74, 213-239.
- Geary, D. C., & Hoard, M. K. (2001). Numerical and arithmetical deficit in learning disabled children: Relation to dyscalculia and dyslexia. *Aphasiology*, 15, 635-647.

- Gelman, R., & Gallistel, C.R. (1978). The child's understanding of number. Cambridge, MA: Harvard University Press.
- Gersten, R., Jordan, N., & Flojo, J. (2005). Early Identification and Interventions for Students with Mathematics Difficulties. *Journal of Learning Disabilities*, 38, 4, 292-304.
- Girelli, L., Lucangeli, D., & Butterworth, B. (2000). The development of automaticity in accessing number magnitude. *Journal of Experimental Child Psychology*, 76, 104-122.
- Gómez-Velázquez, F.R., González-Garrido, A.A., Altamirano, M., Ortiz, J., Zarabozo-Hurtado, D. The effect of numerical distance on ERP components elicited by numerical incongruencies in mental arithmetic operations. 49th Annual Meeting of the Society for Psychophysiological Research, October 21-24, 2009. Berlin, Germany. *Psychophysiology* 46 supp 1, S72-S73.
- Gunter, T.C. & Friederici, A. D. (1999). Concerning the automaticity of syntactic processing. *Psychophysiology*, 36, 126-137.
- Grune, K., Ullsperger, P., Mollé, M. & Mecklinger, A. (1994). Mental comparison of visually presented two-digit numbers: a P300 study. *International Journal of Psychophysiology*, 17, 47-56.
- Hahne, A. D., & Friederici, A. D. (1999). Electrophysiological evidence for two steps in syntactic analysis: early automatic and late controlled processes. *Journal Cognitive Neurosciences*, 11, 194-205.
- Hillyard, S. A., Vogel, E. K., & Luck, S. (1998). Sensory gain control (amplification) as a mechanism of selective attention: electrophysiological and neuroimaging evidence. *Philosophical Transactions of the Royal Society B*, 353, 1257-1270.
- Hecht, S., Torgessen, J. K., Wagner, R. & Rashotte, C. A. (2001). The Relation between Phonological Processing Abilities and Emerging Individual Differences in Mathematical Computation Skills: A Longitudinal Study from Second to Fifth Grades. *Journal of Experimental Child Psychology*, 79, 192-227.
- Issacs, E., Edmonds, C., Lucas, A., & Gadian, D. (2001). Calculation difficulties in children of very low birth weight. A neural correlate. *Brain*, 124, 1701-1707.
- Jost, K., Beinhoff, U., Hennighausen, E., & Rösler, F. (2004). Facts, rules, and strategies in single-digit multiplication: evidence from event-related brain potentials. *Cognitive Brain Research*, 20, 183-193.
- Jost, K., Hennighausen, E., & Rösler, F. (2004). Comparing arithmetic and semantic fact retrieval: Effects of problem size and sentence constraint on event-related brain potentials. *Psychophysiology*, 41, 46-59.
- Kadosh, R.C., Kadosh, K. C., Linden, D. E., Gevers, W., Berger, A., & Henik, A. (2007). The Brain Locus of Interaction between Number and Size: A Combined Functional Magnetic Resonance Imaging and Event-related Potential Study. *Journal of Cognitive Neurosciences*, 19, 957-970.
- Kaufman, E. L., Lord, M. W., Reese, T. W., & Volkman, J. (1949). The Discrimination of visual number. *The American Journal of Psychology*, 62, 498-525.
- Koop, B., Rist F. & Mattler, U. (1996). N200 in the flanker task as a neurobehavioral tool for investigating executive control. *Psychophysiology*, 33, 282-346.
- Kosc, L. (1970). Psychology and psychopathology of mathematical abilities. *Studies of Psychology*, 12: 159-162.
- Kosc, L. (1974). Developmental dyscalculia. *Journal of Learning Disabilities*, 7, 46- 59
- Kutas M., & Hillyard, S. A. (1983). Event-related brain potential to grammatical errors and semantic anomalies. *Memory & Cognition*, 11 (5), 539-550.
- Lemer, C., Dehaene, S., Spelke, E., & Cohen, L. (2003). Approximate quantities and exact number words: dissociable systems. *Neuropsychologia*, 41, 1942-1958.
- Luck, S. J., & Hillyard, S. A. (1994). Spatial filtering during visual search: Evidence from human electrophysiology. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 1000-1014.
- McKenzie, B., Bull, R., & Gray, C. (2003). The effects of phonological and visual-spatial interference on children's arithmetical performance. *Educational and Child Psychology*, 20, 93-108.
- McLean, J. F., & Hitch, G. J. (1999). Working memory impairments in children with specific arithmetic learning difficulties. *Journal of Experimental Child Psychology*, 74, 240-260.
- Manual Diagnóstico y Estadístico de los Trastornos Mentales. Texto revisado DSM-IV-TR* (2002). México, Editorial MASSON.

- Matute, E., Rosselli, M., Ardila, A. y Ostrosky, F. (2007). *Evaluación Neuropsicológica Infantil, ENI*. México: Manual Moderno.
- Menon, V., Mackenzie, K., Rivera, S., M., & Reiss, A. L. (2002). Prefrontal Cortex Involvement in Processing Incorrect Arithmetic Equations: Evidence From Event-Related fMRI. *Human Brain Mapping*, 16:119-130.
- Molko, N., Cachia, A., Riviére, De., Mangin, J., Bruandet, M. Bihan, D., Cohen, L., & Dehaene, S. (2003). Functional and Structural Alterations of the Intraparietal Sulcus in a Developmental Dyscalculia of Genetic Origin. *Neuron*, 40, 847-858.
- Moyer, R., S., & Landauer, T., K. (1967). Time required for judgments of numerical inequality. *Nature*, 215.
- Näätänen, R., & Picton, T., (1987). The N1 wave of the human electric and magnetic response to sound: a review and analysis of the component structure. *Psychophysiology*, 24, 375- 425.
- Näätänen, R. (1990). The role of attention in auditory information processing as revealed by event related potentials and other brain measures of cognitive function. *Behavioral and Brain Science*, 13, 201-288.
- Neideggen, M., Rösler, F., & Jost, K. (1999). Processing of incongruous mental calculation problems: Evidence for an arithmetic N400 effect. *Psychophysiology*, 36, 207-324.
- Núñez-Peña, M.I. & Honrubia-Serrano M. L. (2003). P600 related to rule violation in an arithmetic task. *Cognitive Brain Research*, 18, 130-141.
- Passolunghi, M., Ch., Vercelloni, B. & Schadee, H. (2007). The precursors of mathematics learning: Working memory, phonological ability and numerical competence. *Cognitive Development*. 22, 165-184.
- Pauli P., Lutzenberger W., Rau H., Birbaumer N., Rickard C., T., Yaroush R. A., & Bourne L., E. (1994). Brain potentials during mental arithmetic: effects of extensive practice and problem difficulty. *Cognitive Brain Research*, 2, 21-29.
- Pericola, C., Harris, K., & Graham, S., (1992), Improving the Mathematical Problem-Solving Skills of Students with Learning Disabilities. *The Journal of Special Education*, 26(1)1-19.
- Pinel, P., Dehaene, S., Riviere, D., & LeBihant (2001). Modulation of Parietal Activation by Semantic Distance in a Number Comparison Task. *NeuroImage*, 14, 1013 – 1026.
- Pinto, N. (2006). Tesis de maestría en Ciencia del comportamiento (orientación Neurociencias): *Características Neuropsicológicas de los niños con trastorno de cálculo*. Universidad de Guadalajara.
- Plan y programas de estudio. Educación básica. Primaria. (1993) Secretaría de Educación Pública, México, D. F.
- Rasmussen, C., & Bisanz, J. (2005). Representation and working memory in early arithmetic. *Journal of Experimental Child Psychology*, 91, 137–157.
- Riviera, S. M., Menon, V., White, C.D, Glaser, B., & Reiss, A.L. (2002). Functional Brain Activation During Arithmetic Processing in Females With Fragile X Syndrome Is Related to fMRI Protein Expression. *Human Brain Mapping*, 16, 206-218.
- Ritter, W. Simson, R., Vaughan, H. G., & Friedman, D. (1979). A brain event-related to the making of a sensory discrimination. *Science*, 203, 1358-1361.
- Rourke, B. P., & Conway, J. A. (1997). Disabilities of arithmetic and mathematical reasoning: Perspectives from neurology and neuropsychology. *Journal of Learning Disabilities*, 30, 34–46.
- Sattler, J.M. (1996). *Evaluación infantil*. México, D.F. Manual Moderno.
- Siegler, R.S., & Shrager, J. (1984). Strategy choices in addition and subtraction: How do children know what to do? In C. Sophian (Ed.): *The origins of cognitive skills*, 229-293.
- Simmons, F.R. & Singleton, C. (2007). Do Weak Phonological Representation Impact on Arithmetic Developmental? A Review of Research into Arithmetic and Dyslexia. *Dyslexia*, 14, 77-94.
- Solsona, J., Navarro, J. y Aguilar, M. (2006). Conocimiento lógico-matemático y conciencia fonológica en la educación infantil. *Revista de Educación*, 341, 781-802.
- Starkey, P., & Cooper, R. G, (1980). Perception of numbers by human infants. *Science*, 210, 1033-1035.

- Swanson, L. & Sachse-Lee, C. (2001). Mathematical Problem Solving and Working Memory in Children with Learning Disabilities: Both Executive and Phonological Processes Are Important. *Journal of Experimental Child Psychology*, 79, 294-321.
- Szűcs, D., & Csépe, V. (2005). The effect of numerical distance and stimulus probability on ERP components elicited by numerical incongruencies in mental addition. *Cognitive Brain Research*, 22, 289-300.
- Wagner, R. K., & Torgesen, J. K. (1987). The nature of phonological processing and its causal role in the acquisition of reading skills. *Psychological Bulletin*, 101, 192-212.
- Wang, Y., Kong, J., Tang, X., Zhuang, D., & Li Shunwei. (2000). Event-related potential N270 is elicited by mental conflict processing in human brain. *Neuroscience Letters*, 293, 17-20.
- Warrington, E. K., & Cipolotti, L. (1996). Word comprehension. The distinction between refractory and storage impairments. *Brain*, 119, 611-625.
- Wechsler, D. (2005). *Escala Wechsler de Inteligencia para Niños, WISC-IV*. México, Manual Moderno.
- Wilkinson, G., S., & Robertson, G., J. (2006). *Wide Range Achievement Test 4 (WRAT 4)*. Florida, Pearson.
- Wynn, K. (1992). Addition and subtraction by human infants. *Nature*, 358, 749-750.
- Xuan, D., Wagn, S., Yang, Y., Meng, P., Xu, F., Yang, W., Sheng, W., & Yang, Y. (2007). Age Difference in Numeral Recognition and Calculation: an Event- Related Potential Study. *Child Neuropsychology*, 13, 1-17.

ANEXOS

Anexo 1

Aplicación de la subprueba de cálculo matemático del WRAT 4

La subprueba de cálculo matemático está formada por dos secciones, la primera de ellas es un apartado de cálculo matemático oral, la cual contiene 15 ítems con actividades de conteo de cantidades, lectura de números, comparación de cantidades, y solución de problemas sencillos. La parte 2: Cálculo matemático escrito, que consiste en 40 ítems con habilidades de suma, resta, multiplicación, progresiones numéricas, conversión de fracciones, suma de fracciones, división, porcentaje, uso del punto decimal y solución de ecuaciones. La primer parte debe de ser administrada individualmente y requiere el tiempo necesario para dictar las cantidades y operaciones expresadas de forma oral. Para la parte 2 se establece un tiempo límite de 15 minutos, puede ser aplicada grupalmente. Para sujetos menores a 7 años, se aplica primero la parte 1 seguida de la parte 2, con quince minutos para responder. Para sujetos mayores a 8 años, se administra la parte 2 primero, después de 15 minutos se revisan las respuestas, si el participante no tuvo más de 5 respuestas correctas, se administra la parte 1.

Calificación

Se contabilizan las respuestas correctas, las cuales aportaran el Puntaje total crudo, para los participantes mayores a 8 años, que hayan obtenido más de tres respuestas correctas en la parte 2 se proporcionan 15 puntos correspondientes a la parte oral, los puntajes se registran en el apartado del cuadernillo de respuestas. Si es menor de 7 años se aplican ambas partes y se suman las puntuaciones de cada una y nos proporciona la una puntuación cruda, que requiere ser convertida a puntuación estandarizada que requiere ser convertida a puntuación estandarizada de acuerdo a las tablas presentadas en el apéndice C y D del manual de aplicación de acuerdo a la edad y el grado del grupo normativo.

Puntuaciones estándar

Las puntuaciones estándar para el WRAT 4 tienen una media de 100 y una desviación estándar de 15 para cada uno de los grupos normativos (por edad o grado) en el cual están basados. La siguiente tabla muestra los criterios de calificación de la prueba WRAT 4, mismos que utilizaremos para la selección de nuestra muestra, aquellos niños que se encuentren a 1.5 o más desviaciones estándar por debajo de la media los tomaremos como niños con dificultades en el aprendizaje de las matemáticas. Los criterios que maneja el WRAT 4 para sus puntuaciones estandarizadas de acuerdo a la curva de distribución normal son los siguientes: media; puntuación estandarizada de 90-109, por debajo de la media; puntuación estandarizada de 80 a 89, rendimiento bajo; puntuación estandarizada de 70 a 79, extremadamente bajo;

puntuación estandarizada inferior a 69. Las puntuaciones que se encuentran por arriba de la media; puntuación estandarizada de 110 a 119, Superior; puntuación estandarizada de 120 a 129 y Superior alto; de puntuación estandarizada de 130 en adelante.

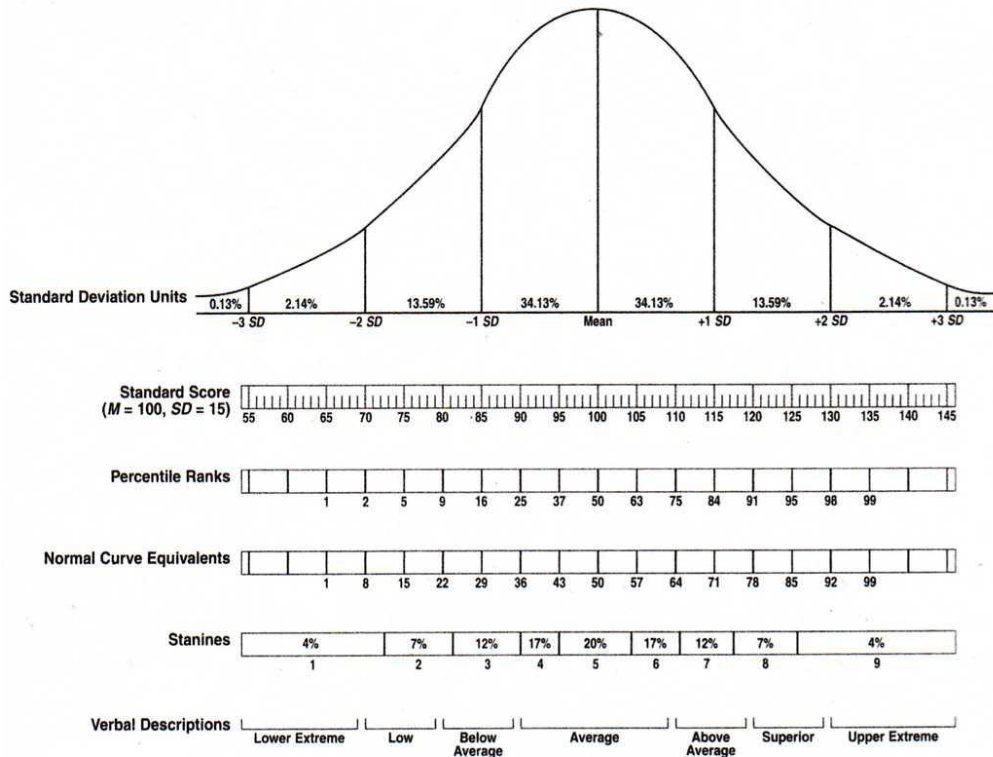


Figure 3.1. Relationship among WRAT4 derived scores in a normal distribution.

Table 3.1
Qualitative Performance Descriptions
Corresponding to Standard Score Ranges

Qualitative description	Standard Score range	Percentage of individuals in the theoretical normal curve	Approximate percentage of the WRAT4 normative sample ^a
Upper Extreme	130 and above	2	2
Superior	120-129	7	7
Above Average	110-119	16	15
Average	90-109	50	50
Below Average	80-89	16	15
Low	70-79	7	7
Lower Extreme	69 and below	2	2

^aPercentages do not add to 100 due to rounding.

Anexo 2. Formato de la subprueba de cálculo aritmético WRAT-4

WRAT₄

BLUE RESPONSE FORM

Datos personales y antecedentes

Fecha: _____

Nombre: _____

Edad: _____ Fecha de nacimiento: _____

Grado y grupo: _____ Sexo: _____ Teléfono: _____

Dirección: _____

Nombre de la madre (tutora): _____

Ocupación: _____

Nombre del padre (tutor): _____

Ocupación: _____

¿Con qué mano escribes?: _____

WR WIDE RANGE

COPYRIGHT © 1993, 2006 by WIDE RANGE, INC. All rights reserved.
9 8 7

Reorder # RO-5778

Published by:

PAR Psychological Assessment Resources, Inc.

16204 N. Florida Avenue - Lutz, FL 33549 • 1.800.331.8378 • www.parinc.com

Photocopying of this test is a violation of copyright law.

Printed in the U.S.A.

Estimación de cantidades

Instrucción: marca la fracción que corresponda al segmento sombreado del círculo.

<p>1.</p> <div style="display: flex; align-items: center; justify-content: center;"> <div style="display: flex; gap: 20px;"> $\frac{1}{4}$ $\frac{1}{2}$ $\frac{1}{8}$ </div> </div>	<p>2.</p> <div style="display: flex; align-items: center; justify-content: center;"> <div style="display: flex; gap: 20px;"> $\frac{2}{8}$ $\frac{1}{1}$ $\frac{3}{4}$ </div> </div>
<p>3.</p> <div style="display: flex; align-items: center; justify-content: center;"> <div style="display: flex; gap: 20px;"> $\frac{1}{8}$ $\frac{2}{2}$ $\frac{1}{4}$ </div> </div>	<p>4.</p> <div style="display: flex; align-items: center; justify-content: center;"> <div style="display: flex; gap: 20px;"> $\frac{2}{4}$ $\frac{1}{12}$ $\frac{6}{16}$ </div> </div>

Instrucción: marca la posición en la que creas que debe ir cada cantidad.

<p>5. 0.50</p> <div style="text-align: center; margin-top: 20px;"> </div>	<p>6. 0.10</p> <div style="text-align: center; margin-top: 20px;"> </div>
<p>7. 0.250</p> <div style="text-align: center; margin-top: 20px;"> </div>	<p>8. 0.090</p> <div style="text-align: center; margin-top: 20px;"> </div>

+=

Puntuación
Pasteles

Puntuación
Barras

Puntuación
Estimación de
cantidades

Subtest de Cálculo Matemático

Instrucción: resuelve y escribe la respuesta de las siguientes operaciones

<p>1.</p> $1 + 1 = \underline{\quad}$	<p>2.</p> $\begin{array}{r} - 5 \\ \underline{\quad} \\ 1 \end{array}$	<p>3. Escribe el número que falta:</p> <p>28, 29, <u> </u>, 31, 32</p>	<p>4.</p> $8 - 4 = \underline{\quad}$	<p>5.</p> $2 + 7 = \underline{\quad}$
<p>6.</p> $\begin{array}{r} + 9 \\ \underline{\quad} \\ 3 \end{array}$	<p>7.</p> $8 - \underline{\quad} = 5$	<p>8.</p> $\begin{array}{r} 32 \\ + 24 \\ \underline{\quad} \\ 40 \end{array}$	<p>9.</p> $\begin{array}{r} - 36 \\ \underline{\quad} \\ 15 \end{array}$	<p>10.</p> $3 \times 4 = \underline{\quad}$
<p>11.</p> $\begin{array}{r} + 68 \\ \underline{\quad} \\ 23 \end{array}$	<p>12.</p> $6 \div 2 = \underline{\quad}$	<p>13.</p> $\begin{array}{r} - 33 \\ \underline{\quad} \\ 17 \end{array}$	<p>14.</p> $\begin{array}{r} 229 \\ + 5,048 \\ \underline{\quad} \\ 63 \end{array}$	<p>15.</p> $\begin{array}{r} 17 \\ \times 4 \\ \hline \end{array}$
<p>16.</p> $\begin{array}{r} - 724 \\ \underline{\quad} \\ 597 \end{array}$	<p>17. Redondea el número 357 a la decena más cercana</p> <p>Respuesta: <u> </u></p>	<p>18.</p> $\frac{15}{5} = \underline{\quad}$	<p>19.</p> $\frac{1}{3} + \frac{1}{3} = \underline{\quad}$	<p>20.</p> $2\frac{1}{2} + 1\frac{1}{2} = \underline{\quad}$
<p>21. Encuentra el valor de x:</p> $31 + x = 50$ $x = \underline{\quad}$	<p>22.</p> $3 \overline{) 14}$	<p>23.</p> $4.73 \times 10 = \underline{\quad}$	<p>24.</p> $9 \overline{) 4527}$	<p>25.</p> $\begin{array}{r} 823 \\ \times 45 \\ \hline \end{array}$

Subtest de Cálculo Matemático

Instrucción: resuelve y escribe la respuesta de las siguientes operaciones

26. $\begin{array}{r} 38 \\ \times 2.4 \\ \hline \end{array}$	27. $2 - \underline{\hspace{2cm}} = \frac{1}{4}$	28. $\frac{1}{4} \times \frac{1}{2} = \underline{\hspace{2cm}}$	29. Encuentra el valor de n : $4n - 3 = 29$ $n = \underline{\hspace{2cm}}$	30. $\frac{2}{5}$ de 35 = $\underline{\hspace{2cm}}$
31. $.042 = \underline{\hspace{2cm}}\%$	32. Encuentra el valor de s : $\frac{25}{100} = \frac{s}{8}$ $s = \underline{\hspace{2cm}}$	33. $\begin{array}{r} 6.05 \\ \times 12.7 \\ \hline \end{array}$	34. 15% de 160 = Respuesta: $\underline{\hspace{2cm}}$	35. $\begin{array}{r} 6\frac{1}{4} \\ + 1\frac{5}{8} \\ \hline 4\frac{1}{2} \end{array}$
36. $27 \overline{)384}$	37. $\frac{3}{10} + \frac{3}{4} = \underline{\hspace{2cm}}$	38. $\begin{array}{r} 10\frac{1}{4} \\ - 7\frac{2}{3} \\ \hline \end{array}$	39. Convierte en fracción la cantidad. $.075 = \underline{\hspace{2cm}}$	40. Simplifica: $\frac{r^2 - 5r - 6}{r + 1}$ Respuesta: $\underline{\hspace{2cm}}$

<div style="border: 1px solid black; width: 40px; height: 40px; margin: 0 auto; margin-bottom: 5px;"></div> <p>Tiempo total</p>	<div style="border: 1px solid black; width: 40px; height: 40px; margin: 0 auto; margin-bottom: 5px;"></div> <p>Operaciones resueltas</p>
---	--

<div style="border: 1px solid black; width: 40px; height: 40px; margin: 0 auto; margin-bottom: 5px; display: flex; align-items: center; justify-content: center;"> /15 </div> <p>Puntuación Oral cruda</p>	$+$	<div style="border: 1px solid black; width: 40px; height: 40px; margin: 0 auto; margin-bottom: 5px; display: flex; align-items: center; justify-content: center;"> /40 </div> <p>Puntuación cálculo matemático</p>	$=$	<div style="border: 1px solid black; width: 40px; height: 40px; margin: 0 auto; margin-bottom: 5px; display: flex; align-items: center; justify-content: center;"> /55 </div> <p>Puntuación Total cruda</p>
---	-----	---	-----	--

Anexo 3. Cuestionario neurológico e inventario de manualidad.

**LABORATORIO DE NEUROFISIOLOGÍA CLÍNICA, INSTITUTO DE NEUROCIENCIAS
CUESTIONARIO NEUROLÓGICO**

NOMBRE: _____ **CODIGO:** _____
FECHA NAC: _____ **EDAD:** _____ **GRADO:** _____ **MANUALIDAD:** _____
TELÉFONOS: _____ **FECHA:** _____
CALIFICACIÓN GRADO ANTERIOR EN MATEMÁTICAS: _____ **EN ESPAÑOL:** _____

➤ **DESARROLLO:**

Considera que fue normal el desarrollo:
 Del lenguaje: _____
 Motor: _____
 Adaptación a la escuela: _____
 Ha recibido tratamiento de:
 Terapeuta de aprendizaje: _____
 Psicólogo: _____ Psiquiatra: _____
 Neurólogo: _____ Neurocirujano: _____
 Motivo: _____

➤ **ANTECEDENTES PATOLÓGICOS:**

- Al momento del nacimiento presentó hipoxia o ictericia: _____
 - Traumatismo cráneo-encefálico SI _____ NO _____ Edad al momento del evento: _____
 Pérdida de conciencia SI _____ NO _____ Duración: _____ Secuelas: _____
 - Cefalea SI _____ NO _____ Frecuencia: _____
 - Crisis convulsivas SI _____ NO _____ Frecuencia: _____ Tipo: _____
 Tratamiento: _____
 - ¿Toma actualmente algún medicamento?: SI _____ NO _____Cuál: _____
 Diagnóstico y tiempo de tratamiento: _____
 - ¿Necesita lentes, aparato para oír o tiene dificultad para mover o usar alguna de sus extremidades?: _____
 - ¿Algún familiar directo presentó en su infancia dificultades de aprendizaje o problemas de atención?: _____

INVENTARIO DE MANUALIDAD DE EDIMBURGO

	Siempre izquierda	Preferentemente izquierda	Sin preferencia	Preferentemente derecha	Siempre derecha
Escribir					
Lanzar un objeto					
Cortar con tijeras					
Lavarse los dientes					
Utilizar un cuchillo					
Comer con la cuchara					
Encender un cerillo					
Usar el mouse					

D - I / D + I) x 100 = _____ (± 50 ambidiestro)

Anexo 4. Conciencia fonológica.

BATERÍA DE HABILIDADES FONOLÓGICAS (Gómez-Velázquez, González-Garrido y Ruiz-Villeda) PROTOCOLO DE REGISTRO

NOMBRE: _____ EDAD: _____ FECHA: _____
 ESCUELA: _____ GRADO: _____ GRUPO: _____ TEL.: _____

Instrucción:

"Te voy a decir unas palabras. Escucha con atención y deletrea lo que yo diga". Ej. dame. d/a/m/e

DELETREO DE PALABRAS Y NO-PALABRAS			
Reactivos de prueba	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
1 mes			
2 luz			
3 feo			
4 masa			
5 pico			
6 dime			
7 sopa			
8 lobo			
9 nadie			
10 remo			
11 til			
12 creto			
13 sueta			
14 elja			
15 dorte			
16 supeto			
17 naros			
18 oprita			
19 labono			
20 tresan			
Tiempo:			
Total aciertos:			

Instrucción:

"si le quitas el primer sonido a la palabra mofe... ¿cuál es la palabra nueva?". Ejemplo: moie = ole.

SUPRESIÓN DE SONIDO INICIAL			
Reactivos de muestra			<input type="checkbox"/>
1 <u>p</u> ala		5 <u>p</u> asar	
		6 <u>t</u> arde	
2 <u>s</u> eco		7 <u>l</u> lama	
		8 <u>r</u> osa	
Reactivos de prueba	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
1 <u>c</u> una			
2 <u>p</u> aleta			
3 <u>t</u> omar			
4 <u>g</u> ola			
Tiempo:			
Total aciertos:			

Instrucción:

"Te voy a decir 4 letras. si las pones juntas dime qué palabra forman". (dar el nombre de la letra)
 Ejemplo: m / n / a / o = mano

SINTESIS FONOLÓGICA DE PALABRAS Y NO PALABRAS			
Reactivos	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
1 b <u>a</u> ño			
2 c <u>i</u> ne			
3 c <u>o</u> co			
4 t <u>o</u> po			
5 g <u>a</u> t <u>a</u>			
6 c <u>o</u> ra			
7 t <u>u</u> ra			
8 n <u>a</u> ño			
9 t <u>a</u> ta			
10 r <u>e</u> ña			
11 p <u>a</u> ru			
12 c <u>o</u> tu			
13 p <u>e</u> ñ <u>i</u>			
14 n <u>u</u> tu			
15 r <u>a</u> mu			
16 t <u>e</u> pio			
17 n <u>u</u> tro			
18 c <u>a</u> ñ <u>e</u>			
19 p <u>a</u> rte			
20 d <u>o</u> te			
Tiempo:			
Total aciertos:			

Instrucción:

"Escucha estas palabras, repítelas en orden inverso a como te las digo". Ejemplo: piedra, llave = llave, piedra.

MEMORIA DE TRABAJO 1 (palabras en orden inverso)			
Reactivos de muestra			<input type="checkbox"/>
1 niño, caro		5 árbol, flor, hoja	
2 mono, plátano, manzana		7 radio, reloj, rueda	
Reactivos de prueba	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
1 gata, bota			
2 pollo, cerdo			
3 lápiz, pincel			
4 mar, lluvia, viento			
5 sal, mai, chal			
6 luz, mes, dame, tío			
9 mas, dos, lio, paz			
10 gata, mula, rata, loba			
Tiempo:			
Retenidos en orden:			
Total aciertos:			

Anexo 5 WISC-IV Sucesión de letras y números

7. Sucesión de letras y números

VERSIÓN TRADUCIDA AL ESPAÑOL



Inicio
Edades 6-7: reactivos de verificación de aptitudes, reactivo muestra y después reactivo 1
Edades 8-16: reactivo muestra, luego reactivo 1



Discontinuación
Discontinúe si el niño no puede responder correctamente a cualquiera de los reactivos de verificación de aptitudes o después de puntuaciones de 0 en los tres ensayos completos de un reactivo.



Puntuación
Puntuación de 0 o 1 punto para cada ensayo

Reactivos de verificación de aptitudes		Respuesta correcta	Correcto
Enumeración	El niño cuenta hasta tres		S N
Abecedario	El niño dice el abecedario hasta la letra C		S N

Reactivo	Ensayo	Respuesta correcta	Respuesta al pie de la letra	Puntuación del ensayo	Puntuación del reactivo
M.	1. A - 2	2 - A	A - 2		
	2. B - 3	3 - B	B - 3		
1.	1. A - 3	3 - A	A - 3	0 1	0 1 2 3
	Si el niño responde A - 3, corríjalo de inmediato como se indica en el Manual.				
	2. B - 1	1 - B	B - 1	0 1	
2.	3. 2 - C	2 - C	C - 2	0 1	0 1 2 3
	1. C - 4	4 - C	C - 4	0 1	
	2. 5 - E	5 - E	E - 5	0 1	
3.	3. D - 3	3 - D	D - 3	0 1	0 1 2 3
	1. B - 1 - 2	1 - 2 - B	B - 1 - 2	0 1	
	2. 1 - 3 - C	1 - 3 - C	C - 1 - 3	0 1	
4.	3. 2 - A - 3	2 - 3 - A	A - 2 - 3	0 1	0 1 2 3
	1. D - 2 - 9	2 - 9 - D	D - 2 - 9	0 1	
	2. R - 5 - B	5 - B - R	B - R - 5	0 1	
5.	Si el niño responde 5 - R - B o R - B - 5 diga, Recuerda decir las letras en orden.				0 1 2 3
	3. H - 9 - K	9 - H - K	H - K - 9	0 1	
	1. 3 - E - 2	2 - 3 - E	E - 2 - 3	0 1	
6.	Si el niño responde 3 - 2 - E o E - 3 - 2 diga, Recuerda decir los números en orden.				0 1 2 3
	2. 9 - J - 4	4 - 9 - J	J - 4 - 9	0 1	
	3. B - 5 - F	5 - B - F	B - F - 5	0 1	
7.	1. 1 - C - 3 - J	1 - 3 - C - J	C - J - 1 - 3	0 1	0 1 2 3
	2. 5 - A - 2 - B	2 - 5 - A - B	A - B - 2 - 5	0 1	
	3. D - 8 - M - 1	1 - 8 - D - M	D - M - 1 - 8	0 1	
8.	1. 1 - B - 3 - G - 7	1 - 3 - 7 - B - G	B - G - 1 - 3 - 7	0 1	0 1 2 3
	2. 9 - V - 1 - T - 7	1 - 7 - 9 - T - V	T - V - 1 - 7 - 9	0 1	
	3. P - 3 - J - 1 - M	1 - 3 - J - M - P	J - M - P - 1 - 3	0 1	
9.	1. 1 - D - 4 - E - 9 - G	1 - 4 - 9 - D - E - G	D - E - G - 1 - 4 - 9	0 1	0 1 2 3
	2. H - 3 - B - 4 - F - 8	3 - 4 - 8 - B - F - H	B - F - H - 3 - 4 - 8	0 1	
	3. 7 - Q - 6 - M - 3 - Z	3 - 6 - 7 - M - Q - Z	M - Q - Z - 3 - 6 - 7	0 1	
10.	1. S - 3 - K - 4 - Y - 1 - G	1 - 3 - 4 - G - K - S - Y	G - K - S - Y - 1 - 3 - 4	0 1	0 1 2 3
	2. 7 - S - 9 - K - 1 - T - 6	1 - 6 - 7 - 9 - K - S - T	K - S - T - 1 - 6 - 7 - 9	0 1	
	3. L - 2 - J - 6 - Q - 3 - G	2 - 3 - 6 - G - J - L - Q	G - J - L - Q - 2 - 3 - 6	0 1	
10.	1. 4 - B - 8 - R - 1 - M - 7 - H	1 - 4 - 7 - 8 - B - H - M - R	B - H - M - R - 1 - 4 - 7 - 8	0 1	0 1 2 3
	2. J - 2 - U - 8 - A - 5 - C - 4	2 - 4 - 5 - 8 - A - C - J - U	A - C - J - U - 2 - 4 - 5 - 8	0 1	
	3. 6 - L - 1 - Z - 5 - H - 2 - W	1 - 2 - 5 - 6 - H - L - W - Z	H - L - W - Z - 1 - 2 - 5 - 6	0 1	

Puntuación natural total
(Máxima = 30)

Anexo 6. WISC-IV Aritmética.

13. Información

VERSIÓN TRADUCIDA AL ESPAÑOL



Inicio
Edades 6-8: reactivo 5
Edades 9-11: reactivo 10
Edades 12-16: reactivo 12



Inversión
Edades 6-16: puntuación de 0 en cualquiera de los dos primeros reactivos dados, aplique los reactivos en orden inverso hasta obtener dos puntuaciones consecutivas perfectas



Discontinuación
Después de 5 puntuaciones consecutivas de 0



Puntuación
Puntuación de 0 o 1 punto
Véase el Manual de aplicación para respuestas muestra

Reactivo	Respuesta	Puntuación
†1. Pie		0 1
†2. Nariz		0 1
3. Comida		0 1
*4. Orejas		0 1
5. Años		0 1
6. Patas		0 1
*7. Jueves		0 1
*8. Monedas		0 1
9. Marzo		0 1
10. Hierve		0 1
*11. Semana		0 1
*12. Estaciones		0 1
13. Docena		0 1
*14. Estómago		0 1
*15. Fósil		0 1
16. Colón		0 1
17. Mes		0 1

Reactivo	Respuesta	Puntuación
*18. Año		0 1
19. Oxígeno		0 1
*20. Oxidación		0 1
21. Jeroglíficos		0 1
*22. Población		0 1
23. Ozono		0 1
24. Hojas		0 1
25. Grecia		0 1
26. Barómetro		0 1
*27. Darwin		0 1
28. Confucio		0 1
29. Solsticio		0 1
30. Diamantes		0 1
*31. Londres		0 1
32. Fisión		0 1
*33. Trementina		0 1

† Si el niño no proporciona una respuesta de 1 punto, déle la respuesta indicada en el Manual de aplicación.

* Las respuestas que requieren interrogatorio específico se encuentran identificadas en el Manual de aplicación.

Puntuación natural total
(Máxima = 33)

14. Aritmética

(Límite de tiempo: 30")



Inicio
Edades 6-7: reactivo 3
Edades 8-9: reactivo 9
Edades 10-16: reactivo 12



Inversión
Edades 6-16: puntuación de 0 en cualquiera de los dos primeros reactivos dados, aplique los reactivos en orden inverso hasta obtener dos puntuaciones consecutivas perfectas



Discontinuación
Después de 4 puntuaciones consecutivas de 0



Puntuación
Puntuación de 0 o 1 punto

Reactivo	Respuesta correcta	Respuesta	Puntuación
†1. Pájaros	1, 2, 3		0 1
†2. Pollitos	1, 2, 3, 4, 5		0 1
†3. Árboles	1, 2, ..., 10		0 1
4. Mariposas	9		0 1
5. Nueces	2		0 1
6. Libros	4		0 1
7. Crayolas	5		0 1
8. Galletas	3		0 1
9. Pedazos	2		0 1
10. Pesos	6		0 1
11. Lápices	6		0 1
12. Caramelos	7		0 1

Reactivo	Respuesta correcta	Respuesta	Puntuación
13. Automóviles	15		0 1
14. Marcadores	14		0 1
15. Manzanas	9		0 1
16. Vacas	5		0 1
17. Calcomanías	25		0 1
18. Globos	7		0 1
19. Observación	6		0 1
20. Puntos	32		0 1
21. Listones	24		0 1
22. Plumas	20		0 1
23. Karate	19		0 1
24. Revistas	3		0 1

Reactivo	Respuesta correcta	Respuesta	Puntuación
25. Cambio	7		0 1
26. Salones de clases	20		0 1
27. Dinero	8.50		0 1
28. Manejo	60		0 1
29. Carpeta	30		0 1
30. Temperatura	3		0 1
31. Juego	34		0 1
32. Lavado de autos	48		0 1
33. Vuelo	2:00		0 1
34. Trabajo	40		0 1

Puntuación natural total
(Máxima = 38)

† Si el niño no proporciona una respuesta de 1 punto, déle la respuesta indicada en el Manual de aplicación.

* Las respuestas que requieren interrogatorio específico están indicadas en el Manual de administración.

Anexo 7. WISC-IV Diseño con cubos

1. Diseño con cubos

4 (Límite de tiempo: véase reactivo)

VERSION TRADUCIDA AL ESPAÑOL

Inicio
Edades 6-7: reactivo 1
Edades 8-16: reactivo 3



Inversión
Edades 8-16: puntuación de 0 o 1 en cualquiera de los dos primeros reactivos dados, aplique los reactivos anteriores en orden inverso hasta obtener dos puntuaciones consecutivas perfectas



Discontinuación
Después de 3 puntuaciones consecutivas de 0

1

Puntuación
Reactivos 1-3: puntuación de 0, 1 o 2 puntos
Reactivos 4-8: puntuación de 0 a 4 puntos
Reactivos 9-14: puntuación de 0 o la puntuación apropiada de bonificación por tiempo
DCSB
Reactivos 1-3: puntuación de 0, 1 o 2 puntos
Reactivos 4-14: puntuación de 0 o 4 puntos

Diseño	Método de presentación	Límite de tiempo	Tiempo de terminación	Diseño correcto	Diseño construido		Puntuación	
					Ensayo 1	Ensayo 2	Ensayo 2	Ensayo 1
1. Niño Examinador	Modelo	30"		S N			0 1 2	
2.	Modelo	45"		S N			0 1 2	
3.	Modelo y dibujo	45"		S N			0 1 2	
4.	Dibujo	45"		S N			0	4
5.	Dibujo	45"		S N			0	4
6.	Dibujo	75"		S N			0	4
7.	Dibujo	75"		S N			0	4
8.	Dibujo	75"		S N			0	4
9.	Dibujo	75"		S N			0	31-75: 4 21-30: 5 11-20: 6 1-10: 7
10.	Dibujo	75"		S N			0	31-75: 4 21-30: 5 11-20: 6 1-10: 7
11.	Dibujo	120"		S N			0	71-120: 4 51-70: 5 31-50: 6 1-30: 7
12.	Dibujo	120"		S N			0	71-120: 4 51-70: 5 31-50: 6 1-30: 7
13.	Dibujo	120"		S N			0	71-120: 4 51-70: 5 31-50: 6 1-30: 7
14.	Dibujo	120"		S N			0	71-120: 4 51-70: 5 31-50: 6 1-30: 7

Puntuación natural total
(Máxima = 68)

Diseño con cubos sin bonificación por tiempo (DCSB)

Puntuación natural total
(Máxima = 50)

Anexo 8. WISC-IV Retención de dígitos

2. Semejanzas

(continuación)

VERSIÓN TRADUCIDA AL ESPAÑOL

Discontinúe después de 5 puntuaciones consecutivas de 0

Reactivo	Puntuación
19. Sal-Agua	0 1 2
20. Venganza-Perdón	0 1 2
21. Permisos-Limitaciones	0 1 2
22. Realidad-Sueño	0 1 2
23. Espacio-Tiempo	0 1 2

Puntuación natural total
(Máxima = 44)

3. Retención de dígitos



Inicio
Edades 6-16:
Orden directo: reactivo 1
Orden inverso: reactivo
muestra, después reactivo 1



Discontinúación
Orden directo: Después de
puntuaciones de 0 en ambos
ensayos de un reactivo
Orden inverso: Después de
puntuaciones de 0 en ambos
ensayos de un reactivo

1

Puntuación
Puntuación de 0 o 1 para cada ensayo
RDD & RDIL
Puntuación natural total para RD en orden directo e inverso,
respectivamente
RDDL & RDIL
Número de dígitos recordados en el último ensayo calificado
con 1 punto para RD en orden directo e inverso,
respectivamente

Orden directo Ensayo	Respuesta	Puntuación del ensayo	Puntuación del reactivo
1.	2-9	0 1	0 1 2
	4-6	0 1	
2.	3-8-6	0 1	0 1 2
	6-1-2	0 1	
3.	3-4-1-7	0 1	0 1 2
	6-1-5-8	0 1	
4.	8-4-2-3-9	0 1	0 1 2
	5-2-1-8-6	0 1	
5.	3-8-9-1-7-4	0 1	0 1 2
	7-9-6-4-8-3	0 1	
6.	5-1-7-4-2-3-8	0 1	0 1 2
	9-8-5-2-1-6-3	0 1	
7.	1-8-4-5-9-7-6-3	0 1	0 1 2
	2-9-7-6-3-1-5-4	0 1	
8.	5-3-8-7-1-2-4-6-9	0 1	0 1 2
	4-2-6-9-1-7-8-3-5	0 1	

Orden inverso Ensayo	Respuesta	Puntuación del ensayo	Puntuación del reactivo
M.	8-2		
	5-6		
1.	2-1	0 1	0 1 2
	1-3	0 1	
2.	3-5	0 1	0 1 2
	6-4	0 1	
3.	5-7-4	0 1	0 1 2
	2-5-9	0 1	
4.	7-2-9-6	0 1	0 1 2
	8-4-9-3	0 1	
5.	4-1-3-5-7	0 1	0 1 2
	9-7-8-5-2	0 1	
6.	1-6-5-2-9-8	0 1	0 1 2
	3-6-7-1-9-4	0 1	
7.	8-5-9-2-3-4-6	0 1	0 1 2
	4-5-7-9-2-8-1	0 1	
8.	6-9-1-7-3-2-5-8	0 1	0 1 2
	3-1-7-9-5-4-8-2	0 1	

RDDL
Máxima=(9)

Retención de dígitos en orden directo (RDD)
Puntuación natural total
(Máxima = 16)

RDIL
Máxima=(8)

Retención de dígitos en orden inverso (RDI)
Puntuación natural total
(Máxima = 16)

Puntuación natural total
(Máxima = 32)

Anexo 9. WISC-IV Vocabulario

6. Vocabulario

VERSIÓN TRADUCIDA AL ESPAÑOL



Inicio
Edades 6-8: reactivo 5
Edades 9-11: reactivo 7
Edades 12-16: reactivo 9



Inversión
Edades 6-16: puntuación de 0 o 1 en cualquiera de los dos primeros reactivos dados, aplique los reactivos anteriores en orden inverso hasta obtener dos puntuaciones consecutivas perfectas



Discontinuación
Después de 5 puntuaciones consecutivas de 0



Puntuación
Reactivos 1-4: puntuación de 0 o 1 punto
Reactivos 5-36: puntuación de 0, 1 o 2 puntos
Véase el Manual de aplicación para respuestas muestra

Reactivo	Respuesta	Puntuación
Reactivos con dibujos		
1. Coche (auto; automóvil)		0 1
2. Flor		0 1
3. Tren (ferrocarril)		0 1
4. Cubeta (bañe)		0 1
Reactivos verbales		
†5. Reloj		0 1 2
†6. Sombrero		0 1 2
7. Sombrilla		0 1 2
8. Vaca		0 1 2
9. Bicicleta		0 1 2
10. Abecedario		0 1 2
*11. Dejar		0 1 2
12. Valiente		0 1 2
13. Ladrón		0 1 2
14. Obedecer		0 1 2
15. Isla		0 1 2
16. Latoso		0 1 2
17. Disparate		0 1 2

† Si el niño no proporciona una respuesta de 2 puntos, déle la respuesta indicada en el Manual de aplicación.

* Las respuestas que requieren interrogatorio específico se encuentran identificadas en el Manual de aplicación.

Continúa →

6. Vocabulario

(continuación)

VERSIÓN TRADUCIDA AL ESPAÑOL

Discontinúe después de 5 puntuaciones consecutivas de 0

Reactivo	Respuesta	Puntuación		
18. Antiguo		0	1	2
19. Parodiar		0	1	2
20. Absorber		0	1	2
21. Fábula		0	1	2
22. Migrar		0	1	2
*23. Preciso		0	1	2
24. Transparente		0	1	2
25. Infrecuente		0	1	2
26. Rivalidad		0	1	2
27. Arduo		0	1	2
28. Previsión		0	1	2
29. Unánime		0	1	2
30. Enmienda		0	1	2
31. Apremiar		0	1	2
*32. Aflicción		0	1	2
*33. Inminente		0	1	2
34. Aberración		0	1	2
35. Locuaz		0	1	2
36. Dilatorio		0	1	2

* Las respuestas que requieren interrogatorio específico se encuentran identificadas en el Manual de aplicación.

Puntuación natural total
(Máxima = 68)

Anexo 10. Tareas de procesamiento numérico de la ENI (matute y cols., 2007).

TAREAS DE PROCESAMIENTO NUMÉRICO DE LA ENI (Matute y cols., 2007)

Nombre: _____ fecha: _____

Comparación de números			
Tarjeta 1		PUNTAJE	
1	De todas las cantidades ¿Cuál es mayor? (310)	1	0
2	¿Cuál es menor? (13)	1	0
3	¿Cuál es mayor: 103 o 301? (301)	1	0
4	¿Cuál es menor: 310 o 130? (130)	1	0
Tarjeta 2			
5	De todas las cantidades ¿Cuál es mayor? (9100)	1	0
6	¿Cuál es menor? (1009)	1	0
7	¿Cuál es mayor: 1090 o 9010? (9010)	1	0
8	¿Cuál es menor: 1900 o 9100? (1900)	1	0
Total (8):			

Lectura de números			
NUMEROS		PUNTAJE	
1	2	1	0
2	6	1	0
3	18	1	0
4	263	1	0
5	5003	1	0
6	70049	1	0
7	930116	1	0
8	402005	1	0
Total (8):			

Dictado de cantidades			
NUMEROS		PUNTAJE	
1	1	1	0
2	7	1	0
3	61	1	0
4	235	1	0
5	8037	1	0
6	42001	1	0
7	100013	1	0
8	6050010	1	0
Total (8):			

Anexo 11. Evaluación de operaciones aritméticas sin límite de tiempo

EVALUACION DE OPERACIONES ARITMÉTICAS
LABORATORIO DE NEUROFISIOLOGIA CLÍNICA, INSTITUTO DE NEUROCIENCIAS

NOMBRE: _____ FECHA: _____
 CÓDIGO _____ EDAD: _____ GRUPO: _____

Resuelva las siguientes operaciones:

1	9 - 2 =	
2	4 + 9 =	
3	5 x 6 =	
4	7 - 5 =	
5	8 x 3 =	
6	8 + 5 =	
7	9 x 4 =	
8	9 - 6 =	
9	7 x 4 =	
10	6 x 3 =	
11	8 4 = 12	
12	6 3 = 18	
13	9 5 = 4	
14	7 2 = 14	
15	4 5 = 9	
16	2 + 2 + 3 =	
17	8 - 2 - 5 =	
18	4 + 6 - 3 =	
19	9 - 7 + 6 =	
20	5 + 8 - 4 =	

Aciertos	Errores

Anexo 12.

Diseño de los estímulos y montaje del paradigma.

Para el diseño de los estímulos se creó una lista que contiene las 160 operaciones de un dígito; 60 sumas, 60 restas y 60 multiplicaciones, cada una con un resultados (*Correcto, Incongruente cercano o Incongruente lejano*) distribuidas en tres bloques con 60 operaciones cada una. Balanceados de tal forma que existan igual número de sumas, restas y multiplicaciones, así como resultados Correctos, Incongruentes cercanos e Incorrectos Lejanos para cada tipo de operación, estos estímulos fueron montados en el programa MindTracer 2.0. En la siguiente lista de estímulos se muestra su distribución en cada uno de los bloques:

BLOQUE 1			BLOQUE 2			BLOQUE 3		
Operación	Resultado	Condición	Operación	Resultado	Condición	Operación	Resultado	Condición
6-2	3	5	5+2	7	1	9-3	6	4
5+5	12	2	4X2	7	8	4X5	22	8
6-5	3	5	8-6	2	4	2+5	7	1
5x8	40	7	6-2	4	4	5-2	3	4
4X3	19	9	5-4	10	6	8-3	5	4
8-4	2	5	9+3	12	1	3+9	12	1
9x4	34	8	6-3	2	5	2X3	7	8
3X4	10	8	4+7	2	3	5x9	47	8
3+3	6	1	2x8	17	8	5+6	19	3
7X4	37	9	8-7	9	6	4x9	29	9
5X4	29	9	3-2	3	5	9x2	25	9
7-3	12	6	8-5	3	4	7-4	3	4
7+5	12	1	9-4	13	6	4-3	2	5
7-5	11	6	6+2	8	1	4+6	2	3
9-5	3	5	2+7	18	3	3+2	13	3
4+8	10	2	4+5	11	2	5+5	10	1
9-5	4	4	8X4	32	7	4-3	10	6
8-2	15	6	6X2	21	9	3+6	9	1
9-7	2	4	5x7	27	9	3X3	9	7
3X2	13	9	2+6	7	2	4x7	28	7
4+9	5	3	7-6	9	6	7-2	13	6
2+9	13	2	6x3	10	9	2X2	4	7
7-5	4	5	3-2	1	4	5-4	3	5
8+3	2	3	9-6	3	4	5-2	11	6
4+4	8	1	3+8	19	3	8-5	1	5
4x5	11	9	8-3	14	6	6X5	21	9
2x8	16	7	4+6	9	2	4+7	11	1
6+3	9	1	7X5	35	7	9-7	10	6
3X5	7	9	9+4	11	2	9-6	3	4
4-2	11	6	8-4	12	6	3+4	5	2
5X2	10	7	3x2	6	7	9-2	5	5
7-3	2	5	2x6	11	8	7-6	2	5

2X7	5	9	8x3	17	9	3+5	16	3
3+2	5	1	3X9	27	7	5+6	10	2
8X5	42	8	5+4	9	1	6X3	18	7
6-4	2	4	7-2	4	5	9x5	37	9
6+4	8	2	6+5	2	3	8-7	2	5
8+2	9	2	9-6	4	5	2+3	6	2
5x6	39	9	6-5	1	4	2+8	10	1
7+2	9	1	5+9	16	2	9-8	3	5
3X7	23	8	3+7	11	2	6-3	3	4
9-3	5	5	8+5	15	2	3+4	16	3
5x3	15	7	2X4	17	9	5+4	17	3
5-3	10	6	9-8	1	4	6x2	13	8
3x4	19	9	7x3	23	8	5X5	25	7
5X6	28	8	4x6	23	8	7-4	12	6
2x5	10	7	8-6	11	6	5+7	4	3
4X4	16	7	9+2	3	3	3X8	17	9
9+5	6	3	9-2	7	4	6X4	22	8
3x6	18	7	6+4	2	3	5+8	13	1
7-4	1	5	5+3	9	2	8+4	12	1
7+3	11	2	6-3	12	6	6+3	7	2
4x8	30	8	2+4	15	3	9x3	27	7
4+5	9	1	7x2	13	8	4-2	3	5
4+3	16	3	9-4	5	4	7X2	14	7
7+4	19	3	5X3	16	8	5-3	2	4
6+2	17	3	2+2	4	1	7x5	35	7
8-2	6	4	2x9	18	7	3+3	7	2
2x9	19	8	4X6	33	9	4+2	5	2
8X2	15	8	6-4	10	6	8-5	12	6

UNIVERSIDAD DE GUADALAJARA
CENTRO UNIVERSITARIO DE CIENCIAS
BIOLÓGICAS Y AGROPECUARIAS

INSTITUTO DE NEUROCIENCIAS

COMITÉ DE ÉTICA

DICTAMEN DEL COMITÉ DE ÉTICA AL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

Recuperación de hechos aritméticos a través de los potenciales relacionados con eventos en niños con dificultades en el aprendizaje de las matemáticas.

CON NÚMERO DE REGISTRO ET122009-77

RESPONSABLE Fabiola R. Gómez Velázquez.

NOMBRE DEL ALUMNO Minerva Altamirano Ríos

APROBADO SIN MODIFICACIONES

RECHAZADO

SUGERENCIAS: _____

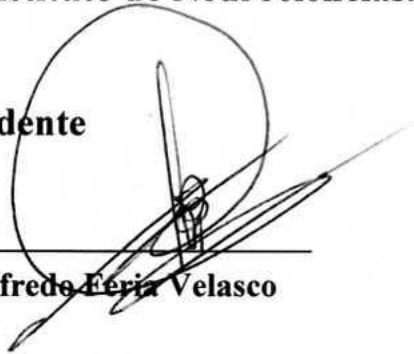
RECHAZADO DEBIDO A: _____

En caso de haber sido evaluado con sugerencias, se requiere someter a re-evaluación el proyecto de investigación, en primera instancia, al comité tutelar y posteriormente al Comité de Ética en un lapso máximo de 2 semanas a partir de esta fecha.

Se emite el presente DICTAMEN el día 15 de marzo del 2010, firmando los integrantes del Comité de Ética

del Instituto de Neurociencias.

Presidente



Dr. Alfredo Feria Velasco

Secretaria



Dra. Marisela Hernández González

Vocales:



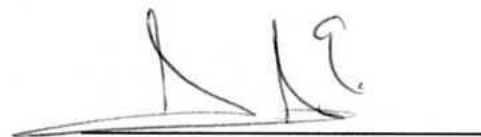
Dr. Jacinto Bañuelos Pineda



Dr. Luis Francisco Cerdán Sánchez



Dr. Andrés A. González Garrido



Dr. Jorge Juárez González

Ccp. Comité Tutelar correspondiente.