

UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO DE QUITO

COLEGIO DE POSTGRADOS

ESTUDIO DEL ENTRENAMIENTO DE LAS FUNCIONES EJECUTIVAS Y EL  
DESEMPEÑO DE LA RESTA

Por

María Luz Turriaga Eguiguren

Tesis de grado presentada para el cumplimiento parcial de los requisitos de graduación de  
Maestría en Educación

Quito, Ecuador

12/11/2012

UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO DE QUITO

COLEGIO DE POSGRADOS

HOJA DE APROBACIÓN DE TESIS

ESTUDIO DEL ENTRENAMIENTO DE LAS FUNCIONES EJECUTIVAS Y EL  
DESEMPEÑO DE LA RESTA

Por

María Luz Turriaga Eguiguren

Nascira Ramia, Ed.D.  
Directora de Maestría en Educación

.....*Nascira Ramia*.....

Santiago Castellanos, Ph.D.  
Miembro del Comité

.....*Santiago Castellanos*.....

María Dolores Lasso, M.Ed.  
Miembro del Comité

.....*María Dolores Lasso*.....

Nascira Ramia, Ed.D.  
Directora de la Maestría en Educación

.....*Nascira Ramia*.....

Carmen Fernández-Salvador, Ph.D.  
Decana del Colegio de Ciencias  
Sociales y Humanidades

.....*Carmen Fernández-Salvador*.....

Víctor Viteri, Ph.D.  
Decano de Posgrados

.....*Víctor Viteri*.....

Quito, 12 de Diciembre del 2012

**© PÁGINA DERECHOS DE AUTOR**

María Luz Turriaga

## **DEDICATORIA**

A mis hijos María Luz, Bernarda, Pedro José y a mi preciosa nieta Julia.

## **AGRADECIMIENTOS**

A mis alumnos que me han enseñado todo lo que sé sobre cómo enseñar.

## RESUMEN

Los promedios de bajo rendimiento en matemática sugieren que existe la presencia de un problema en la enseñanza-aprendizaje de los niños en la escuela ecuatoriana. Este estudio pretendió determinar el impacto que tiene el entrenamiento en funciones ejecutivas a través del programa *La carrera de los números* en el aprendizaje de la resta. Se llevó a cabo una investigación cuasi-experimental con 50 niños de ocho años, divididos en dos grupos. A los dos grupos se les aplicó el test ENFEN, que mide las funciones ejecutivas, antes y después del entrenamiento. Solo con el primer grupo se llevó a cabo el entrenamiento. Éste se enfocó en ayudar a los niños a actualizar los conocimientos previos sobre la resta, fortalecer la habilidad de cambiar de estrategia para encontrar la diferencia entre dos números e inhibirse de dar una respuesta apresurada a un problema matemático. El resultado en el desempeño de los niños intervenidos fue de casi un punto sobre veinte más en el examen final que el resultado obtenido por los niños del grupo de control. El grupo intervenido mostró un 20% más de velocidad al restar, la distancia entre los números que comparaban se redujo un 17% y mejoraron en el nivel de complejidad en la ejecución de la resta. El presente trabajo no pudo evidenciar diferencias significativas en la medición de funciones ejecutivas entre los grupos de estudio. Se infiere que el impacto no fue significativo debido a que seis semanas resulta un tiempo reducido de intervención para lograr cambios neuronales.

*Palabras claves:* funciones ejecutivas, sinapsis neuronal, intervención.

## ABSTRACT

Scores in mathematics suggest there is a problem in the teaching-learning methods for kids in Ecuador. This study tries to determine the impact that training in executive functions with the program *The number race* has on children. A quasi-experimental study was performed with 50 eight-year-old children, divided in two groups. All of them were tested with ENFEN, which measures the executive functions, before and after training. The intervention focused in helping children refresh their knowledge about subtraction (updated), teaching them the skills necessary to change the strategy to find the difference between two numbers (shifting), and learn not to give a rushed answer to a mathematical problem (inhibition). The results show that kids of the study group had improved more than one point over twenty on the final exam. They were able to subtract 20 percent faster. Also, the ability comparing numbers was more effective, and they improved the level of complexity in their subtraction execution. The study was not able to evidence significant differences in the measures of executive functions. We can also infer that the impact was not significant due to the fact that six weeks are a reduced time of training for neuronal changes to happen.

*Key words:* executive functions, neuronal synapsis, intervention.

## TABLA DE CONTENIDO

RESUMEN .....	4
ABSTRACT .....	5
TABLAS.....	8
FIGURAS .....	9
CAPÍTULO 1: INTRODUCCIÓN AL PROBLEMA .....	10
Antecedentes .....	10
Problema .....	11
Hipótesis .....	13
Pregunta de investigación .....	14
Contexto y marco teórico.....	14
Definición de términos .....	15
Presunciones del autor .....	16
Supuestos del estudio.....	17
CAPÍTULO 2: REVISIÓN DE LITERATURA .....	19
Géneros incluidos en la revisión .....	19
Pasos incluidos en la revisión de literatura.....	19
Formato de la revisión de literatura por temas .....	20
Funciones ejecutivas. ....	21
Funciones ejecutivas de la corteza frontal como parte del sistema nervioso humano. ....	24
Aprendizaje.....	30
El aprendizaje y la relación con las funciones ejecutivas.....	30
Funciones ejecutivas y el aprendizaje de la matemática. ....	32
Teoría del triple código.....	35
Teoría del triple código y la aplicación a la resta. ....	37
Aprendizaje de la resta con metodología Dominio de aprender. ....	39
El programa La carrera de los números. ....	42
CAPÍTULO 3: METODOLOGÍA Y DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN .....	46
Justificación y diseño de investigación.....	47
Esquema de diseño.....	48
Herramientas de investigación .....	49
Instrumento de evaluación de pre y postest.....	49
Instrumento de intervención. ....	51
Procedimiento de intervención. ....	52
Descripción de los participantes y muestreo.....	53
Número, género y nivel socioeconómico. ....	53

Características especiales relacionadas con este estudio.....	54
Fuentes y recolección de datos.....	55
Manejo de datos.....	57
CAPÍTULO 4: ANÁLISIS DE DATOS .....	58
Detalles del análisis .....	58
Análisis de pretest de funciones ejecutivas. ....	59
Actualización.....	61
Cambio de Estrategia.....	64
Inhibición.....	67
Nivel madurativo de los estudiantes. ....	71
Análisis del entrenamiento con <i>La carrera de los números</i> .....	75
Datos generales sobre el entrenamiento. ....	75
Evaluación de la representación simbólica y no simbólica en el programa. ....	77
Evaluación de las destrezas globales con <i>La carrera de los números</i> .....	79
Análisis del examen trimestral del tercer trimestre año 2011-2012. ....	81
Resultados definitivos de estudio .....	84
Relación del entrenamiento con <i>La carrera de los números</i> en las funciones ejecutivas y el desempeño en el área numérica. ....	89
Importancia del estudio.....	91
Resumen de los sesgos del autor .....	92
CAPITULO 5: CONCLUSIONES .....	93
Respuesta a la pregunta de investigación .....	93
Limitaciones del estudio .....	95
Recomendaciones .....	97
Resumen general .....	100
REFERENCIAS.....	101
ANEXO A: APROBACIÓN DEL ESTUDIO POR EL COMITÉ DE BIOÉTICA.....	105
ANEXO B: TEST ENFEN.....	106
ANEXO C: TABLA DE CONVERSIÓN DE PUNTUACIÓN A DECATIPO: OCHO AÑOS .....	107
ANEXO D: CONSENTIMIENTO INFORMADO .....	108
ANEXO E: RESUMEN GENERAL DE DATOS CARRERA DE LOS NÚMEROS .....	113

## TABLAS

Tabla 1. Grupos de entrenamiento y control. Pretest. Actualización.....	62
Tabla 2. Grupos de entrenamiento y control. Pretest. Cambio de estrategia.....	65
Tabla 3. Grupos de entrenamiento y control. Pretest. Inhibición. ....	69
Tabla 4. Funciones ejecutivas en promedio.....	72
Tabla 5. Análisis de varianza de un factor. Pretest. Funciones ejecutivas. ....	72
Tabla 6. Datos de notas del examen trimestral. ....	82
Tabla 7. Análisis de varianza de un factor. Notas del examen trimestral ....	83
Tabla 8. Cuadro comparativo de funciones ejecutivas pre y postest .....	85
Tabla 9. Datos prueba t para el grupo de entrenamiento.....	86
Tabla 10. Datos prueba t para el grupo de control. ....	87
Tabla 11. Promedio de funciones ejecutivas en postest.....	88
Tabla 12. Prueba ANOVA en postest .....	89

## FIGURAS

Figura 1. Temas de la revisión de la literatura.....	20
Figura 2. Redes de asociación del cerebro humano. Fuente: Imagen parcialmente adaptada por autora de imagen original tomada de Purves et al., 2008.....	25
Figura 3. Capas de la corteza cerebral. Fuente: Purves et al., 2008.....	28
Figura 4. Teoría del triple código. Fuente: Dehaene, 2010 en Sousa, 2010.....	35
Figura 5. Flujograma del proceso de investigación. ....	48
Figura 6. Esquema de recolección de datos de la prueba ENFEN .....	60
Figura 7. Resultados Pretest de Actualización. ....	63
Figura 8. Resultados Pretest de Cambio de estrategia. ....	66
Figura 9. Resultados Pretest de Inhibición. ....	70
Figura 10. Comparación entre grupo de estudio y de control en funciones ejecutivas.....	73
Figura 11. Relación entre juegos ganados y perdidos por semana. ....	76
Figura 12. Comparación de evaluación entre lo simbólico y no simbólico. ....	78
Figura 13. Espacio de aprendizaje. X representa la distancia numérica en la representación de dos cantidades, Z velocidad y automatización en la representación de la cantidad, Y complejidad conceptual. ....	79
Figura 14. Comparación de las notas del examen trimestral de los dos grupos .....	83
Figura 15. Nivel madurativo de los niños después del entrenamiento. Promedio de las tres funciones ejecutivas. ....	85
Figura 16. Relación entre variable independiente y dependiente. Grupo de entrenamiento. ....	90

## CAPÍTULO 1: INTRODUCCIÓN AL PROBLEMA

### Antecedentes

Los participantes en el Foro Mundial de Educación en Dakar, celebrado en el año 2000, identificaron varios elementos importantes que influyen en la calidad de la educación básica: niños bien alimentados y motivados, maestros bien formados que utilicen técnicas activas, infraestructura y materiales adecuados al medio, escuelas acogedoras, planes de estudio pertinentes y adecuados al entorno, así como también una definición clara de las políticas educativas y una evaluación precisa de los resultados del aprendizaje (UNESCO, 2009). Lograr que los niños de un país completen la educación básica y lleguen a la educación secundaria posiblemente es y ha sido tarea de todos los gobiernos (UNESCO, 2009). Hasta hace poco, el seguimiento de la calidad en la educación era medir los recursos económicos que se invertían en ella. Ahora esto ha cambiado, se busca medir el proceso y los resultados del aprendizaje (UNESCO, 2009).

Según el informe *Educación para Todos* de la UNESCO, publicado en 2009, el propósito final de la educación es proporcionar el conocimiento y las competencias que le permitan al niño y al joven participar en la vida social, económica y política de su país. Una educación de calidad mide los resultados de aprendizaje en lenguaje, como primera lengua, y en matemáticas. Permanentemente las organizaciones internacionales y nacionales están evaluando estas dos áreas para analizar los logros en el aprendizaje. Es muy esporádico el análisis de los logros en ciencias (UNESCO, 2009).

Los logros, medidos a través de pruebas estandarizadas, más relevantes y que llaman la atención en matemáticas se pueden encontrar por ejemplo en Pakistán. En este país dos tercios de los niños de tercer grado (siete a ocho años) son incapaces de restar con tres dígitos (UNESCO, 2009). Una encuesta reciente en Asia Menor reveló que sólo el 48% de los niños de educación básica sabían restar y dividir (UNESCO, 2009). Otra evaluación reciente en la

que participaron 20000 niños indios indica que estos carecían de competencias básicas de lectura, escritura y aritmética (UNESCO, 2009). El informe de la UNESCO del 2009 indica que parece ser que los casos de la India y Pakistán no son la excepción sino la regla.

La información que publica la Fundación Ecuador y el Grupo Faro en su Informe del Progreso Educativo en el Ecuador del 2010 señala que el promedio en matemáticas obtenido por los estudiantes de tercero de básica en las pruebas APRENDO (tomadas entre 1996 y el 2007) es de ocho sobre veinte. Este preocupante promedio a nivel nacional quiere decir que el promedio de los estudiantes entre siete y ocho años no alcanza ni la mitad de los conocimientos impartidos. Una similar situación reporta el mismo informe sobre las pruebas SER tomadas en 2008. En esta evaluación se puede apreciar que un 30% de los estudiantes obtuvo un evaluación de insuficiente en sus conocimientos de matemáticas (PREAL, 2010). Estas cifras no son nada motivadoras dado que el trabajo en educación es arduo y permanente.

### **Problema**

Dehaene (1997) en un estudio, muy a fondo, del problema del desarrollo del sentido numérico en los niños dice que es penoso ver en la escuela inicial básica dedicar mucho esfuerzo a los conceptos abstractos y a la memorización rutinaria. Estos dos aspectos del ámbito escolar, continúa diciendo el mismo autor, estancan el desarrollo del substrato numérico instintivo y con ello la adquisición de nuevos conceptos. La adquisición de nuevos conceptos matemáticos en los niños se vuelve más compleja ya que se coarta la intuición que es lo que soporta el sentido numérico en el ser humano. Así el fracaso escolar es un escenario asegurado (Dehaene, 1997, citado en Fernández-Bravo y Sánchez- Huete, 2003).

Tomando en cuenta lo mencionado anteriormente la realidad del niño ecuatoriano no es distinta a esta situación. El bajo rendimiento en matemáticas a nivel nacional indica un déficit en el proceso de enseñanza-aprendizaje. Estos datos hacen pensar que existe un

problema, también a este nivel, en el área de matemáticas en la educación básica. Los maestros no pueden estar ajenos a esta situación siendo que es un problema compartido entre profesores y alumnos. Tanto a nivel mundial como nacional se nota que los niños muestran mayor debilidad en la resta y en la división que en la suma y la multiplicación (Chamorro, 2005; UNESCO, 2009).

Es necesario recalcar, como dice José Antonio Fernández -Bravo (2005), que la matemática es una actividad mental que usa como instrumento el razonamiento, y su aprendizaje requiere de la comprensión de estructuras básicas que se plasman en procesos concretos. Los procesos para enseñar matemáticas son diferentes a las de las otras ciencias y habrá que considerar algunos aspectos característicos de la materia como la precisión y la rigurosidad, haciendo una distinción clara entre lo esencial y lo accidental (Fernández-Bravo et al., 2003).

Por otro lado, los problemas de aprendizaje de matemáticas en niños pequeños tienen que ver con el nivel madurativo y su desempeño personal en las actividades que les propone el educador. En niños que no han sufrido lesión del sistema nervioso, muchas veces se presenta un retraso madurativo o disfunción cerebral ligera que puede reflejarse en un déficit cognitivo. La neuropsicología es la ciencia encargada de estudiar el desarrollo madurativo del cerebro de los humanos como cimiento necesario para lograr un aprendizaje escolar exitoso. Los aprendizajes y los procesos cognitivos del intelecto están estrechamente vinculados con el funcionamiento cerebral y con las redes neuronales a nivel de las cortezas de asociación en todos los lóbulos del cerebro (Portellano, Martínez y Zumárraga, 2009).

La cognición se logra a través de un proceso básico que es la sinapsis o conexión neuronal y la plasticidad cerebral, ambas desarrolladas en las cortezas de asociación del encéfalo humano. La corteza de mayor importancia para cumplir con el aprendizaje es la corteza de asociación prefrontal. A esta región del cerebro se la conoce como el órgano

director de la actividad mental o el disco duro de la computadora cerebral. De allí la importancia de evaluar, diagnosticar e intervenir para mejorar el desempeño de los estudiantes en el aula escolar (Portellano et al., 2009). Por otro lado se debe enseñar matemáticas con el objetivo de conseguir un aprendizaje que permita claridad de conceptos y relaciones fuertes entre ellos así como razonamiento correcto. Aspectos esenciales para que un niño pueda operar con números, en especial, cuando está restando (Fernández-Bravo et al., 2003).

En Ecuador, se ha enseñado, por años, a restar de manera mecánica sin comprender la operación. Se ha enseñado a restar haciendo una disociación entre el proceso para restar y la real diferencia entre dos números, dejando a un lado la comprensión del número para operar de forma abstracta con cifras sin contextualización real. (Repeto, Linskens, Fesquet, 2002).

### **Hipótesis**

Se puede presumir que la causa del bajo rendimiento en matemáticas está tanto en los maestros como en los alumnos. Los maestros no conocen cómo funciona el cerebro del niño y desconocen cuáles son las verdaderas fortalezas y debilidades de sus alumnos (Levine, 2003; Tokuhama-Espinosa, 2011). Los maestros deben conocer a fondo cómo el niño llega al conocimiento, cuáles son los límites de atención y sus fortalezas en cuanto al desarrollo de las funciones ejecutivas y memorísticas (Levine, 2003; Posner y Rothbart, 2007). Además la planificación que hacen de sus clases, en muchos casos, es impuesta por el sistema y no contempla actividades que permitan al estudiante desarrollar su sentido numérico ni tampoco ir aprendiendo progresivamente de acuerdo a su desarrollo madurativo (Chamorro, 2005; Dehaene, 2003).

Por otra parte, los alumnos para aprender matemáticas necesitan desarrollar habilidades de orden superior (Tokuhama-Espinosa, 2011). Para lograrlo deben aplicar sus conocimientos en actividades que impliquen procesos de abstracción exigentes y reales (Pirie,

1989). Deben usar sus funciones ejecutivas en actualizar sus conocimientos, cambiar de estrategia e inhibirse de dar respuestas apresuradas (Van der Ven, 2011).

La hipótesis de solución del bajo rendimiento en matemáticas de los niños ecuatorianos se puede presumir que está en el entrenamiento que los niños reciben en el área numérica. Con una metodología adecuada a la edad y características del niño, el entrenamiento puede provocar en los niños de ocho años un mayor desarrollo ejecutivo y mayor capacidad matemática para restar. Estos dos aspectos, juntos, pueden aportar significativamente al logro de mejores resultados en el momento de evaluar a niños pequeños en el área numérica. Todas estas premisas permitirán hacernos la pregunta que es motivo del presente trabajo de investigación.

### **Pregunta de investigación**

¿Cómo y hasta qué punto el entrenamiento con el programa *La carrera de los números* tiene impacto en el nivel madurativo de las funciones ejecutivas y en el desempeño matemático en la resta de los niños de ocho años de una escuela privada en Quito?

### **Contexto y marco teórico**

Esta investigación utilizará como marco teórico los estudios acerca de la Mente, Cerebro y Educación (MCE). Esta ciencia se encarga de estudiar las características y el funcionamiento del cerebro del niño, sus emociones y el aprendizaje (Tokuhama-Espinosa, 2011). Los conocimientos de pedagogía, psicología y neurociencia no se superponen sino que se suman. Las investigaciones y hallazgos de las tres ciencias colaboran en el avance científico de manera conjunta; y, trabajando colaborativamente las tres ciencias ponen sus conocimientos y teorías para llegar al centro del proceso de aprendizaje y comprender el mismo en todas sus dimensiones. De ninguna manera prioriza los conocimientos de una de ellas sobre las otras; sino que las utiliza conjuntamente en el análisis de los avances de la

pedagogía, la psicología y la neurología para obtener resultados y ofrecer soluciones (Tokuhamas-Espinosa, 2011).

Dentro del contexto de la neurociencia y la psicología se enfocará este estudio en la teoría de atención y comportamiento de Michael Posner y Mel Levine, y más específicamente en la funciones ejecutivas de actualización, cambio de estrategia e inhibición como las funciones que tienen más relación en el aprendizaje de las matemáticas (Van der Ven, 2011). Actualizar es la función que permite al niño volver sobre la información anterior ya conocida, cambiar es poder ir y venir sobre las tareas con el uso de diferentes estrategias e inhibirse es la capacidad del niño para detenerse un momento antes de dar una respuesta acelerada (Van der Ven, 2011).

Por la estrecha relación que tiene la *Teoría del triple código* de Stanislas Dehaene (2010) con las funciones ejecutivas y con el aprendizaje, éste es el enfoque que se plantea esta investigación. Esta teoría plantea que el ser humano, cuando usa números, necesita hacer tres representaciones mentales: una verbal, otra de cantidad y otra simbólica. De esta forma el niño puede llegar a un real conocimiento de la matemática (Dehaene, 2010). Así quedaría completo el marco teórico del presente trabajo de investigación con un enfoque en MCE.

### **Definición de términos**

MCE: Son los estudios acerca de la mente, el cerebro y la educación. Es una disciplina científica que contesta de manera no convencional los problemas educativos analizados más ampliamente desde tres perspectivas diferentes pero a la vez complementarias: la neurociencia, la psicología y la pedagogía (Tokuhamas-Espinosa, 2011).

Atención: Según Posner (2007) la atención es un complejo sistema de redes neuronales del cerebro humano. Estas redes se las encuentra en prácticamente todo el cerebro y cumplen con las funciones de estado de alerta (red de alerta), respuesta sensitiva

(red de orientación) y respuesta frente a las tareas (red ejecutoria). La atención junto con la memoria son la base del aprendizaje (Posner et al., 2007).

**Memoria:** Benfenati (2007) describe a la memoria como el proceso que percibe los estímulos del exterior, los guarda como información a corto plazo, y transforma la información relevante o importante en memoria a largo plazo. En este proceso el desvanecimiento (olvido) y consolidación son importantes y mantienen un equilibrio permitiendo que la memoria funcione satisfactoriamente (Benfenati, 2007).

**Redes neuronales:** Son un complejo sistema de conexiones de la corteza y subcorteza encefálica que permiten circuitos complejos en los que intervienen varias partes del cerebro que se involucran y logran que se realice una función específica (Braunwald, Fauci, Hauser, Jameson, Kasper y Loscalzo, 2010).

**Función ejecutiva:** Es una de las redes neuronales de la atención que manifiesta el comportamiento voluntario. Le permite a la persona anticiparse a eventos o acciones, seleccionar la mejor opción antes de empezar una tarea, hacer una tarea con velocidad apropiada y utilizar una experiencia anterior para guiar la nueva. Se desarrolla en algunas áreas del cerebro como el cíngulo anterior, la corteza lateral prefrontal y el ganglio basal. El neuroregulador que actúa sobre la función ejecutiva es la dopamina (Posner et al., 2007).

**Sinapsis:** Es la capacidad que tienen las neuronas para transmitir información química y eléctrica, formando de esa manera circuitos y redes neurales dentro del sistema nervioso humano (Purves, Augustine y Fitzpatrick, 2008).

### **Presunciones del autor**

El autor presumió que al entrenar a niños de ocho años con un software, éstos mejorarían su desempeño matemático. Este entrenamiento tiene dos componentes: funciones ejecutivas y resta. Los dos grupos, motivo del estudio, se presume que están en las mismas condiciones socioeconómicas y de aprendizaje, lo que permitirá contrastar al grupo de

entrenamiento con el de control. El grupo entrenado, presumiblemente, tendrá mejor desempeño en la ejecución de la resta después del tiempo estipulado, comparado con los resultados de las evaluaciones aplicadas al grupo de control. Así mismo, el grupo bajo entrenamiento mejorará su nivel madurativo en las funciones ejecutivas cotejado con el nivel del otro grupo.

### **Supuestos del estudio**

La autora supone que los niños participantes en esta investigación conocen la resta y pueden operar con ella. Además pueden usar un software para niños ya que cuentan con las destrezas y los conocimientos necesarios para usar un computador y ejecutar juegos computarizados con efectividad.

Se supone, además, que todos los participantes han cursado por lo menos dos años de escolarización formal. La muestra refleja a la población media de los niños de ocho años que están escolarizados porque se supone que todos los participantes han cursado su escolarización cumpliendo los planes y programas oficiales de educación del Ecuador al igual que cualquier niño ecuatoriano de ocho años que asiste regularmente a la escuela. Finalmente se supone que, un niño de ocho años para ser promovido al curso inmediato superior debe dominar los conocimientos relacionados con la suma y la resta.

En el capítulo siguiente se encuentra la revisión de literatura que sustenta la investigación de este tema. La revisión de literatura está dividida en tres partes: las funciones ejecutivas y el funcionamiento neural; el aprendizaje de matemática y su relación con la *Teoría del triple código*, la metodología *Dominio de aprender* y su aplicación en el software *La carrera de los números*. A este capítulo le sigue el de metodología de investigación aplicada en este estudio en base a la pregunta de investigación planteada. Luego se encuentra el análisis de los datos obtenidos. Para finalizar con las conclusiones y recomendaciones que la autora puede hacer para futuros estudios similares y de esta forma

contestar la pregunta y confirmar o rechazar la hipótesis para el problema planteado en un inicio.

## CAPÍTULO 2: REVISIÓN DE LITERATURA

La revisión de la literatura para el presente trabajo de investigación se centró en tres ejes principales. Los tres tópicos en los que se investigó literatura científica para dar repuesta a la pregunta de investigación tienen que ver con la psicología, la educación y la neurociencia. Desde la última década del siglo XX existe amplia producción de literatura en el ámbito científico de la neuroeducación. Los temas relacionados con las bases neurales del aprendizaje en niños que están empezando su escolarización y el impacto de las tecnologías en los procesos cognitivos son ampliamente tratados por neurocientíficos, psicólogos y maestros.

### **Géneros incluidos en la revisión**

La literatura revisada que sustenta el presente trabajo de investigación proviene principalmente de fuentes primarias y en una pequeña cantidad de fuentes secundarias. Entre las fuentes primarias podemos citar a Tracey Tokuhama-Espinosa, autora del libro *Mind, Brain, and Education Science: A comprehensive guide to the new brain-based teaching* y a Michael Posner, que conjuntamente con Mary Rothbart son autores del libro *Educating the human brain*. Se investigó así mismo en fuentes primarias como artículos de prestigiosas revistas de neurociencia y psicología encontrados en buscadores como EBSCO y de la Universidad de Capella, escogiendo de preferencia artículos escritos durante los últimos quince años. La revisión de literatura está estructurada por temas de interés para la investigación y para responder a la pregunta de investigación.

### **Pasos incluidos en la revisión de literatura**

Los pasos que se siguieron para la revisión de literatura en esta investigación tienen un orden lógico para llegar a un buen término en cuanto a la investigación se refiere. Para encontrar los primeros artículos se indagó a través del uso de palabras claves como atención, funciones ejecutivas, teorías didácticas en matemáticas. A continuación se procedió a buscar

autores de libros en el área de atención como son Michael Posner, Mel Levine y Susan Van der Ven. Luego se procedió a emparar la información dada en los libros con los artículos de actualidad (en lo posible artículos publicados a partir del 2011) y contrastar opiniones con avances tecnológicos y técnicos en las áreas necesarias que permitan explorar la pregunta de investigación.

### Formato de la revisión de literatura por temas

La presente revisión de la literatura está estructurada por temas (ver figura 1). Primeramente se enfoca en la estructura y funcionamiento de la corteza prefrontal del cerebro humano, las funciones ejecutivas presentes en la corteza prefrontal y su relación con el aprendizaje en general y con el aprendizaje específico de la matemática. Por último se revisa la literatura sobre la metodología pedagógica involucrada en el programa computarizado *La carrera de los números*, el mismo que se usa en este estudio para realizar la intervención como parte de la metodología de investigación del presente trabajo.

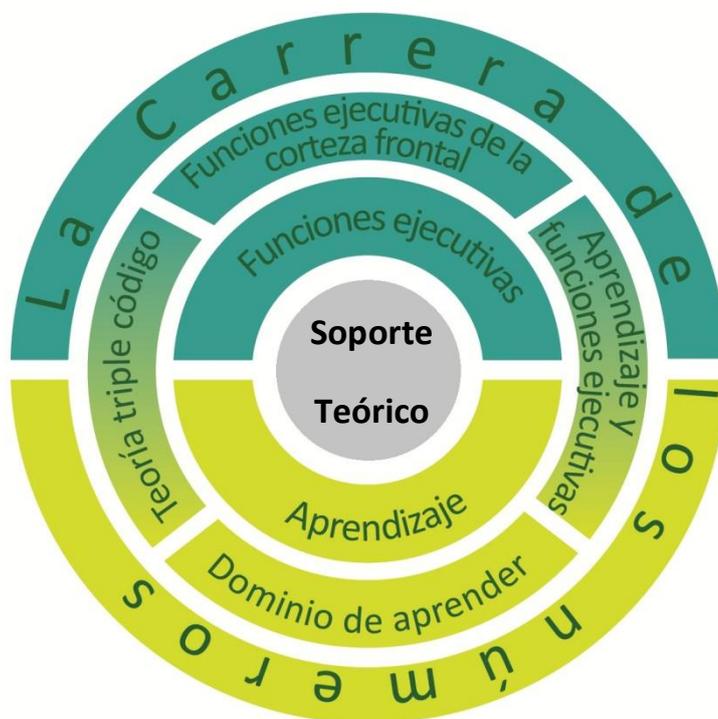


Figura 1. Temas de la revisión de la literatura

### **Funciones ejecutivas.**

Las funciones ejecutivas se definen como una serie de procesos que operan por medio de habilidades cognitivas básicas. No existe una función ejecutiva unitaria, existen diferentes procesos que convergen en un concepto general de función ejecutiva (Purves et al., 2008, Flores y Ostrosky-Solís, 2008). Las funciones ejecutivas, desde el punto de vista de la neurociencia, son consideradas las responsables del comportamiento flexible del ser humano. “La habilidad de planificar con anticipación y de ajustarse al comportamiento flexible es llamada función ejecutiva” (traducido por autora de Van der Ven, 2011, p. 8). Estas funciones son las responsables del comportamiento flexible porque le permiten al ser humano, a través de la experiencia, conocer más del mundo que le rodea e ir adaptando lo que conocía antes a lo que conoce después de la experiencia vivida. Estas habilidades o dominios son las que se conocen como habilidades de aprendizaje (Van der Ven, 2011).

Por otro lado Kevin Duff y sus colaboradores (2005) definen a las funciones ejecutivas como las habilidades cognitivas necesarias para direccionar las actividades y adaptarse al medio, sus demandas y sus cambios. No es de sorprenderse la gran cantidad de elementos o componentes que están implícitos en estas funciones del cerebro humano: respuesta y perseverancia, desinhibición, planeamiento, abstracción y razonamiento, iniciación y fluidez entre otros (Duff, Schoenber, Scott y Adams, 2005). Posner y Rothbart, (2007) incluyen en las redes neuronales de la atención a las funciones ejecutivas, las mismas que manifiestan el comportamiento voluntario.

El comportamiento voluntario le permite al ser humano anticiparse a eventos o acciones, seleccionar la mejor opción antes de empezar una tarea, hacer una tarea con velocidad apropiada y usar experiencias anteriores para guiar las nuevas. Las redes neuronales que permiten que se desarrollen las funciones ejecutivas están en algunas áreas

del cerebro como en el cíngulo anterior, la corteza lateral prefrontal y el ganglio basal. El neuroregulador que actúa sobre la función ejecutiva es la dopamina (Posner et al., 2007).

Estudios e investigaciones en el campo de la neurociencia, como los realizados por Posner (2007), Levine (2003), Miyake (1999, 2000), Dehaene (2010) sobre el funcionamiento del cerebro han permitido grandes avances en la comprensión de las funciones ejecutivas. Las investigaciones anteriormente citadas tienen su inicio en la memoria, término usado en el campo educativo, psicológico y biológico desde hace muchos años. Hacia mediados del siglo pasado el aprendizaje estaba enfocado en la memoria tradicional, la misma que se conocía como la habilidad de recordar y repetir un aprendizaje guardado como si estuviera en un armario (Miyake y Shah, 1999).

La concepción moderna de la memoria más que ser estática es dinámica y se basa en el control de procesos; procesos que le permiten al ser humano funcionar satisfactoriamente en el medio que lo rodea. Este primer planteamiento hecho en 1968 no incluye una pura memorización como lo hacía la memoria tradicional, sino plantea un constructo más orientado a un proceso que se lo compara con el pizarrón de la mente. En este pizarrón ocurre un proceso activo y dinámico en donde se guarda la información relevante hasta que otra información más relevante que la anterior llegue a la mente. Este sofisticado mecanismo es más que una pura memorización, es un mecanismo de control y regulación (Miyake, et al., 1999).

Según Miyake y Shah (1999) este mecanismo es posible por un control central similar a la estructura de control ejecutivo; planteado, según la misma autora, por Baddeley y Hitch en 1974 como un modelo multicomponente. A partir de este planteamiento existe en el cerebro una estructura de control central o ejecutivo central que está en la cima de una montaña que controla la atención y la memoria, de esa forma regula y domina el quehacer humano y el proceso cognitivo. Si la memoria funciona satisfactoriamente la persona puede

adaptarse a la vida diaria y desempeñarse bien en ámbitos como el estudio y el trabajo (Miyake et al., 1999; Tokuhamas-Espinosa, 2011). La memoria, dice Tokuhamas-Espinosa (2011), “es vital para el aprendizaje ya sea formal o informal” (traducido por autora de Tokuhamas-Espinosa, 2011, p. 159).

Por otro lado, la atención se considera como el conjunto de tres funciones o lo que llamaron Posner y Rothbart (2007) tres redes atencionales. Estas tres redes atencionales son: vigilancia y mantenimiento de la atención; orientación y focalización; y control ejecutivo de la actuación (Posner et al., 2007; Quiroga, Martínez-Molina y Santacreu, 2011). Las tres redes atencionales son independientes y están ubicadas en diferentes partes del cerebro (Posner et al., 2007). Michael Posner y su colega (2007) definen al sistema de la atención como el sistema de control del cerebro y dicen al respecto: “Durante el primer año de vida los infantes ganan control sobre su comportamiento y estado mental, así como también los niños más grandes y los adultos pueden alcanzar un grado de regulación central sobre sus emociones, pensamientos y acciones, este control es regulado por el sistema de la atención” (traducido por autora de Posner et al, 2007, p. 59).

Para Posner y su colega (2007) y Quiroga y los suyos (2011) las funciones de alerta, orientación y ejecutiva tienen características similares. Lo novedoso de Quiroga y sus colegas (2011) es que se plantea a la atención como un concepto multidimensional regulado por la función ejecutiva que es la red neuronal que manifiesta el comportamiento voluntario. Este componente multidimensional permite al ser humano desempeñarse en cualquier actividad que suponga aprendizaje (Posner et al, 2007).

El ser humano para su desempeño en cualquier actividad depende de un control central. El control central es el que le permite actuar voluntariamente, está comandado por el cerebro y ejecutado por el sistema nervioso central. Para este estudio se ha considerado la teoría de Michael Posner y su colega (2007) para comprender que el control central o

funcionamiento ejecutivo del cerebro es el que comanda, a través de otros componentes como la memoria y la atención, la vida del ser humano dentro del mundo complejo que le rodea. Este mundo complejo necesita de crecimiento y aprendizaje para su satisfactorio desempeño. Si para desenvolverse en el mundo real son necesarias atención y memoria, con más razón en una actividad de aprendizaje en la que se va a modificar algo conocido por algo nuevo.

***Funciones ejecutivas de la corteza frontal como parte del sistema nervioso humano.***

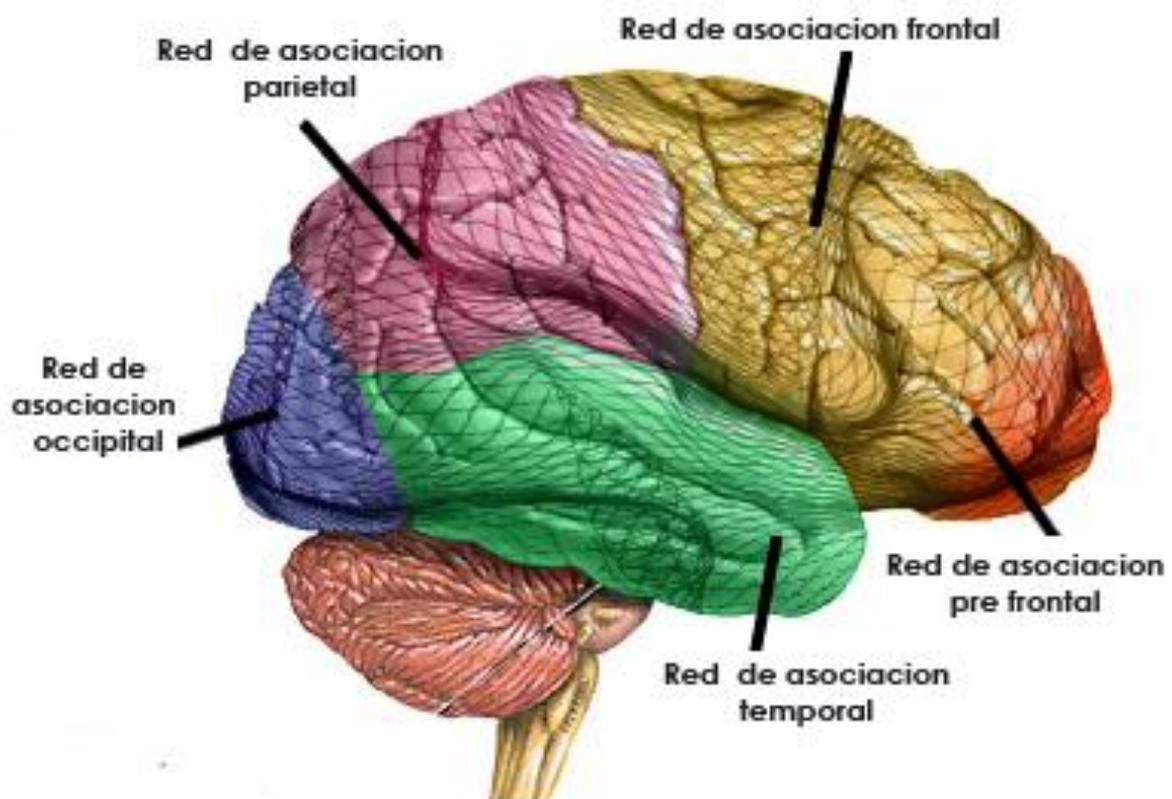
El cerebro está dividido en dos hemisferios, y éstos a su vez en lóbulos que llevan el nombre de los huesos del cráneo sobre los cuales están situados. Los lóbulos son: frontal, temporal, parietal y occipital, que contienen a las áreas sensoriales primarias, áreas motoras primarias y a las cortezas de asociación. El diez por ciento de la corteza cerebral está compuesta por las áreas sensoriales y motoras, el resto son las cortezas de asociación (Purves et al., 2008, Braunwald et al, 2010).

La corteza de asociación frontal es la región del cerebro más desarrollada de la especie humana. Esta corteza integra la información perceptual compleja de las cortezas sensitivas y motoras y de las cortezas de asociación parietal y temporal. Una parte de la corteza de asociación frontal en el cerebro humano es la red prefrontal de la atención y el comportamiento. El perfeccionamiento de esta red tan importante es el resultado de la evolución del sistema nervioso. Esta maravillosa evolución se caracteriza por el desarrollo del increíble sistema que comanda desde lo más simple hasta lo más complejo del ser humano (Purves et al., 2008).

Grandes investigaciones actuales consideran a la plasticidad cerebral como la responsable de esta evolución. La plasticidad cerebral es la capacidad que tiene el cerebro de acomodarse a nuevas experiencias. A largo plazo ésta permite que exista desarrollo y evolución cognitiva. Por ello, el ser humano es capaz de pensar, actuar y sentir de forma

progresiva. Este perfeccionamiento y aprendizaje es lo que le caracteriza y le diferencia al hombre de otras especies (Purves et al., 2008).

En el sistema nervioso central las unidades básicas son las neuronas y las células glías, las cuales están dentro de circuitos neurales altamente conectados; permitiéndole al ser humano realizar las funciones cognitivas básicas. El sistema nervioso se compone del sistema sensitivo y del sistema motor, estos son dos de los sistemas que están presentes a lo largo del cuerpo. Estos sistemas juntos aportan para el anclaje del sistema asociativo que se encarga de regular la percepción, la cognición, la atención, las emociones y el actuar racional (Purves et al., 2008).



*Figura 2. Redes de asociación del cerebro humano.* Fuente: Imagen parcialmente adaptada por autora de imagen original tomada de Purves et al., 2008.

La unidad más pequeña del sistema nervioso es conocida como neurona, es la célula encargada del señalamiento eléctrico en largas distancias. Además de las neuronas están presentes en el sistema nervioso las glías que son células de sostén y cumplen algunas funciones como el andamiaje y recuperación del sistema neural. La neurona se diferencia de las demás células del cuerpo humano por la capacidad que tiene de comunicación intercelular (Purves et al., 2008).

La forma de la neurona, similar a las ramificaciones de un árbol, le permite hacer conexiones con otras neuronas a través de las dendritas. Las dendritas son una parte esencial de la neurona, las cuales, juntamente con una ramificación más gruesa conocida como axón, hacen que esta célula tenga la capacidad de transmitir la información proveniente de otras neuronas. Este proceso se conoce como sinapsis (Purves et al., 2008).

Para entender la sinapsis habrá que entender primero las señales eléctricas que emiten las células nerviosas, la permeabilidad de la membrana celular, los canales y los transportadores activos de energía. Todos estos elementos hacen de una neurona un complicado sistema eléctrico y químico que da como resultado la sinapsis y el sistema de redes neuronales (Purves et al., 2008).

Es muy difícil imaginar como las 100000 millones de neuronas que contiene el cerebro humano se conectan entre sí. Para construir las redes neuronales antes mencionadas (ver figura 2), las neuronas funcionan a través de las sinapsis eléctricas y químicas. La sinapsis química ocurre gracias a los axones y ramificaciones dendríticas de las neuronas, las mismas que se convierten en emisoras y receptoras de la información. Mientras más dendritas tiene una neurona, mayor será su conectividad y mayor la posibilidad de formar circuitos o redes neuronales. Los cambios en los circuitos sinápticos pueden producirse por la formación de nuevas terminaciones axónicas y prolongaciones dendríticas, a esto se le llama plasticidad cerebral (Purves et al., 2008).

Algunas sinapsis en el sistema nervioso del ser humano muestran formas duraderas de cambio sináptico (plasticidad). Estas sinapsis a largo plazo producen cambios permanentes en el comportamiento, el aprendizaje y la memoria. Donald Hebb en 1949, a través del principio de sinapsis, explica en términos biológicos lo que por años los psicólogos han explicado como el condicionamiento asociado con el estímulo. A partir de estas investigaciones actualmente conocemos la inmensa cantidad de redes neuronales que, por estímulos sensitivos, permiten a los seres humanos desenvolverse en un mundo que implica cada vez más retos y mejor desempeño (Purves et al., 2008, Tokuhamas-Espinosa, 2011).

Los circuitos corticales o redes neuronales conectan neuronas de las áreas sensoriales primarias, que son los primeros receptores donde llega la información de los sentidos o aferencias sensoriales. Una vez que las áreas sensoriales primarias reciben la información, ésta es transmitida a áreas motoras o a cortezas de asociación. La información que es transmitida a las áreas motoras, permite que se realicen actividades de movimiento. La información que se transmite a la corteza de asociación es la que permite que se den los procesos de cognición, emoción y comportamiento (Purves et al., 2008, Braunwald et al., 2010).

La principal función de las cortezas de asociación se denomina cognición, que es la capacidad de prestar atención a los estímulos externos e internos (corteza parietal), identificar el significado de ellos (corteza temporal) y planificar respuestas conductuales apropiadas (corteza frontal). La corteza cerebral está compuesta de seis capas que difieren en su composición celular y funcional (ver Figura 3). Estas capas reciben aferencias específicas de las áreas sensoriales o del tálamo y emiten eferencias hacia destinos específicos como las áreas motoras primarias, la amígdala o el tálamo. De esta forma se arman las distintas redes corticales que permiten las funciones encefálicas complejas (Purves et al., 2008).

En la figura 3 se especifica cómo se realiza este proceso a nivel de la corteza cerebral. Las aferencias llegan a la corteza (flechas del lado derecho) y salen las eferencias hacia otras áreas del cerebro (flechas verdes) (Purves et al., 2008). Toda aferencia que llega por estímulos visuales, táctiles, auditivos a los ojos, manos y oídos de un niño en un aula de clase es procesada a través de un complejo sistema de redes que están en todo el cerebro. Este sistema de redes por su complejidad y por la cantidad de interconexiones del mismo es el que comanda todo el sistema nervioso central y le permita al ser humano realizar todo tipo de tareas, desde alejarse de un lugar con fuego hasta aprender y relacionarse con otros seres humanos.

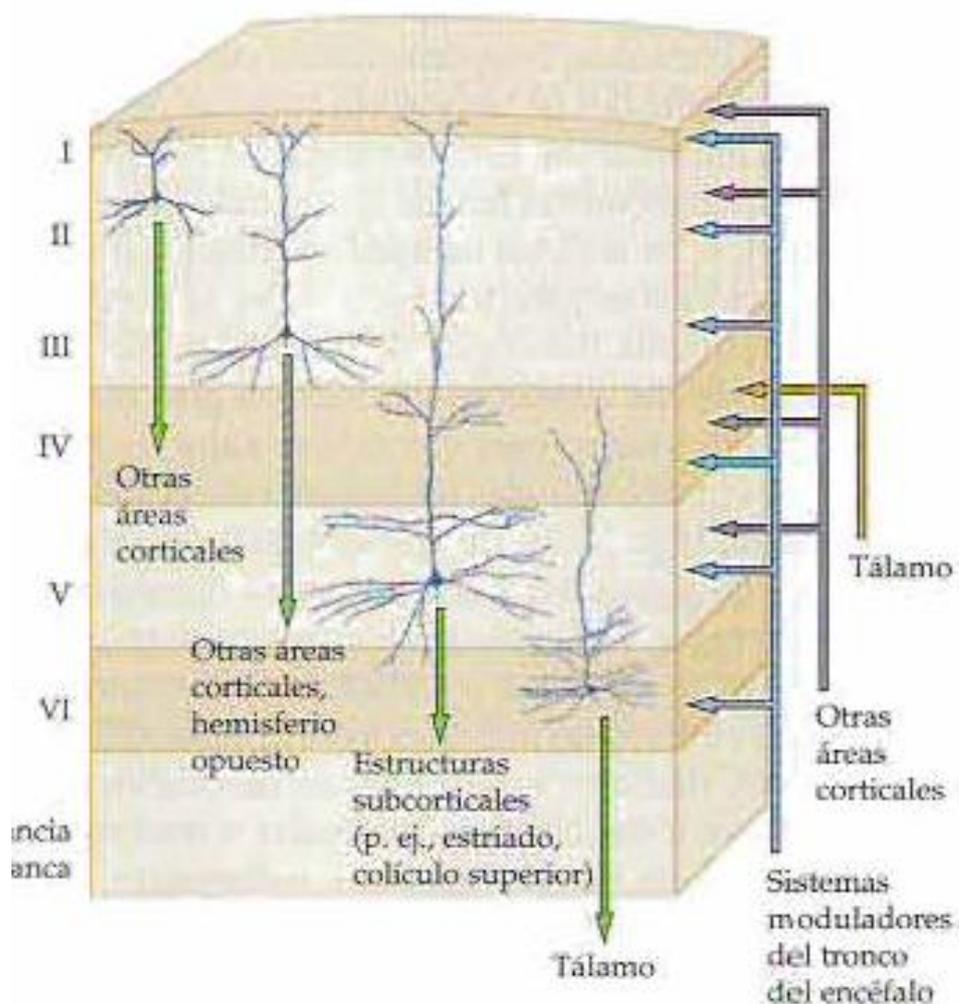


Figura 3. Capas de la corteza cerebral. Fuente: Purves et al., 2008.

Las principales redes que se pueden encontrar en el funcionamiento del cerebro son: red perisilviana del lenguaje, parietofrontal de orientación espacial, occipito-temporal del reconocimiento, red límbica de la memoria y red prefrontal de la atención y el comportamiento. Todas ellas, de igual importancia, que permiten al ser humano desenvolverse dentro de la sociedad y funcionar de forma satisfactoria frente a los estímulos. La red de la corteza pre-frontal es la que permite al ser humano un desempeño satisfactorio y la posibilidad de conocer y reaccionar frente al mundo que lo rodea (Braunwald et al, 2010).

La plasticidad cerebral es la capacidad que tiene el cerebro de cambiar. Todo estímulo llega a las neuronas, éstas forman circuitos neuronales que procesan la información dando como resultado una respuesta o cambio neuronal. Un entorno rico en estímulos permitirá sinapsis permanentes y duraderas, y por lo tanto, cambios en el comportamiento y la cognición. Actualmente se conoce que no existen centros focalizados para cada función cerebral, sino redes corticales y subcorticales conectadas que se encuentran en toda la corteza del encéfalo humano (Braunwald et al. 2010, Tokuhama-Espinosa, 2011).

La relación más estrecha entre la corteza prefrontal y el aprendizaje está dada por las funciones ejecutivas de la atención y el comportamiento. Éstas permiten el control, la regulación y la planeación eficiente de la conducta humana que se refiere a la cognición (Purves et al., 2008, Flores et al., 2008). El mundo, tan exigente, y el aprendizaje, como parte de él, exigen del niño un desempeño eficiente, que se puede lograr con un entrenamiento adecuado de las funciones ejecutivas. Los conceptos de sinapsis neuronal y plasticidad cerebral son los que permiten entender cómo cualquier experiencia sensorial que llega a través de cualquiera de los cinco sentidos se convierte en una experiencia de aprendizaje. Para este estudio y posteriores es muy importante reconocer que cuantas más experiencias de este tipo existen mayor posibilidad de aprender tiene el niño dentro y fuera del aula.

## **Aprendizaje.**

### *El aprendizaje y la relación con las funciones ejecutivas.*

Acercándose más a la relación entre neurociencia y aprendizaje, Tokuhamas-Espinosa (2011) plantea que las funciones ejecutivas se refieren a la forma como el cerebro maneja los procesos de orden superior incluyendo la toma de decisiones y la habilidad de archivar la información. Ésta última regulada por la habilidad de los niños de poner atención (Tokuhamas-Espinosa, 2011). En definitiva, la atención se considera un concepto involucrado con el desarrollo cognitivo de la persona (Quiroga et al., 2011; Posner et al., 2007; Levine, 2003). Quiroga y sus colegas (2011) puntualizan que “el desarrollo de la atención se organiza a partir de la maduración del sistema de alerta, sobre este se desarrolla la vigilancia y por último maduran las funciones ejecutivas” (p. 15). Cuando se evalúa la atención se debe tomar en cuenta los niveles, límites y tiempos utilizados en concentrarse.

Las investigaciones en el campo de la neurociencia, que comenzaron a principios del siglo XX, nos permiten conocer que el pensamiento de orden superior es un sistema que se activa ante una información o un reto. Éste está imbuido por la intuición e involucra a la memoria de trabajo. Así mismo se ve sustentado en funciones neuroevolutivas que requieren de enseñanza. Las formas del pensamiento de orden superior son: formación de conceptos, resolución de problemas, pensamiento crítico y creativo y por último pensamiento guiado por reglas (Levine, 2003). Las funciones neuroevolutivas, a las que se refiere Mel Levine en “Mentes diferentes, aprendizajes diferentes”, son las funciones ejecutivas exclusivas de la especie humana. Ningún otro mamífero ha podido alcanzar el nivel de pensamiento y de proceso de la información como el ser humano.

En las dos últimas décadas, modelos y teorías se han experimentado a través de sofisticados procesos de neuroimagen con el objetivo de conocer a fondo cómo el ser humano llega al conocimiento, cómo son dichos procesos y qué parte o partes del cerebro están

involucradas. Estos modelos se enfocan en las funciones ejecutivas que Miyake y sus colaboradores (2000) las definen como un mecanismo general de control que modula las operaciones de varios subprocesos cognitivos y en consecuencia regula de forma dinámica la cognición humana. Para este mismo autor, las tres funciones ejecutivas básicas son: “*Shifting*” o habilidad de cambiar, “*Updating*” o actualizar e “*Inhibition*” inhibirse o retraerse. Miyake y sus colegas (2000) puntualizan que aún sobre el tema hay mucho que investigar y, que los investigadores deben enfocar sus esfuerzos en descubrir si estas funciones actúan de forma unitaria o por separado en la mente del ser humano (Miyake, Friedman, Emerson, Witzki, y Howerter, 2000).

La habilidad de cambiar es ir antes y después a través de múltiples tareas, operaciones o esquemas mentales. Sería la habilidad de agregar o desagregar conocimientos anteriores frente a una nueva tarea. Habilidad que se manifiesta en relación directa con la atención. El ser humano está en posibilidad, con esta función, de moverse flexiblemente en los conocimientos que tiene y de esa forma, frente a un nuevo estímulo, actuar y desempeñarse satisfactoriamente. Las redes neuronales que controlan esta función están, sobre todo, en los lóbulos frontales y en el cíngulo anterior del cerebro (Miyake et al., 2000).

Actualizar sería la posibilidad de monitorear las representaciones de la memoria de trabajo o de largo plazo. Es la función que permite monitorear y codificar información anterior. Revisar apropiadamente información que está guardada en la memoria y de esa forma reemplazar información no relevante con nueva información; actualizando de esa manera todo el tiempo lo que se conoce. Es la manera cómo se vuelve dinámica la memoria de trabajo en contraste con la forma pasiva del concepto de memoria tradicional. Las redes neuronales encargadas de esta función se las encuentra sobre todo en la corteza prefrontal, particularmente en la porción intradorsolateral (Miyake et al., 2000).

Inhibirse o retraerse es la habilidad de evitar dar respuestas rápidas o automáticas sin ser pensadas. Es una actitud interna de control. Es la forma deliberada del ser humano de dar repuestas fuertes o poderosas frente a un estímulo y no la primera respuesta que se pasa por la mente. Impulsividad es lo contrario a inhibición y ambos términos tienen que ver con el control ejecutivo central. Esta función es resultado de redes neuronales en las que interviene con mayor fuerza la corteza pre frontal (Miyake et al., 2000).

El control central y la toma de decisiones son dos aspectos del desempeño del ser humano que tienen un impacto decisivo en el aprendizaje dentro de la estructura de la escuela y de la sociedad en general (Tokuhama-Espinosa, 2011). Si actualizarse tiene que ver con la memoria y cambiar de estrategia tiene que ver con la atención, estos dos aspectos son muy importantes para aprender. Tokuhama-Espinosa (2011) dice que si la memoria y la atención fallan no hay un aprendizaje real. De aquí la gran importancia de conocer cómo las funciones ejecutivas actúan y se desarrollan en los niños pequeños para comprender cómo ellos aprenden, cuáles son las verdaderas causas de las dificultades que tienen para aprender y cómo se podría ayudar a los niños a mejorar su desempeño en el aprendizaje. Para que un niño ejecute correctamente una operación numérica como la resta necesitará de funciones ejecutivas que tienen relación directa con el desempeño numérico en cuanto a su producción y al aprendizaje. Las funciones ejecutivas, actualizarse, cambiar de estrategia e inhibirse, son las que se necesitan para el aprendizaje de la matemática.

#### *Funciones ejecutivas y el aprendizaje de la matemática.*

Debido a que los niños para aprender matemática deben desarrollar un pensamiento de orden superior (Tokuhama-Espinosa, 2011, Van der Ven, 2011), necesitan del entrenamiento del sistema nervioso y sus funciones ejecutivas para lograr este aprendizaje. Muchas veces no alcanzan este nivel de pensamiento por lo que el aprendizaje se vuelve muy complejo. Las maestras no conocen cómo el niño llega a desarrollar el pensamiento de

orden superior, y por lo tanto no trabajan en acciones encaminadas a lograr este objetivo (Fernández-Bravo, 2005).

Cuando un niño entra por primera vez a segundo de básica trae del preescolar algunas habilidades matemáticas como contar y relacionar situaciones matemáticas informales ya que no sabe aún operar con números. No se le ha dado una instrucción sistemática formal. En segundo de básica la maestra empieza por contextualizar los números y operar con ellos. De esa forma al niño se le permite avanzar en su conocimiento matemático de forma progresiva y formal permitiéndole alcanzar un razonamiento más profundo de lo que conoce.

Razonamiento que es más que una simple memorización de las respuestas (Van der Ven, 2011; Fernández-Bravo, 2005).

Cuando un niño resuelve un problema matemático sin haber memorizado una respuesta estará usando diferentes estrategias mentales. Estas estrategias tienen un orden y varían dependiendo de la madurez del niño, pero en todos los casos van a depender de cómo el niño ejecuta su trabajo y usa la actualización, la inhibición y la habilidad de cambiar de una información a otra. Van der Ven (2011) afirma que la evidencia científica apunta a una fuerte relación del aprendizaje matemático con la actualización. La actualización permite al niño volver a conocimientos anteriores, por ejemplo, cuando resta vuelve a recordar la suma. La inhibición se evidencia en la posibilidad que tiene el niño para usar estrategias como contar con los dedos frente a usar otras estrategias más efectivas. Por último, la habilidad de cambiar de estrategia y usar una multiplicación repetida en vez de simplemente recordar el resultado de la potenciación es una de las tantas aplicaciones que las funciones ejecutivas tienen en el aprendizaje de la matemática (Van der Ven, 2011).

Un problema matemático es una respuesta a una necesidad en una situación numérica que requiere de una buena memoria de trabajo y de una fuerte conexión neuronal entre el problema matemático y su respuesta (Van der Ven, 2011). En casos como el que a

continuación se describe el estudiante estaría usando las tres funciones ejecutivas simultáneamente (Van der Ven, 2011). A un niño que conoce ya la multiplicación se le presenta un problema de suma con valores que se repiten varias veces. El niño se inhibe de usar la suma y cambia de estrategia, usa la multiplicación. Los conocimientos que tenía guardados en su memoria de trabajo los usa en la actividad que se le propone hacer. Poco a poco va cambiando información antigua que tenía sobre el uso de una suma frente a una multiplicación.

Esta situación real que se le presenta a un estudiante ilustra lo antes expuesto: María recibe 2 dólares de cada una de sus veinte compañeras para realizar un picnic. Este dinero le permitirá comprar lo que necesita para realizar el paseo. ¿Cuánto dinero tiene María en total para gastar? La estudiante debería sumar  $2+2+2\dots$  veinte veces. Ella decide cambiar de estrategia y usa una multiplicación  $2 \times 20$  para encontrar la respuesta a su problema. Tomar esta decisión es lo más apropiado ya que efectiviza su trabajo, se demora menos y llega al resultado con la misma precisión que si hubiera sumado.

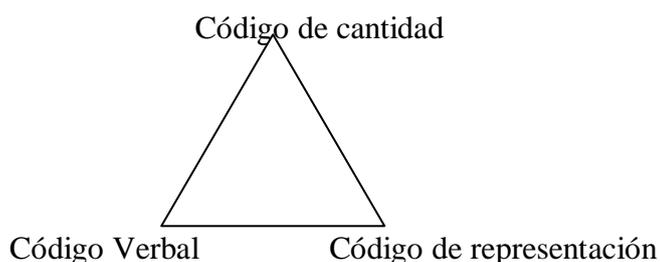
Con los estudios del funcionamiento del cerebro de principios del siglo XX se crea la necesidad en la última década del mismo siglo de conocer los complicados sistemas neuronales y cómo estos soportan funciones cognitivas complejas que permiten conocer y manejar el sistema numérico. Las neuroimágenes actuales han ayudado mucho para identificar aspectos básicos de cómo el ser humano aprende. Se ha logrado determinar que los lóbulos prefrontales son los responsables de las funciones cognitivas superiores así como también que los lóbulos parietales son los que se activan cuando el ser humano habla de números (Dehaene, 2010 en Sousa, 2010).

Los grandes avances en tecnología han logrado determinar cuáles redes corticales están relacionadas cuando se trabaja con números. Estas son las redes corticales de los lóbulos parietales en una fisura cortical llamada sulcus intraparietal. Estudios realizados con

neuroimagen dan cuenta que esta región se activa cuando se usa números, cuando se opera con ellos y cuando un niño pequeño piensa en la cardinalidad de un conjunto de objetos que tiene frente a él (Dehane, 2010 en Sousa, 2010). A pesar que el lóbulo parietal juega un papel importante en la comprensión del número, no es menos cierto que esto no podría funcionar sin el soporte de otras partes del cerebro como el del lóbulo prefrontal que le permite organizar, planear y ejecutar para procesar correctamente los números. El conocimiento del funcionamiento interconectado de las redes neuronales presentes en el cerebro humano, le ha permitido a Stanislas Dehaene (1997,2010) comprender cómo el niño aprende los números y así ha logrado plasmarlo en una teoría que él la llama *Teoría del triple código*.

#### ***Teoría del triple código.***

La teoría de Dehaene (2010) del triple código funciona así: cuando un niño ve un conjunto de varios objetos, para poder decir cuál es el cardinal de dicho conjunto necesita funcionar con todo su cerebro. Se produce una activación en su cerebro que va desde la activación de la corteza primaria visual hasta la corteza intraparietal y frontal. Están involucrados los códigos verbales, los códigos de la cantidad y los códigos de representación.



*Figura 4. Teoría del triple código. Fuente: Dehaene, 2010 en Sousa, 2010.*

En esta triple codificación están involucradas algunas partes del cerebro: la corteza visual primaria responsable de procesar las aferencias visuales, el lóbulo temporal responsable del sistema lingüístico o verbal (el mismo que decodifica la forma ortográfica, el léxico y la fonética de la palabra), la corteza parietal que controla el sentido numérico y el

lóbulo prefrontal que organiza el nivel de control superior de pensamiento. Todas estas partes del cerebro funcionan para que el niño pueda decir que en un grupo de objetos hay una cierta cantidad de los mismos. En los adultos estas conexiones están automatizadas, en cambio en los niños es un proceso que se desarrolla con el aprendizaje. Un niño cuando practica sus cálculos se vuelve más experto en ellos, la actividad prefrontal decrece y da paso a una actividad mayor de la corteza parietal (Dehaene, 2010 en Sousa, 2010).

Los códigos de cantidad para la teoría del triple código, plantea Stanislas Dehaene (2010), vienen dados por la herencia en la especie humana y son el resultado de la evolución del hombre. Este mismo autor ha logrado determinar que un niño de pocos meses (3 meses) tiene la codificación de la cantidad. En el sentido numérico no está en juego el tamaño de los objetos, ni su color, ni la forma de ellos (Dehaene, 2009). Es de entender que es un concepto de cantidad no exacta. Se tiene claro que el niño comprenderá donde hay más bolitas cuando la diferencia entre dos grupos de ellas es bastante grande. Cuando el niño va creciendo podrá diferenciar cantidades con un rango cada vez más cercano. Hasta que con seis años puede ver la diferencia entre grupos de dos y tres objetos (Dehaene, 2009).

Stanislas Dehaene ya en 1997 en su libro *The number sense* puntualiza que la representación numérica primitiva, o como él la llama “sentido numérico”, tiene dos características básicas: el efecto de distancia que quiere decir que, mientras más distantes están los números, es más fácil decidir cuál es el más grande de ellos; y la segunda es el efecto de cantidad que está asociada con el tamaño de los números. Para distancias iguales entre números demora menos tiempo decidir cuál es más grande cuando la medida de los números es más pequeña (Dehaene, 1997).

En cambio los códigos verbales y los códigos de representación se deben aprender. Aquí radica la importancia de conocer estos mecanismos cerebrales para que las maestras potencien al máximo estas interconexiones de sus estudiantes y el procesamiento de la

información numérica. José Antonio Fernández- Bravo (2005) puntualiza que los códigos de representación son los primeros que se debe enseñar al niño antes de los verbales. Esto quiere decir que el aprendizaje debe partir de una representación concreta de la realidad para pasar a una abstracta (Fernández-Bravo, 2005).

Una vez que el niño entiende a fondo el número uno, puede comprender el dos como dos unos, el resto son simples relaciones: a) si a uno le aumento uno obtengo dos; b) si a dos le quito uno obtengo uno. En estas relaciones aparecen las operaciones que vendrían a ser siempre representaciones de relaciones entre unos. Lo que viene después es aprender los códigos verbales tanto orales como escritos. El mismo autor Fernández- Bravo (2005) dice que a dos unos se le conoce culturalmente como dos y se escribe 2, de esa forma estaría completo el aprendizaje básico de la resta (Fernández-Bravo, 2005).

No todas las culturas tienen los mismos códigos de representación, para el mundo occidental la representación del número es arábica, eso quiere decir que dos manzanas se representan con el símbolo 2. Tampoco los códigos verbales son los mismos para todos, el dos representa dos manzanas en español pero en inglés es *two*. En cambio, el sentido numérico el niño lo tiene desde su nacimiento. Es la comprensión no simbólica de la cantidad, vendría a ser la intuición que tiene todo ser humano sobre la cantidad. Una vez que el niño comprende el número le es fácil hacer relaciones que son la clave del cálculo numérico básico (Fernández-Bravo, 2005).

#### *Teoría del triple código y la aplicación a la resta.*

La teoría del triple código de Stanislas Dehaene (2010) triangula otros procesos que dan vida al sentido numérico del niño. Estos procesos se refieren a la comparación entre los números, las aproximaciones, o simplemente las operaciones como la multiplicación (Dehaene 2010, en Sousa, 2010). Con respecto a la resta, Dehaene (2010) dice que el niño pequeño en base a la representación arábica que ha aprendido y al concepto de cantidad que

tiene desde que nació puede hacer comparaciones de dichas cantidades y encontrar la diferencia (resta) entre ellas. El mismo autor continúa diciendo que el ser humano tiende a asociar las cantidades numéricas con un mapa espacial representado por la recta numérica. Es de mucha utilidad, y será un proceso natural enseñar la diferencia (resta) entre dos números con la ayuda de un elemento concreto como es la recta numérica (Dehaene, 1997).

Cuando el niño pequeño empieza a calcular y hace estas comparaciones numéricas hace un esfuerzo muy grande y requiere de mucha concentración y de activar su memoria de trabajo. Estas actividades activan la zona prefrontal del cerebro usando sus funciones ejecutivas, desarrolla estrategias que no son aún rutinarias para él y que con esfuerzo y trabajo le permitirán, a través del aprendizaje, llegar al número exacto (Dehaene, 2010 en Sousa, 2010). Hace actualizaciones de lo que ya conocía, puede cambiar de estrategia y se inhibe de dar una respuesta rápida, en definitiva usa su pensamiento para llegar a una respuesta correcta y precisa.

El poder llegar al número exacto, conjuntamente con la introducción del concepto espacial del número en una recta numérica, son los aspectos cognitivos que le permitirán al niño hacer sumas y luego restas precisas sin equivocarse. La teoría del triple código involucra muchas partes del cerebro para poder llegar a una real comprensión de los números cuando se hace matemática realmente. Son tantas las redes neuronales (ver Figura 2) que se van formando y tantas las ramificaciones que es imposible hacer un mapa del cerebro cuando el niño está haciendo matemáticas, lo que sí es cierto es que mientras más se ejerciten sus conexiones sinápticas, éstas seguirán aumentando y se volverán más duraderas. Habrá cambios permanentes en su conocimiento ( Dehaene, 2005; Fernández-Bravo et al., 2003).

Es importante concluir que es de vital importancia entender que el niño pequeño, para funcionar con números, debe explorar y dominar los tres aspectos señalados: el código verbal, el de cantidad y el de representación. Es muy probable que las dificultades que

puede tener un niño de ocho años cuando resta se refieran a alguno de estos tres aspectos; y la maestra al desconocer este proceso no pueda identificar cómo ayudar más a su alumno, o tal vez cómo hacerlo efectivamente.

Para este estudio es muy importante entender que el hombre tiene el sentido numérico por la evolución y que lo desarrolla con el aprendizaje. En principio, un niño sano no debería tener problemas de comprensión numérica. El cerebro de todo niño desarrolla, con estímulos, las interconexiones necesarias para lograr un conocimiento numérico y el procesamiento de la información de forma adecuada, natural y paulatina alcanzando el dominio desde los tres tipos de códigos. Esta codificación necesita para aprender cada uno de los temas que la escuela le propone y por supuesto la resta.

#### ***Aprendizaje de la resta con metodología Dominio de aprender.***

*Dominio de aprender* es una metodología de aprendizaje que tiene que ver con el conductismo. Los seres humanos responden a las variables de su entorno con un efecto condicionado. Las condiciones del entorno estimulan a los individuos a responder positiva o negativamente con ciertos comportamientos de aprendizaje. Los modelos de aprendizaje conductistas tienen sus orígenes en los experimentos del condicionamiento clásico de Pavlov, Thordike y Watson. La investigación de los últimos treinta años ha demostrado la efectividad de las metodologías educativas que tienen que ver con el conductismo. Éstas, por ejemplo, ayudan a superar fobias frente al aprendizaje y actualmente, por sus características especiales, son muy usadas en asignaturas como matemáticas (Joyce y Weil, 2009).

Los principios que rigen las metodologías conductistas como *Dominio de aprender* o *Aprendizaje por simulación* tienen que ver con estímulos y respuestas. Un estímulo evoca un comportamiento y éste es posible de ser observado. Si el estímulo es una condición y el comportamiento es una respuesta, todo comportamiento es específico e individual de cada persona. Un mismo estímulo puede evocar diferentes comportamientos en cada alumno.

*Dominio de aprender* es un modelo de enseñanza que se concentra en crear condiciones que ayuden a cada alumno a progresar y encontrar rápidamente satisfacciones con el aprendizaje. Este tipo de metodología usa la recompensa como un refuerzo útil y necesario para crecer y aprender (Joyce et al., 2009).

Una metodología que provee al estudiante una forma efectiva de provocar un nivel satisfactorio de progreso escolar es *Dominio de aprender*. Plantea que todo estudiante puede lograr niveles satisfactorios de aprendizaje, tomando en cuenta tiempos diferentes para cada uno. Este factor vuelve al método bastante individualizado y, por otro lado, la actitud de cada estudiante es decisiva para aprender (Joyce et al., 2009). El objetivo de este modelo de enseñanza es llegar al aprendizaje profundo, desde los niveles de conocimiento más simples a los más complejos. Para ello, divide a la información en trozos, “*chunks*”, para que el estudiante llegue a un real dominio del contenido de forma individual (Joyce et al., 2009; Toheed y Ali, 2011).

La finalidad última de esta metodología es que, a través del tiempo y en forma secuenciada, el alumno llegue al dominio real del tema, siendo muy importante la actitud de trabajo y el esfuerzo. Se evidencia el avance académico del alumno en la secuencia y en el tiempo, así como también, en el nivel de progreso del aprendizaje, la perseverancia, la calidad de la instrucción y la actitud frente al estudio. De forma individualizada el modelo permite hacer un real acercamiento del estudiante con su conocimiento. Permite hacer, por parte del estudiante, una autoevaluación y reportar sus propios logros. Este metodología está recomendada para ser aplicada en cualquier asignatura y para niños y jóvenes de cualquier edad (Joyce et al., 2009, Toheed et al., 2011).

Joyce y su colega (2009) describen los pasos de la metodología y las actividades que debe hacer el maestro: a) definir los más altos objetivos para alcanzar el nivel de dominio real del conocimiento; b) dividir en pequeñas unidades de conocimiento lo más importante del

mismo; c) identificar los mejores materiales y estrategias para lograr el dominio del tema; d) evaluar formativamente (Joyce et al., 2009). El tipo de trabajo rompe con el esquema tradicional ya que el maestro no trabaja con un grupo sino con un individuo. El estudiante con menos aptitud recibe ayuda permanente para superar los problemas, se le da más tiempo y mayor retroalimentación. En cambio, el que tiene más aptitud avanza llegando a niveles mayores de conocimiento. Por otro lado, el maestro se convierte en un facilitador del conocimiento y la evaluación formativa empieza con el diagnóstico que identifica los problemas, premia los logros y evalúa las dificultades (Joyce et al., 2009; Toheed et al., 2011; Fernández-Bravo et al., 2003).

*Aprendizaje Visible* es un trabajo realizado por John Hattie (2012) sobre el impacto que tienen la escuela, la familia y el currículo sobre el aprendizaje. *Dominio de aprender* es uno de los 150 efectos de la educación analizados por Hattie. A esta metodología se le asigna el puesto 31 con un impacto de + 0.58. Tomando en cuenta que + 0.40 es el valor referencial para que una metodología tenga un impacto significativo y notable. La metodología estudiada está recomendada como un modelo que funciona de forma positiva y se debe tomar en cuenta para utilizarla en el aprendizaje (Hattie, 2012).

La metodología *Dominio de aprender*, por otro lado, tiene relación con Mente, Cerebro y Educación básicamente porque crea estímulos externos que son recibidos por el sistema nervioso central. Todo estímulo que se da en el aula llega a las neuronas, éstas forman circuitos neuronales que procesan la información dando como resultado una respuesta o cambio neuronal. Un entorno rico en estímulos como el que provoca *Dominio de aprender* permitirá sinapsis permanentes y duraderas y, por lo tanto, cambios en el comportamiento y la cognición. Recordemos que en la actualidad se conoce que no existen centros focalizados para cada función cerebral, sino redes corticales y subcorticales conectadas que se encuentran en toda la corteza del encéfalo humano (Braunwald et al., 2010;

Tokuhamas-Espinosa, 2011). De esta forma se completa el ciclo de aprendizaje conductista, frente a un estímulo se provoca una respuesta, éste es el centro del modelo *Dominio de aprender*.

***El programa La carrera de los números.***

Los programas computarizados son buenos ejemplos del uso de *Dominio de aprender*. Con tecnología actualizada, estos programas están disponibles para trabajar a nivel escolar en cualquier asignatura como matemáticas, química o física. Además funcionan para niños y jóvenes de cualquier edad (Kulik, Kulik, Bangert-Drowns y Slavin, 1990; Toheed et al., 2011).

*La carrera de los números* es un programa que se encuentra disponible para trabajar con *Dominio de aprender* en matemáticas. Permite al estudiante trabajar en las operaciones de forma casi individualizada puesto que es un programa que se adapta a cada niño y le propone ejercicios relacionados con lo que necesita reforzar. Adicionalmente trabaja con unidades de conocimiento en cuanto al nivel que cada niño tiene, según sus etapas simbólicas y no simbólicas. Este programa proporciona al estudiante estímulos que son captados por los sentidos y procesados en el cerebro para que las redes corticales los transformen en cognición. Los estudios acerca de la plasticidad cerebral han permitido conocer el desarrollo cognitivo del ser humano; y a los investigadores de neurociencia crear programas efectivos en el campo del aprendizaje (Wilson, Dehaene, Pinel, Revkin, Cohen & Cohen, 2006).

Wilson y sus colaboradores (2006) señalan que los cambios duraderos en el cerebro son los que permiten el aprendizaje. Para Ana Wilson y Stanislas Dehaene (2006) autores de *La carrera de los números*, este programa provee un entrenamiento intensivo en el área de las matemáticas para niños pequeños. Está diseñado para brindar al niño entrenamiento en el sentido numérico y operaciones de suma y resta de forma individualizada, y se adapta a la habilidad individual de cada estudiante (Wilson et al., 2006).

Aquellos programas educativos que se adaptan al potencial de cada estudiante son los que resultan más efectivos a la hora de aprender. Éstos minimizan el fracaso manteniendo la dificultad adecuada para cada estudiante; estimulan cognitivamente las necesidades de forma individual y regulan el progreso en el aprendizaje de cada uno de los niños. El uso de la computadora potencia el aprendizaje como resultado de la fascinación que tiene el niño por los recursos digitales debido a los estímulos multisensoriales que éstos emiten. Además, ayudan en la regulación permanente del nivel de dificultad, proporcionando un entrenamiento efectivo y permanente (Wilson et al., 2006; Toheed et al., 2011).

Alineados con la metodología *Dominio de aprender*, los creadores de *La carrera de los números* dividen a los contenidos matemáticos en varias unidades de conocimiento. Esta estrategia facilita y refuerza el aprendizaje, permite al estudiante superar niveles de conocimiento y experimentar con niveles más complejos. Estas unidades de conocimiento son: a) representación cuantitativa del sentido numérico con su representación simbólica; b) conexión de la representación cuantitativa no verbal con la representación simbólica de los números arábigos; c) conexión de la representación cuantitativa no verbal con la representación verbal; d) comparación de números a través de operaciones de suma y resta. *La carrera de los números* logra hacer que el niño maneje el mundo numérico, preste atención en lo que hace y se motive por aprender (Wilson et al., 2006).

*La carrera de los números* empata perfectamente con la Teoría del Triple Código porque al abordar las cuatro unidades de conocimiento descritas anteriormente, el niño está trabajando en los tres niveles: el de representación, el verbal y el de la cantidad. Esta estructura del programa le facilita al niño llegar a un aprendizaje más profundo del número y sus relaciones. El programa permite una adaptación del nivel y de la complejidad tomando en cuenta la edad del niño, los conocimientos previos, la velocidad del aprendizaje individual y la comprensión del concepto que tiene cada uno (Wilson et al., 2006).

La motivación inicial por este tipo de programas produce en el cerebro medio descargas de dopamina o actividad dopaenergética (Howard-Jones, Demetriou, Bogacz, Yoo, Leonard, 2011). Este neurotransmisor se activa y se incrementa cuando el niño está expuesto a una actividad placentera como jugar en la computadora. La motivación se relaciona con la descarga de dopamina en el cerebro medio en la región llamada estrato ventral. Se localiza en un pequeño núcleo densamente poblado de neuronas, el núcleo accumbens que es el responsable de responder a la motivación (Howard-Jones et al., 2011).

Estudios recientes han demostrado que este núcleo se activa con el deseo que tiene el niño por seguir jugando (Howard-Jones et al., 2011). La persona motivada por el juego empieza a jugar, hay siempre una recompensa de por medio en todo juego. La recompensa vuelve más interesante al juego y provoca una descarga adicional de dopamina en el cerebro medio. La recompensa incierta es el factor emocional que vuelve a un juego más atractivo para los niños (Howard-Jones et al., 2011).

Howard-Jones y sus colegas (2011) hablando de este proceso dicen: “la recompensa focaliza la atención de los individuos hacia un estímulo más que hacia otro, haciendo a éste más fácil de recordar” (p.35 traducido por la autora). El tipo de atención a la que se refiere Howard- Jones (2011) es la atención selectiva que permite que el niño se concentre en el juego y elimine todo lo que le distrae. Por otro lado, en el cerebro la descarga de dopamina provoca que se active la atención ejecutiva. Ésta permite que durante el juego se pueda funcionar satisfactoriamente, responder a los requerimientos del juego de manera efectiva, tomar decisiones, corregir errores y resolver conflictos (Posner et al., 2007).

Varios estudios se han realizado con programas computarizados que usan los principios neurocientíficos para su realización. Ana Wilson y sus colaboradores (2006) trabajaron con *La carrera de los números* durante cinco semanas con nueve niños en períodos de una hora y media cada día. El progreso de los estudiantes fue notorio, especialmente en la

confianza y seguridad que los niños demostraban frente a la tarea. En otro estudio, Toheed y sus colaboradores (2011) trabajaron durante seis semanas con niños de quinto y sexto grado en geometría. El resultado fue que el grupo de 25 niños con el que se realizó la intervención superó al grupo de control en un cinco por ciento en su desempeño académico (Wilson et al., 2006; Toheed et al., 2011).

Cada vez es más amplia y avanzada la literatura científica sobre estos temas. Muchos investigadores de todo el mundo realizan estudios acerca de las estrategias más efectivas para el aprendizaje. Esto guía el trabajo de los maestros a nivel mundial. Los maestros están interesados en aprender y comprender más sobre los niños y el proceso para llegar al conocimiento. La presente revisión de la literatura explica de manera general la estructura y funcionamiento de la corteza prefrontal del cerebro humano, las funciones ejecutivas y su relación con el aprendizaje de la matemática y de la resta. Al incluir, en la presente revisión de literatura, material de reciente publicación se busca responder de forma oportuna y eficaz a la pregunta planteada y además permite llevar a cabo la investigación de campo presentada en el siguiente capítulo de este estudio.

### CAPÍTULO 3: METODOLOGÍA Y DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN

El presente trabajo fue una investigación cuasi-experimental de tipo cuantitativo (Creswell, 2005). En ésta se analizó, de cada uno de los participantes, la influencia del entrenamiento en las funciones ejecutivas y en el desarrollo del sentido numérico para restar. Para la investigación se escogió una población de 50 niños de ocho años distribuidos en dos grupos.

Esta investigación pretendió demostrar que el bajo rendimiento en matemáticas, en niños pequeños, está relacionado con el nivel madurativo de cada individuo y su desempeño personal en las actividades que se proponen en el aula. En definitiva, determinar el impacto, en niños de ocho años, de un entrenamiento apropiado sobre el desempeño de las funciones ejecutivas y de la resta. Por esta razón y para contestar de mejor forma la pregunta de investigación, ¿Cómo y hasta qué punto el entrenamiento con el programa *La carrera de los números* tiene impacto en el nivel madurativo de las funciones ejecutivas y en el desempeño matemático en la resta de los niños de ocho años?, la investigación de campo se enfocó en propiciar un entrenamiento con el programa *La carrera de los números* (variable independiente). Luego de esta intervención medir la capacidad ejecutiva de los niños en lo que se refiere a actualización, cambio de estrategia e inhibición y determinar los progresos de los participantes en el desempeño matemático de la resta (variable dependiente).

El estudio fue cuasi- experimental. En él se escogió aleatoriamente al grupo de control y al grupo de entrenamiento. El método que definió la aleatoriedad estuvo dado lanzando una moneda. La intervención tuvo como objetivo investigar los posibles efectos del entrenamiento en el desempeño matemático de los niños, específicamente en la resta.

El método escogido fue de tipo cuantitativo; que es el que recoge y analiza datos numéricos acerca de las variables y estudia la relación entre variables cuantificadas (Creswell, 2005). El estudio fue un estudio tipo panel; el mismo que se denomina seccional

ya que compara a dos grupos en su desempeño educativo en un período determinado de tiempo. El estudio tipo panel evalúa una y otra vez al mismo grupo de personas con el propósito de descubrir si se dan cambios en ese grupo luego de transcurrido un cierto tiempo (Creswell, 2005). A cada uno de los dos grupos, control y entrenamiento, se les tomó el pretest y después de dos meses de entrenamiento se les volvió a evaluar en un postest y en un examen convencional de matemáticas. En ese momento se midieron los cambios ocurridos en la variable dependiente sobre el grupo de entrenamiento.

### **Justificación y diseño de investigación**

Se realizó un análisis de las metodologías usadas actualmente en la investigación de campo. Para contestar de mejor manera la pregunta de investigación se creyó conveniente usar la investigación cuasi- experimental. Este tipo de investigación estudia una situación bien definida con un análisis de inicio, hace una intervención y al final vuelve a evaluar a los participantes después de un tiempo determinado (Creswell, 2005).

Para hacer una real medición de la situación que se investigó y con el objeto de determinar el impacto que tuvo la intervención sobre las funciones ejecutivas y sobre el aprendizaje de la resta, la mejor manera de determinar los resultados fue trabajar con una investigación cuantitativa. Este tipo de investigación es la mejor forma de trabajar un estudio que hace una intervención y que tiene un test para evaluación de resultados cuantificados. Los resultados del pretest y postest fueron de tipo numérico, así como también los datos obtenidos del entrenamiento (Creswell, 2005).

El flujograma del proceso de investigación en base al esquema de investigación se resume en la Figura 5.

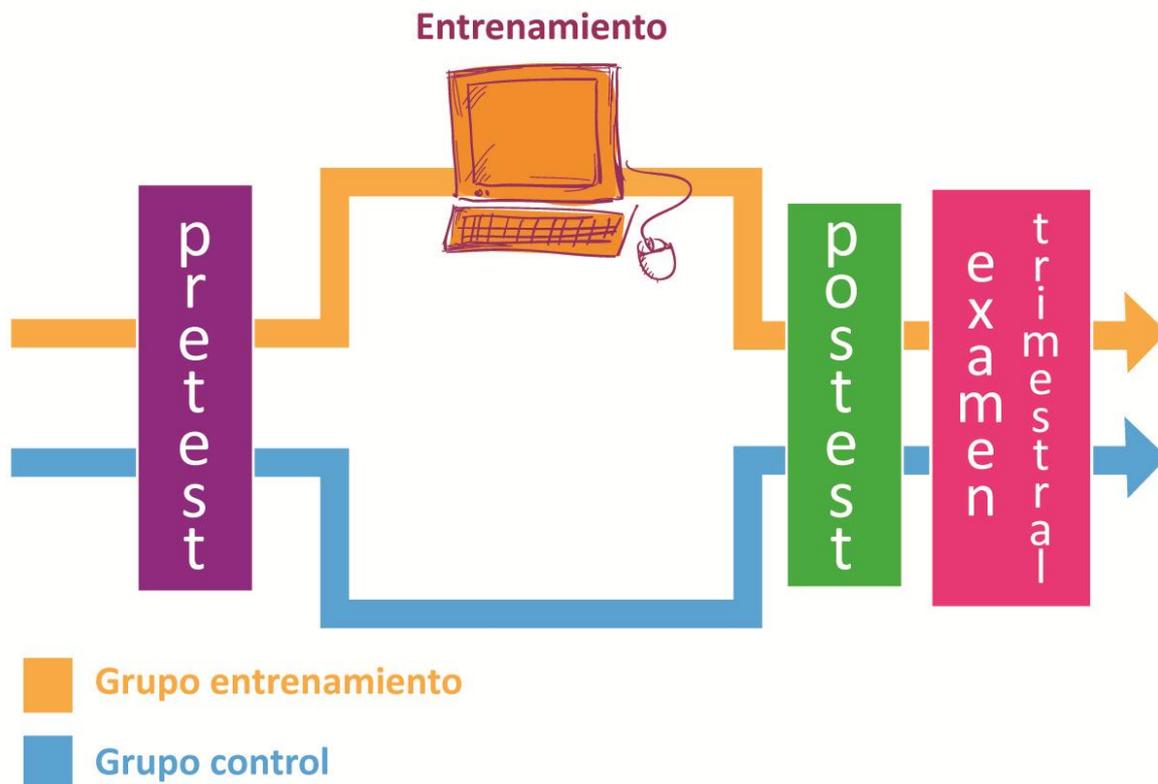


Figura 5. Flujograma del proceso de investigación.

### Esquema de diseño.

El tipo de pregunta que se planteó para el siguiente trabajo de investigación requiere de un diseño en tres etapas, las mismas que se especifican a continuación y que van a permitir llegar a conclusiones válidas dentro del proceso de investigación. El código de símbolos que se manejó fue el siguiente: E1 grupo uno o de entrenamiento; C2 grupo dos o de Control; X intervención o entrenamiento;  $\sim X$  sin intervención o entrenamiento; E3 corresponde al grupo uno, dos meses después de la intervención y por último el C4 corresponde al grupo dos no intervenido, dos meses después.

El diseño entonces se explica en el siguiente esquema:

E1      X      E3

C2       $\sim X$       C4

Se empezó E1= C2      dos grupos iguales en términos generales (hipótesis)

Después del entrenamiento  $E3 > E1$  y  $C4 \approx C2$  6 semanas después (tesis)

El resultado esperado sería  $E3 > C4$  (conclusión)

### **Herramientas de investigación**

Para obtener la información sobre el desarrollo de las funciones ejecutivas y su repercusión en el aprendizaje de la resta se propuso utilizar dos instrumentos: ENFEN o *Evaluación Neuropsicológica de las funciones ejecutivas en niños* y el examen de matemáticas para tercero de básica correspondiente al tercer trimestre. Estos instrumentos fueron aplicados en diferentes instancias del estudio. La utilización y aplicación del test ENFEN fue aprobada por el Comité de Bioética de la Universidad San Francisco de Quito. En esta aprobación el comité avaló estos instrumentos después de estudiarlos minuciosamente (ver Anexo A). El presente estudio, para la intervención del grupo de entrenamiento, trabajó con el software *La carrera de los números*. Tanto ENFEN como *La carrera de los números* ya han sido utilizados anteriormente y sus características se detallan a continuación. Ambos instrumentos están en español y han sido aplicados y probados en otras partes del mundo (Wilson, Revkin et al., 2006; Portellano et al., 2009). Por esta razón no se necesitó la elaboración de una prueba piloto ya que la investigadora consideró que el vocabulario es el apropiado para los niños ecuatorianos que participaron en el estudio.

#### **Instrumento de evaluación de pre y postest.**

ENFEN es un test de ediciones Tea elaborado en España. Evalúa las funciones ejecutivas en niños de 6 a 12 años. ENFEN es una batería que mide el desarrollo madurativo global de los niños, el mismo que incide especialmente en la evaluación de las funciones ejecutivas del cerebro. La batería consta de cuatro pruebas (ver Anexo B): fluidez verbal, construcción de senderos, construcción con anillas, resistencia a la interferencia (Portellano et al., 2009).

Este test, editado por Tea, es el instrumento que permite diagnosticar las principales funciones ejecutivas en niños de habla hispana. Es un aporte en el diagnóstico de la neurociología infantil y responde a una filosofía de la empresa editora que va encaminada a contribuir con la calidad de vida de los niños. Profundiza en la relación conducta cerebro de la población infantil y es resultado del estudio e investigación de sus autores durante 30 años (Portellano et al., 2009).

ENFEN es un test que se ha elaborado de forma definitiva luego de ser probado en niños de habla hispana de la Comunidad de Madrid. Las pruebas piloto realizadas por los editores se las aplicó a niños provenientes de diferentes estratos socioeconómicos y socioculturales. Para su edición definitiva se aplicó a 837 niños comprendidos entre 6 y 12 años de edad con una prueba piloto de 223 niños. Esta prueba permitió pulir las preguntas e incluso hacer cambios definitivos en las mismas. La edad media de los niños fue de 9,47 con una desviación típica de 1,9. El tiempo promedio de aplicación de la prueba fue de 29,49 minutos con una desviación típica de 6,37. El manual de la prueba recomienda que se la aplique en un tiempo aproximado de 20 minutos (Portellano et al., 2009).

El cuadernillo que viene con el test permite registrar los datos y hacer las correcciones necesarias para calcular las puntuaciones y obtener el perfil del desarrollo madurativo de cada estudiante en cuanto a sus funciones ejecutivas. Hay que entender que la prueba sirve para niños entre 6 y 12 años. Es por esto que el perfil es calculado dependiendo de la edad de cada estudiante. El decatipo es un cálculo establecido por el test en cuanto a la edad de cada alumno y a su puntuación. Viene listo en una tabla a la que se tiene que ajustar cada test (ver Anexo C). Este proceso determina que un niño tiene un desarrollo, en sus funciones, en siete categorías: muy alto, alto, medio alto, medio, medio bajo, bajo o muy bajo (Portellano et al., 2009).

La evaluación con ENFEN a los niños de los dos grupos se la realizó en las mismas instalaciones de la institución educativa donde estudian los participantes. Esta evaluación se la realizó de forma individual y dedicando el tiempo que requería cada niño. El pretest y postest de cada niño los aplicó la investigadora, empezando por el grupo de entrenamiento.

### **Instrumento de intervención.**

*La carrera de los números* fue el instrumento utilizado para la intervención. Éste es un software elaborado por Anna Wilson, Stanislane Dehaene y otros colaboradores suyos (2006). Esta herramienta computarizada está disponible en digital y entrena a los niños tanto en desempeño y comprensión numérica como en resta. *La carrera de los números* es la versión en español de “*Number race*”. Para el entrenamiento, a los participantes en este estudio, se utilizó la última edición de este programa (mayo de 2012).

Este programa fue creado para padres, profesores e investigadores que quieren trabajar con niños en el entrenamiento y remediación numérica, así como también en la prevención de discalculia. Entrena básicamente en el sentido numérico, comparación entre números, numeración, correspondencia uno a uno, conteo, suma y resta. Está desarrollado en base al conocimiento que los autores tienen sobre los circuitos neuronales que funcionan para la cognición matemática (Wilson et al., 2006). Tanto Ana Wilson como Stanislane Dehaene son investigadores neurocientíficos de renombre mundial que vienen trabajando mucho tiempo en estudiar el cerebro y han escrito sobre temas relacionados con su aprendizaje. El software ha sido probado en muchas partes del mundo con niños en similares condiciones a las de los participantes de este estudio (Wilson et al., 2006).

Lo interesante del software es que está programado para ser ajustado al nivel de cada estudiante. Después de la tercera vez que el niño juega, el mismo programa se encarga de regular el tiempo y la dificultad de las tareas; de esa forma se vuelve el entrenamiento totalmente individualizado y su efectividad es mayor. Otro aspecto que se debe señalar es

que el software es muy fácil de usar y el niño prácticamente no necesita supervisión de un adulto.

### **Procedimiento de intervención.**

La intervención fue realizada durante 6 semanas. Durante este período de tiempo los niños asistieron al laboratorio de computación en dos períodos, por semana, de cuarenta y cinco minutos cada uno. Cada estudiante trabajó de forma individual para lo cual se le proporcionó una computadora cargada con el programa *La carrera de los números*.

El programa está adaptado, como se dijo en la revisión de literatura, a la edad, al nivel de conocimientos y a la velocidad del aprendizaje de cada niño. Esta adaptación viene dada por el nivel recomendado para cada edad. La investigadora escogió el nivel diez ya que consideró el más apropiado para el grupo de intervención. El programa, al tercer juego, va adaptando el nivel de dificultad y cuando tiene 20 juegos realizados va, aleatoriamente, midiendo la posibilidad que tiene el niño de ganar. El programa modela un 75% de los juegos para que el niño gane. De esa forma, el programa automáticamente regula la dificultad de cada juego. El liberar más personajes en el juego y ganar más carreras es la meta que los niños quieren alcanzar; y de esa manera se motivan para seguir jugando y ganar el juego. Los pasos de la intervención se detallan a continuación tomando en cuenta que la asistencia fue bastante regular y no afectó al desarrollo de la misma.

El primer paso coincidió con la primera sesión de intervención en la que los niños registraron sus datos de forma digital. Esto permitió obtener los datos de avance individual en la intervención de todos y cada uno de los períodos de trabajo. Cada estudiante registró su seudónimo como identificación.

En el paso número dos, una vez registrados los datos del alumno en cada computadora, cada alumno jugó *La carrera de los números* aproximadamente 10 sesiones. En cada sesión se grabaron datos sobre su desempeño y entrenamiento en funciones

ejecutivas y resta. Para cada período o sesión el niño avanzó en el juego y cuando completó cada carrera o circuito obtuvo la recompensa planificada por el mismo.

### **Descripción de los participantes y muestreo**

En este trabajo se investigó a dos grupos de alumnos que correspondieron a la muestra de estudio, la misma que se la puede considerar como por conveniencia puesto que se escogió a los niños que habían cumplido ocho años y que estudiaban en la institución educativa donde trabaja la investigadora. Además se considera a este tipo de muestra por conglomerado ya que los grupos estaban previamente definidos por la institución educativa donde los participantes estudian.

Se escogió alumnos en las mismas condiciones académicas, socioeconómicas, de edad, género y número; lo que hace que ciertas condiciones básicas en la investigación estuvieran controladas por la investigadora. Los participantes escogidos fueron dos grupos de 25 niños cada uno. Todos los niños estudian en el Liceo Internacional, una institución educativa privada en Quito, Ecuador, ubicada en el Nor-orienté de la ciudad. El Liceo Internacional sirve a niños y jóvenes que pueden pagar su colegiatura y que están comprendidos entre los 3 y 18 años.

#### **Número, género y nivel socioeconómico.**

Los participantes en el estudio fueron 50 niños, hombres y mujeres, estudiantes del Liceo internacional que tenían los mismos programas de estudio y las mismas políticas de enseñanza. Tenían las mismas condiciones académicas debido a que han estado por lo menos segundo y tercer año de básica asistiendo a clases regulares en la misma institución educativa. Algo interesante que anotar es que cada grupo había contado con diferentes maestras; siendo ésta una limitación para que los dos grupos sean idénticos, pero pudiendo considerarlos iguales por el resto de condiciones dadas.

Todos los participantes en este estudio tuvieron entre 7 años 11 meses y 8 años 11 meses y fueron del mismo estrato socioeconómico, situación que se puede evidenciar porque la institución no cuenta con pensión diferenciada. Fueron hombres y mujeres en un número prácticamente igual de ambos sexos. Tenían similares condiciones puesto que la selección de los grupos la realiza la institución educativa de forma arbitraria sin ninguna política en especial.

El Liceo Internacional escoge qué alumno forma parte de cada uno de los dos grupos que tiene en tercero de básica. De esa forma vienen trabajando todos los estudiantes desde el preescolar. Los grupos, tanto de intervención como de control, fueron los mismos agrupados por la escuela, esencialmente por razones de horario y de uso del laboratorio de computación, ya que la intervención tuvo una duración de aproximadamente 6 semanas en las que no se modificó horarios en el laboratorio puesto que éste está ocupado un noventa y cinco por ciento del tiempo. La aleatoriedad, como se explica más adelante, no fue por participante sino por el grupo o conglomerado.

#### **Características especiales relacionadas con este estudio.**

Una de las consideraciones éticas que este estudio tomó en cuenta fue que todos los participantes son niños menores de edad por lo tanto sus padres o representantes legales debieron firmar y aceptar el consentimiento informado para el estudio. Este consentimiento fue revisado y aprobado por el Comité de Bioética de la Universidad San Francisco de Quito (ver Anexo D). Los requerimientos básicos con los que tuvo que contar cada participante fueron: la aprobación de sus padres a través del consentimiento informado, cursar el tercer grado de educación básica, tener conocimientos básicos en computación y haber aprendido a restar.

## Fuentes y recolección de datos

La muestra fue una muestra por conveniencia ya que la investigadora trabaja, durante 24 años, en la institución educativa a la que pertenecen los participantes. Conoce la organización, el pensum y los programas de estudio del centro educativo. Para la intervención se le facilitaron los recursos tecnológicos en el laboratorio de computación del centro educativo. Este laboratorio contó con un computador para cada uno de los estudiantes. En cada computador estuvo instalado el software *La carrera de los números* que sirvió para el entrenamiento.

La tarea de recolectar los datos se especificó en la aplicación de los instrumentos ENFEN y *La carrera de los números*. A esta etapa de la investigación se le consideró el trabajo de campo, para el cual la investigadora y los participantes no necesitaron desplazamiento. El lugar donde se recolectó los datos fue la sala de computación y un salón de clase del Liceo Internacional. La información que se obtuvo con la aplicación, tanto del test ENFEN como del software *La carrera de los números*, fue de tipo numérico y se la recolectó en un período de aproximadamente dos meses entre Mayo y Julio del año 2012.

Para la recolección de datos se trabajó en tres instancias para el grupo 1: a) pretest con ENFEN, b) intervención o entrenamiento con *La carrera de los números* y c) posttest con ENFEN. En cambio para el grupo de control o grupo 2 únicamente se recolectó datos en el pre y posttest con ENFEN. Estos datos arrojaron resultados que permitieron relacionar el entrenamiento en las funciones ejecutivas y el desempeño en la resta.

La recolección de datos del Test ENFEN tuvo que ver con las cuatro secciones de las que está compuesto el test:

- **Fluidez:** en esta sección el niño debe decir la mayor cantidad de palabras sin repetir ninguna y el dato se obtuvo del número de palabras correctas (Portellano et al., 2009).

- Senderos: el niño debe unir, en orden, números de forma ascendente y descendente con un tiempo límite. Los datos se obtuvieron del número de aciertos, menos los errores, todo dividido para el tiempo requerido y multiplicado por cien (Portellano et al., 2009).
- Anillas: la prueba consiste en que se debe reproducir un modelo de anillas dado, utilizando tres ejes verticales para mover de un lado a otro las anillas hasta llegar al modelo. Los datos se los obtuvo del tiempo en segundos que se demoró cada estudiante para concluir todos los modelos. Los datos numéricos obtenidos son el número de aciertos, menos los errores, dividido para el tiempo requerido y multiplicado por cien (Portellano et al., 2009).
- Interferencia: La prueba consiste en que hay una lista de 39 palabras dispuestas igualmente en tres columnas verticales, las 39 son nombres de los colores rojo, verde, amarillo y azul. Las palabras aparecen impresas en tinta de otro color diferente al nombre de cada palabra. El niño no leerá las palabras sino que dirá el color en que está impresa esa palabra. La puntuación asignada para esta prueba será el número de aciertos, menos los errores, dividido para el tiempo requerido y multiplicado por cien (Portellano et al., 2009).

Todos los datos obtenidos en las pruebas del test arrojaron el perfil del decatipo de madurez ejecutiva de los estudiantes según su edad y desarrollo alcanzado. Este decatipo permitió ver la relación de los estudiantes dentro de su propio grupo y frente a los del otro grupo, después de las seis semanas que dura el entrenamiento (Portellano et al., 2009). La autora de esta investigación agrupó los datos de las secciones de ENFEN según las características de cada una de las funciones ejecutivas estudiadas de la manera que a en el siguiente capítulo se detalla (ver Figura 6).

Para obtener los datos del entrenamiento que los alumnos del grupo uno realizaron, el software *La carrera de los números* tiene en el programa un archivo denominado data. Data graba todas y cada una de las sesiones de los niños y de esa manera la investigadora pudo recolectar datos por cada alumno. Los datos que se quedan registrados en la memoria del programa son muchos, pero se seleccionó los que son útiles para el estudio como: el número de sesiones trabajadas, en qué tiempo se trabajó, la velocidad con que se da cada respuesta, cuántos errores y cuántos aciertos tiene cada participante, el nivel de inicio y el nivel final después de las seis semanas de trabajo.

Para obtener los datos del examen convencional de matemáticas, correspondiente al tercer trimestre, de los alumnos de tercero de básica, la investigadora recurrió a los archivos de la escuela. La entrega de los mismos se realizó por parte de la secretaría académica manteniendo la confidencialidad de los mismos. Esto quiere decir que la investigadora no conoció a qué participante correspondía qué nota.

### **Manejo de datos.**

La depuración y limpieza de los datos se realizó de manera separada tanto para el grupo de entrenamiento (grupo 1) como para el grupo de control (grupo 2). Se obtuvieron los datos tanto del test como de la intervención. Esto permitió extraer la información necesaria para el análisis de los datos. Los datos se procesaron de forma comparativa entre grupos haciendo uso de las pruebas ANOVA y T test y de esa forma se pudo responder a la pregunta de investigación. Las tablas para el grupo de control y de entrenamiento son iguales en su formato, lo que varía son los datos obtenidos en cada caso. En el siguiente capítulo, con los datos depurados, se procederá al análisis de los mismos para poder contestar la pregunta de tesis y de esta manera aceptar o rechazar la hipótesis planteada por la investigadora: con entrenamiento adecuado se obtiene mayor desarrollo ejecutivo y mayor capacidad numérica para la resta.

## CAPÍTULO 4: ANÁLISIS DE DATOS

### Detalles del análisis

El siguiente análisis tiene el propósito de determinar el impacto que tuvo el entrenamiento con *La carrera de los números* en las capacidades o funciones ejecutivas de los participantes y en el desempeño en la resta. Con este propósito se han recolectado datos que provienen, como se especifica en el capítulo anterior, básicamente de tres fuentes, el test ENFEN, el software matemático *La carrera de los números* y el examen del tercer trimestre. El análisis, además, pretende demostrar la importancia de conocer a fondo cómo el niño aprende y puede llegar al conocimiento haciendo uso de las habilidades ejecutivas y cuáles de éstas se relacionan con el aprendizaje de la matemática. En definitiva, el análisis explica cómo el entrenamiento en funciones ejecutivas puede cambiar el desarrollo y progreso de los estudiantes en sus capacidades numéricas o matemáticas, respondiendo así a la pregunta planteada al inicio de esta investigación, así como también investigar la relación entre las variables dependiente e independiente.

Para comparar el grupo de intervención con el de control, el análisis se lo elaboró por temas. Los temas son los relacionados con las funciones ejecutivas, en primer lugar, y su entrenamiento, en segundo lugar. Se hace un amplio recuento de cómo se comportó el grupo de intervención en su proceso de entrenamiento. Y por último, se analiza el desempeño de la resta y el sentido numérico en ambos grupos. El diseño de la investigación, como se explica en el capítulo anterior, se esquematiza en el flujograma del proceso de investigación (ver figura 5). A partir de este esquema el análisis de los datos se resume en los siguientes pasos.

El primer paso es demostrar que el grupo uno, de entrenamiento, es similar al grupo dos, de control ( $E1=C2$ ). Se logra esta demostración a través de ANOVA, el mismo que compara en el pretest, el desarrollo de las funciones ejecutivas o nivel madurativo de cada uno de los participantes y también de ambos grupos en general.

El segundo paso es determinar la situación de los dos grupos luego del entrenamiento. Para esto se compara el pretest y posttest del mismo grupo con seis semanas de diferencia entre el un test y el otro. Se usa para este procedimiento dos T test por separado de cada grupo con el objetivo de determinar el avance de cada uno ( $E3 > E1$  y  $C2 \approx C4$ ).

A continuación, cuando habían transcurrido seis semanas, se compara a través de ANOVA al grupo uno con intervención (E3) y al grupo dos sin ella (C4) para llegar a determinar el impacto del entrenamiento sobre el grupo de estudio. Se analiza los datos y resultados que los niños obtuvieron en el programa La carrera de los números en cuanto a varios aspectos importantes como juegos ganados y perdidos; velocidad para dar una respuesta; distancia entre números para compararlos; entre otras. Éstos permitieron analizar el desempeño de cada uno de los estudiantes y de todo el grupo de manera global ( $E3 > C4$ ).

Como último paso se analiza el resultado que tuvieron los estudiantes en el examen convencional de matemáticas del tercer trimestre ( $E3 > C4$ ). Este examen se tomó a los dos grupos por igual en el mismo día. Cabe destacar que en este examen, la investigadora no tuvo ninguna intervención y que éste evalúa varios aspectos del aprendizaje numérico de los niños en los que estaba incluido el tema de resta.

#### **Análisis de pretest de funciones ejecutivas.**

Como se detalla en la revisión de literatura, el nivel madurativo de un niño depende, en términos generales, de la madurez a nivel de la corteza de asociación y más específicamente de la corteza prefrontal. El niño, dependiendo de su edad cronológica, debe responder efectivamente a planificar, coordinar, ejecutar y supervisar sus procesos de pensamiento más abstractos y complejos. El sistema ejecutivo guarda una relación estrecha con el tipo de actividades intencionales, novedosas y no rutinarias que exigen de un niño inhibirse de respuestas habituales o aceleradas. Requiere de una planeación del desempeño y

de poder tomar decisiones en el momento de cambiar de estrategia. En definitiva llegar a procesos con un grado mayor de abstracción (Portellano et al., 2009).

Para determinar el nivel madurativo del niño se tomó el test ENFEN y se recogieron los datos que esta prueba plantea, organizados como se ve en la Figura 6. Esta agrupación tiene un solo criterio, que es el de juntar las pruebas que tienen relación entre si. La investigadora agrupó las pruebas en base a la revisión de literatura sobre las funciones ejecutivas con el objetivo de que a través de ellas se pueda evaluar cada una de las funciones que más se usan cuando el ser humano hace matemáticas.

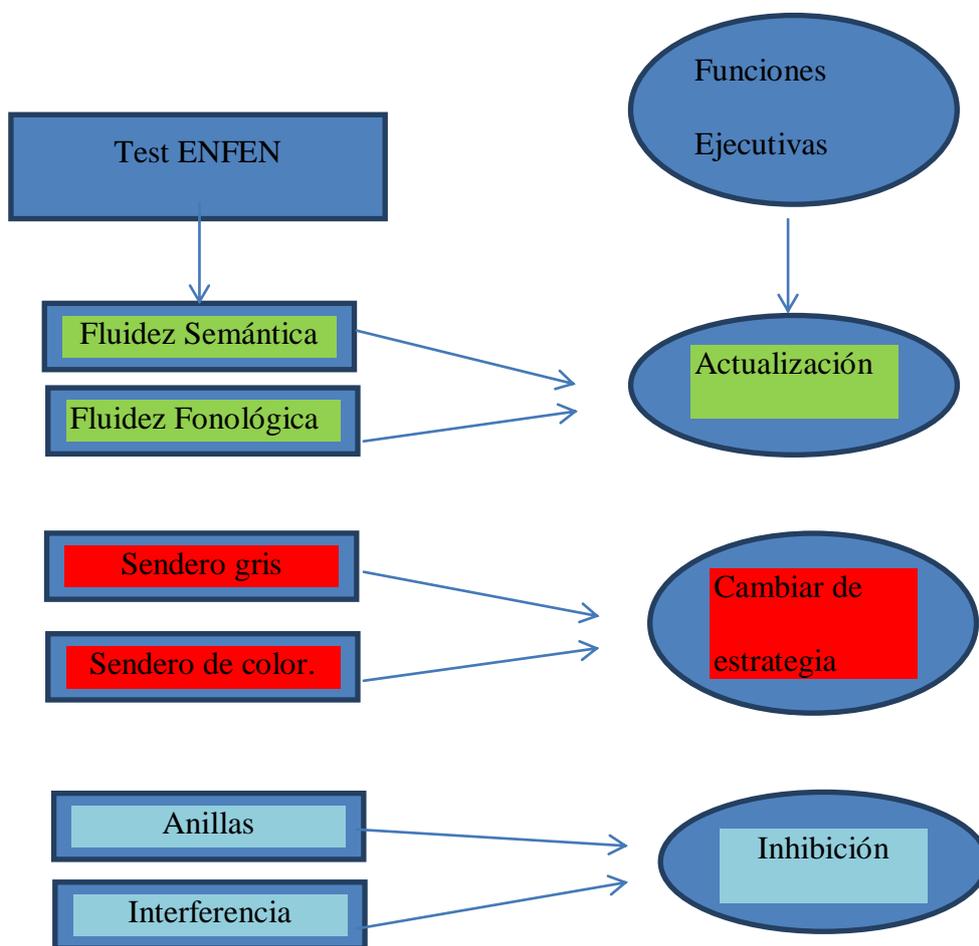


Figura 6. Esquema de recolección de datos de la prueba ENFEN

### ***Actualización.***

Los resultados obtenidos en el pretest sobre actualización corresponden a un promedio en las pruebas de fluidez. La prueba del test ENFEN de donde se obtuvieron los datos para evaluar la actualización es una prueba que está compuesta por dos subpruebas: fluidez fonológica y fluidez semántica. En la fluidez fonológica se le pide al niño monitorear y codificar la información que tenía sobre las palabras. Se le pide decir la mayor cantidad de palabras que empiecen con una letra indicada, en el caso de la prueba con la letra “m”. En cambio, en la fluidez semántica se le pide que revise lo que tiene en su memoria sobre las diferentes categorías semánticas y las palabras con que las representan. En el caso de la prueba del test utilizado para este estudio se le pide nombres de animales (Portellano et al., 2009).

Los datos numéricos están determinados por el número de palabras que cada niño dice al responder la prueba. Estos se registran en el test ENFEN en un primer momento para luego ser trasladados a un número según el decatipo determinado por la edad de los niños (ver anexo C). Por ejemplo el niño con el código 101 respondió en fluidez fonológica con nueve palabras por lo tanto obtiene en la tabla de decatipo un seis. En cambio, este mismo niño, en fluidez semántica respondió con 15 palabras y por esa razón obtiene siete en este aspecto. El grupo de entrenamiento y de control obtuvieron los datos registrados a continuación en la Tabla 1.

De los resultados del grupo de entrenamiento se obtiene que: un 28% de los participantes tienen una actualización alta, un 64% actualización media y un 8% actualización baja. De los resultados del grupo de control se obtiene que: un 16% de los participantes tienen una actualización alta, un 60% actualización media y un 24% actualización baja.

Tabla 1. Grupos de entrenamiento y control. Pretest. Actualización.

Grupo de Entrenamiento			Grupo de Control		
Código participante	Fluidez fonológica	Fluidez semántica	Código participante	Fluidez fonológica	Fluidez semántica
101	6	7	201	7	8
102	9	8	202	10	9
103	9	8	203	10	9
104	8	7	204	9	8
105	6	7	205	7	8
106	4	1	206	5	2
107	6	7	207	7	8
108	6	7	208	7	8
109	8	7	209	9	8
110	4	1	210	5	2
111	6	7	211	6	7
112	6	7	212	7	8
113	4	7	213	3	6
114	8	7	214	7	6
115	8	1	215	7	1
116	4	7	216	3	6
117	7	7	217	6	6
118	6	7	218	5	6
119	9	8	219	8	7
120	6	7	220	5	6
121	8	7	221	7	8
122	4	7	222	3	6
123	6	7	223	5	6
124	9	8	224	8	7
125	8	7	225	7	6

Se debe enfatizar que en un inicio (pretest) los dos grupos, el de entrenamiento y el de control, fueron similares en cuanto a las habilidades de actualización (ver Figura 7). Los dos grupos presentaron un mismo rango de actualización media. Ambos grupos superaron el 60%, notándose muy poca variación en la actualización alta y baja entre los dos grupos. La inteligencia fluida es uno de los procesos más característicos de la función ejecutiva de actualización. Este proceso permite poner en marcha el razonamiento, la abstracción y la utilización de los códigos simbólicos sobre todo los de mayor complejidad (Portellano et al., 2009).

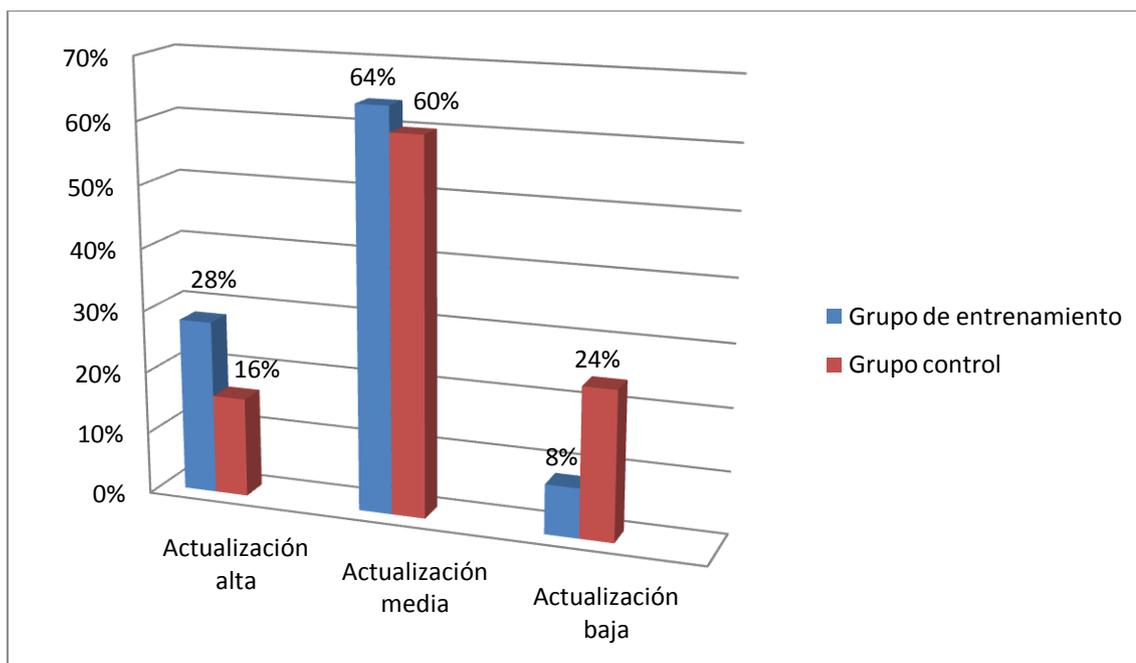


Figura 7. Resultados Pretest de Actualización.

Se podría decir que ambos grupos empiezan siendo similares en la función ejecutiva de actualización. Como se menciona en la revisión de literatura la actualización tiene estrecha relación con la memoria de trabajo. Además, le permite al niño monitorear y codificar información previa, revisar apropiadamente información que está guardada en la memoria, reemplazar información no relevante con nueva información, actualizando lo que conoce. La actualización es la manera cómo se vuelve dinámica la memoria de trabajo (Portellano et al., 2009).

La fluidez fonológica es una tarea de lenguaje expresivo que incrementa la actividad del hemisferio izquierdo, especialmente en las áreas premotoras del lóbulo frontal. La fluidez fonológica activa el área de Broca cuando se le pide al niño decir el mayor número de palabras con “m”. Además, pone en juego estrategias del lenguaje expresivo y recurre a la evocación de su propio vocabulario personal. Esta actividad inmediatamente pone en marcha el lenguaje comprensivo del área de Wernicke. Se hacen conexiones neuronales entre ambas regiones y el niño puede decir las palabras correctas con una velocidad adecuada para su edad (Portellano et al., 2009).

Por otro lado, la fluidez semántica, a más de activar las regiones antes mencionadas, exige de un mayor esfuerzo cognitivo, ya que al evocar la memoria se activa el hipocampo izquierdo. La necesidad de recordar las palabras, evitando repetir las; activa la memoria operativa. Es el mismo proceso que se utiliza cuando hay que recordar un cantidad grande de números para encontrar la diferencia entre dos de ellos (restar). La actualización se usa permanentemente cuando se trabaja con números y se tiene que evocar, de la memoria, los códigos verbales, de cantidad y de representación de cada uno de ellos como se explica en la Teoría del Triple Código (Portellano et al., 2009; Van der Ven, 2011; Dehaene, 2010, en Sousa, 2010).

### ***Cambio de Estrategia.***

Los resultados obtenidos en el pretest sobre cambio de estrategia, de ambos grupos, vienen dados por el promedio de la prueba de sendero gris y la prueba de sendero de color. En el test ENFEN el cambio de estrategia se mide con la prueba de senderos. Ésta consiste en realizar dos senderos con series de números que se unen de forma descendente del veinte al uno. En el sendero gris los números tienen igual color y en el sendero de color hay que ir alternando cada número con dos colores diferentes (ver Anexo B). La puntuación de los senderos se obtiene de la siguiente fórmula:

$$PD = \frac{Aciertos - (Omisiones + Sustituciones)}{Tiempo} \times 100$$

Para dar una puntuación es necesario contar el número de uniones correctas o aciertos. A este puntaje se le debe restar el número de errores. Los errores están compuestos de las conexiones que no hizo u omisiones, y de los errores o sustituciones. El participante puede rectificar un error y hacer bien en el segundo intento. De esa manera se contabilizarán las sustituciones realizadas. La prueba le permite al participante cambiar de estrategia y esto es valioso para obtener la puntuación. La prueba exige poner en marcha las estrategias de programación y decidir tomando en cuenta el tiempo en el que se realiza la misma. La

prueba de sendero gris exige menor esfuerzo cognitivo ya que es más fácil planificar el sendero cuando hay un solo color, lo que no sucede con el sendero de color en el que hay que alternar cada número con los dos colores (Portellano et al., 2009). El resultado obtenido de la fórmula antes mencionada, se lo traduce a la puntuación según la tabla del test ENFEN (Anexo C). Los dos grupos obtuvieron los siguientes resultados:

Tabla 2. Grupos de entrenamiento y control. Pretest. Cambio de estrategia.

Grupo de Entrenamiento			Grupo de Control		
Código participante	Sendero gris	Sendero color	Código participante	Sendero gris	Sendero color
101	4	5	201	5	6
102	6	7	202	7	8
103	8	6	203	9	7
104	9	9	204	10	10
105	7	9	205	8	9
106	5	4	206	6	5
107	4	5	207	5	6
108	6	7	208	7	8
109	9	7	209	10	8
110	6	5	210	7	6
111	10	4	211	10	5
112	6	7	212	7	8
113	9	5	213	8	4
114	6	6	214	5	5
115	4	7	215	3	6
116	7	4	216	6	3
117	7	7	217	6	6
118	7	9	218	6	8
119	6	7	219	5	6
120	7	9	220	6	8
121	9	7	221	8	6
122	9	5	222	8	4
123	4	5	223	3	4
124	6	7	224	7	6
125	9	7	225	8	6

De los resultados del grupo de entrenamiento se obtiene que: un 28% de los participantes tiene un cambio de estrategia alta, un 72% cambio de estrategia media y un 0% cambio de estrategia baja. En cambio, de los resultados del grupo de control se obtiene que: un 16% de los participantes tienen un cambio de estrategia alta, un 80% cambio de estrategia media y un 4% cambio de estrategia baja.

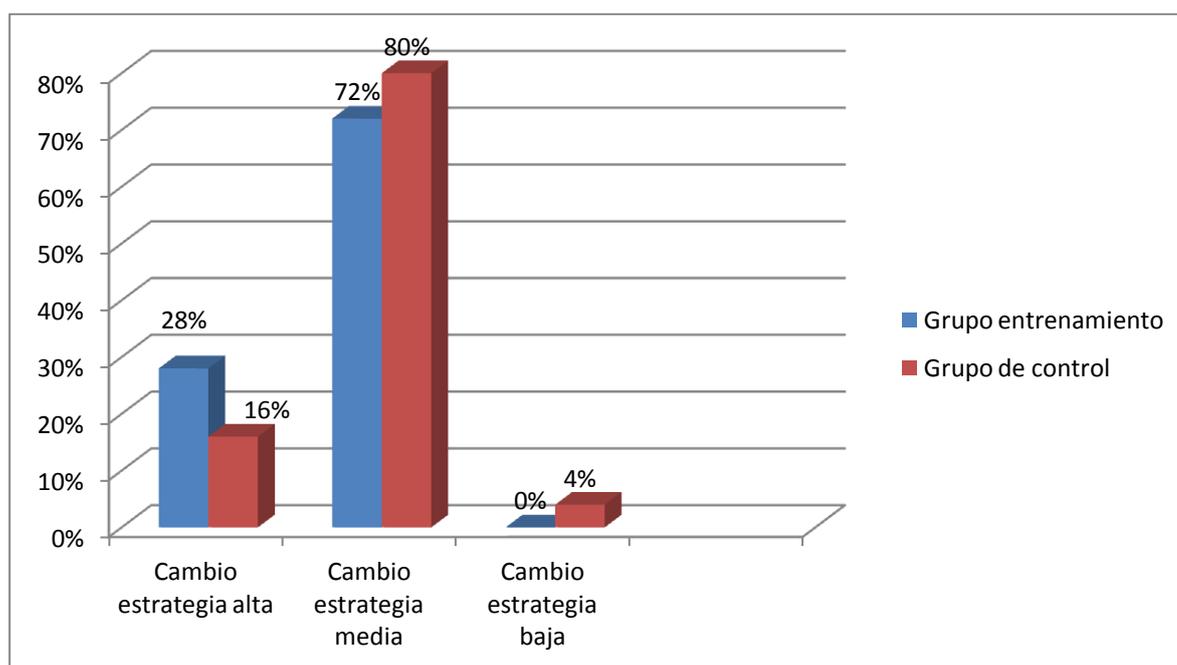


Figura 8. Resultados Pretest de Cambio de estrategia.

Se debe anotar que en un inicio (pretest) los dos grupos, el de entrenamiento y el de control, son similares en cuanto a las habilidades de cambio de estrategia. En los dos grupos la habilidad de cambiar de estrategia está presente en un número considerable de participantes. Por lo menos el 70% de ellos obtuvieron una puntuación media, notándose la presencia de un número reducido de participantes en el rango alto y muy reducido en el rango bajo en lo que a la función ejecutiva de cambio de estrategia se refiere.

Como se menciona en la revisión de literatura de este estudio, y en base a los datos obtenidos por el trabajo de campo, los niños en su mayoría (70%) tiene la habilidad de cambiar de estrategia, siendo esta una habilidad del pensamiento flexible. Esto quiere decir

que los niños, motivo de este estudio, están en capacidad de acomodar una estrategia a una determinada tarea, operación o esquema mental. Se podría decir que es la habilidad de agregar o desagregar conocimientos anteriores frente a una nueva tarea. Es moverse flexiblemente en los conocimientos. De esa forma se puede actuar en respuesta a un nuevo estímulo y desempeñarse satisfactoriamente.

En la prueba se evalúa, con el cambio de estrategia, la flexibilidad cognitiva; con el cambio de color, la capacidad de utilizar diferentes estrategias y programar la conducta dirigida y la memoria. Otras habilidades como las grafomotoras, atención selectiva y habilidades visoespacial le permiten al participante prever y anticipar el siguiente elemento de la serie (Portellano et al., 2009). De los resultados obtenidos con estas pruebas, se sabe que los niños pueden desempeñarse satisfactoriamente en estas habilidades. Para este estudio es muy valioso evaluar al niño en series descendentes porque son las que le permiten ejercitarse en la diferencia que hay entre un número grande y otro más pequeño. En definitiva, restar es encontrar la diferencia entre ocho y cuatro cuando a ocho le quito cuatro.

### ***Inhibición.***

Para evaluar la inhibición, el presente estudio utiliza las pruebas de anillas y de interferencia. En ambas, el detenerse un momento antes de dar una respuesta acelerada es decisivo para el puntaje final. Se dedica parte del estudio a este tipo de análisis por la importancia que tiene, en matemáticas, esta habilidad de los niños. En la prueba de las anillas, el participante debe reproducir el modelo dado desde tres hasta seis anillas de colores. La tarea consiste en mover las anillas de un eje a otro siguiendo el modelo establecido y las reglas dadas. Se evalúa la inhibición pues se considera el tiempo y efectividad de la producción de la tarea. En cada uno de los 14 ensayos se tiene que llegar al modelo moviendo, de una en una, las anillas de colores a los ejes dados, con el menor número de

movimientos posibles. Los ensayos tienen una dificultad creciente aunque no necesariamente progresiva (Portellano et al., 2009).

En el caso de la prueba de las anillas la puntuación viene dada por el tiempo que se demora el niño en completar los 14 ensayos. Es de suponer que el número de movimientos es directamente proporcional al tiempo que se demora el niño en completar la tarea. Por eso la puntuación para cada decatipo solo considera el tiempo total que se demora el niño en realizar la prueba. Esta prueba es un indicativo de la capacidad del niño de programar su comportamiento y no hacer pasos apresurados, sino los necesarios para cada ensayo, de la aptitud de descomponer el problema en etapas, de la capacidad de abstraer la posición final, y, por último, del desarrollo de la memoria para no repetir pasos previamente hechos (Portellano et al., 2009).

La prueba de Interferencia, por otro lado, es una prueba típica de inhibición ya que al niño se le presenta una lámina con 39 palabras. Estas palabras son nombres de colores que están escritas con una tinta de otro color que no corresponde al nombre que se lee. En ningún caso coinciden las palabras con el color de la tinta y la alternabilidad de palabra y color no sigue un orden secuencial. El niño tendrá que detenerse un momento y decir el color de la tinta con que está escrita la palabra que lee en ese momento. Por ejemplo, la palabra rojo está escrita con azul, el niño debe decir azul.

ROJO      VERDE      AMARILLO

Para obtener la puntuación en la prueba de interferencia se toman en cuenta aciertos, omisiones, sustituciones y tiempo siguiendo la fórmula que viene establecida por el test

ENFEN:

$$I = \frac{\text{aciertos} - (\text{omisiones} + \text{sustituciones})}{\text{tiempo}} \times 100$$

Al igual que en la prueba de las anillas el niño tiene la oportunidad de rectificar si se equivoca y la prueba le considera esa opción. La prueba evalúa la atención selectiva, la

inhibición y la flexibilidad mental todas estas habilidades del pensamiento permiten dar una respuesta sin errores (Portellano et al., 2009).

Los resultados obtenidos en el pretest para los dos grupos están registrados en la siguiente tabla.

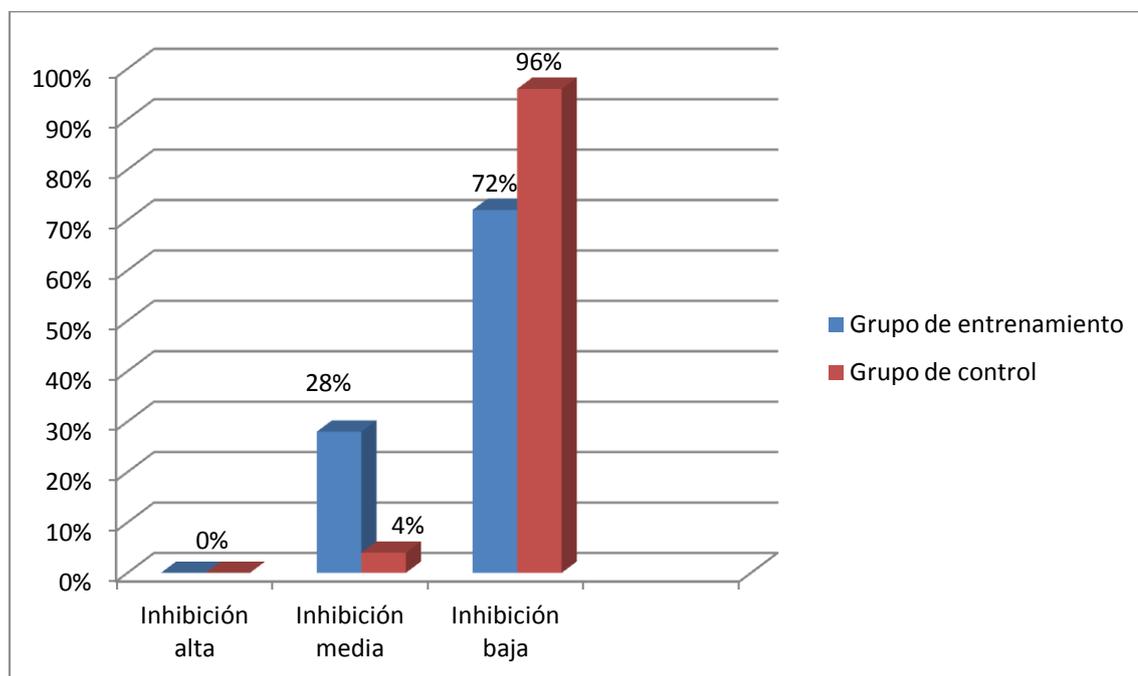
Tabla 3. Grupos de entrenamiento y control. Pretest. Inhibición.

Grupo de Entrenamiento			Grupo de Control		
Código participante	Anillas	Interferencia	Código del participante	Anillas	Interferencia
101	1	5	201	2	6
102	1	6	202	2	6
103	1	5	203	1	5
104	1	5	204	2	5
105	1	6	205	1	7
106	1	6	206	2	6
107	1	5	207	1	5
108	1	5	208	1	5
109	2	6	209	2	7
110	2	5	210	2	5
111	2	5	211	2	5
112	1	5	212	1	5
113	1	5	213	1	5
114	1	5	214	2	6
115	1	5	215	1	5
116	1	5	216	1	5
117	1	5	217	1	5
118	2	6	218	2	6
119	2	6	219	2	6
120	1	6	220	2	6
121	2	5	221	1	4
122	2	4	222	2	4
123	1	6	223	1	6
124	2	6	224	2	6
125	2	6	225	2	6

De los resultados del grupo de entrenamiento se obtiene que: un 0% de los participantes tienen una inhibición alta, un 28% inhibición media y un 72% inhibición baja.

En cambio, los resultados del grupo de control indican que: un 0% de los participantes tienen una inhibición alta, un 4% inhibición media y un 92% inhibición baja. Estos

resultados de ambos grupos vienen dados por la puntuación directa aplicando la fórmula que trae el mismo test y se puede notar en la figura siguiente la similitud de ambos grupos.



*Figura 9. Resultados Pretest de Inhibición.*

Comparando un grupo con el otro, como se muestra en el Figura 9, se puede decir que los dos grupos fueron similares en el momento de empezar el estudio en cuanto a inhibición se refiere. Ambos coinciden en que los estudiantes no contaban con una habilidad alta de detenerse un momento antes de contestar, sino por el contrario contestaban apresuradamente. En ambos grupos es mínimo el número de participantes que tenían una inhibición media; siendo muy alto el porcentaje de inhibición baja. La inhibición baja es mayor a un 70% llegando hasta un 96%; lo que indica que ambos grupos estaban en las mismas condiciones al empezar el estudio.

De la revisión de literatura y de los datos obtenidos en este análisis, se puede concluir que los niños del estudio no tienen la capacidad de realizar una tarea con planificación y previsión en cuanto a alcanzar logros dirigidos a un objetivo. La flexibilidad cognitiva de los niños se ve presente en la inhibición ya que evita la colocación de las anillas de un modo impulsivo y no premeditado. Esta función ejecutiva es de gran utilidad para un estudiante

cuando hace resta. No es necesario en esta tarea la velocidad cuanto la precisión y el rigor o claridad de sus respuestas. Cuando un niño resta está haciendo uso de la inhibición en el momento de buscar la diferencia entre dos números. Tiene que detenerse a encontrar la serie ordenada en la que debe incluir los números que va a restar. Esto es lo que Dehaene (1997) llama el efecto distancia en el sentido numérico. Para dar esta diferencia el niño no debe apresurarse con una respuesta de manera impulsiva, sino buscar la diferencia con detenimiento (Portellano et al., 2009; Dehaene, 1997).

La flexibilidad cognitiva, programar la conducta dirigida y la memoria; así como también el razonamiento, la abstracción y la utilización de los códigos simbólicos son un conjunto muy amplio de habilidades. Todas éstas están presentes en la evaluación sobre las habilidades ejecutivas. En su conjunto representan el nivel madurativo en cuanto a la capacidad ejecutiva que tiene cada niño permitiéndole desempeñarse satisfactoriamente en la vida real y en el aprendizaje escolar.

#### **Nivel madurativo de los estudiantes.**

El análisis de datos indica de forma individual y detallada cada función ejecutiva y de forma conjunta todas ellas. Cuando se ven las funciones ejecutivas como un conjunto se expresa el nivel madurativo de ejecución de los niños. El resultado de los datos obtenidos en el pretest de los dos grupos está resumido en la Tabla 4. Estos datos que corresponden al global de datos obtenidos para los dos grupos sirven para analizar y comparar el grupo de entrenamiento con el grupo de control conjuntamente. Para ello, se hace un análisis ANOVA para un sólo factor, este análisis permitirá conocer cómo está un grupo con respecto al otro. Con ANOVA se determinará si los dos grupos en un principio fueron iguales o diferentes. Si se confirma la hipótesis de que los dos grupos antes del entrenamiento fueron iguales o no lo fueron, el resultado está dado en la Tabla 5.

Tabla 4. Funciones ejecutivas en promedio

Grupo de entrenamiento	Grupo de control
4,67	5,67
6,17	7,00
6,17	6,83
6,50	7,33
6,00	6,67
3,50	4,33
4,67	5,33
5,33	6,00
6,50	7,33
3,83	4,50
5,67	5,83
5,33	6,00
5,17	4,50
5,50	5,17
4,33	3,83
4,67	4,00
5,67	5,00
6,17	5,50
6,33	5,67
6,00	5,50
6,33	5,67
5,17	4,50
4,83	4,17
6,33	6,00
6,50	5,83

Tabla 5. Análisis de varianza de un factor. Pretest. Funciones ejecutivas.

<b>RESUMEN</b>						
<i>Grupos</i>	<i>Cuenta</i>	<i>Suma</i>	<i>Promedio</i>	<i>Varianza</i>		
<b>Grupo 1</b>	<b>25</b>	<b>137,3333333</b>	<b>5,493333333</b>	<b>0,7464815</b>		
<b>Grupo 2</b>	<b>25</b>	<b>138,1666667</b>	<b>5,526666667</b>	<b>1,0293519</b>		

<b>ANÁLISIS DE VARIANZA</b>						
<i>Origen de las variaciones</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Grados de libertad</i>	<i>Promedio de los cuadrados</i>	<i>F</i>	<i>Probabilidad</i>	<i>Valor crítico para F</i>
Entre grupos	0,013888889	1	0,013888889	0,0156421	0,900992	4,0426521
Dentro de los grupos	42,62	48	0,887916667			
<b>Total</b>	<b>42,63388889</b>	<b>49</b>				

Como se puede observar en la Tabla 5 del resumen del análisis ANOVA, ésta es una prueba que compara dos grupos: el de entrenamiento y el de control, cuando hay un solo

factor a comparar. Éste factor es el promedio de las funciones ejecutivas en su conjunto (Actualización, cambio de estrategia e inhibición). De la Tabla 5 se obtienen los promedios de cada uno de los grupos y el número de participantes. En este caso los promedios son 5,49 y 5,52 y ambos grupos tienen 25 participantes. El análisis con ANOVA se centra en ver si en un primer momento, o cuando la investigación empieza estos dos grupos son iguales o diferentes.

Una vez realizada la prueba se encuentra que el valor “d” o probabilidad es mayor al valor de significancia alfa  $0,90 > 0,05$ . Decimos que el valor de significancia alfa de 0,05 corresponde a un 5%. Estadísticamente se está comprobando que los dos grupos son iguales ya que el valor “d” es mayor que alfa y no hay diferencias significativas en los dos grupos. Son básicamente similares al empezar la investigación como se puede observar en la Figura 10.

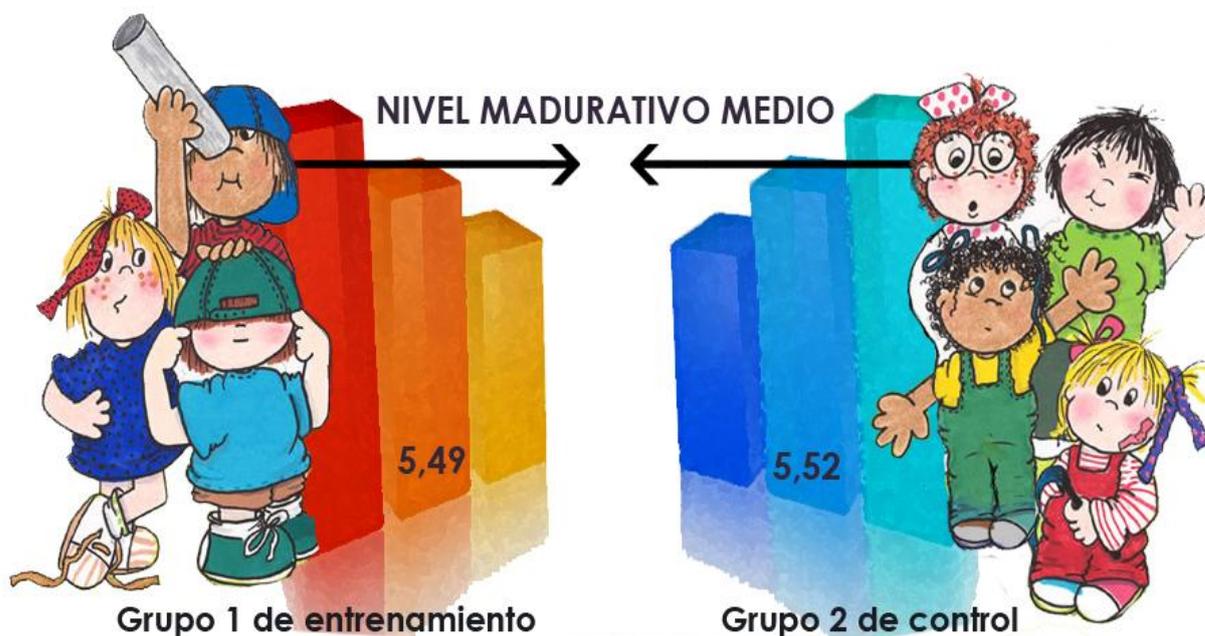


Figura 10. Comparación entre grupo de estudio y de control en funciones ejecutivas.

La Figura 10 resume los resultados del pretest sobre el nivel madurativo del total de los participantes y es notorio que el grupo de entrenamiento empieza en similares condiciones en cuanto a su madurez ejecutiva con respecto al grupo de control. Se puede considerar que ambos grupos muestran un nivel medio de madurez neuropsicológica en cuanto a sus funciones ejecutivas. Como se detalla en la revisión de literatura el cerebro tiene un funcionamiento muy bien estructurado, y tiene la capacidad de cambiar a lo que se le conoce como plasticidad (Purves et al., 2008). Desde este punto de vista, todos los estudiantes que participan en el estudio deberían responder efectivamente a la intervención. Todos ellos con estímulos correctos y bien planificados tienen potencialmente una estructura neuronal que les permite aprender. Los correctos niveles de dopamina en las sinapsis de las redes atencionales y de comportamiento garantizarán un aprendizaje real y efectivo por lo que se presumió que la intervención iba a tener consecuencias positivas.

Un niño de ocho años está en pleno crecimiento y desarrollo de su corteza de asociación. Portellano y sus colaboradores (2009), mencionan que el niño durante su infancia desarrolla activamente los circuitos neuroquímicos que permiten el andamiaje de las funciones cognitivas superiores y el completo desarrollo de la madurez neuropsicológica. Esta madurez depende en última instancia del grado de consolidación de la corteza de asociación, que corresponde a un 80% de la superficie externa de su cerebro, específicamente del área prefrontal de la misma, y se logra con entrenamiento y aprendizaje (Portellano et al., 2009). Los datos confirman que todos los niños del estudio tienen un nivel madurativo medio, esto quiere decir que a pesar de ser mejores en actualización que en inhibición, en promedio, alcanzan un nivel satisfactorio. Un valor de 5,5 es un medio punto más alto que la media lo que permitió a la investigadora continuar con el siguiente paso de entrenamiento.

### **Análisis del entrenamiento con *La carrera de los números*.**

En el capítulo anterior se especificó que el entrenamiento se iba a dar con el software *La carrera de los números* (Wilson et al, 2012). El análisis de los datos del entrenamiento se hace a partir de los datos que el mismo programa registra durante todas y cada una de las sesiones. El niño entra a su archivo y siempre empieza a jugar cuando está en él. De esa forma el programa inicia una nueva sesión en el punto donde se cerró la sesión anterior. El niño no vuelve a cero sino que mantiene los juegos ganados y el nivel alcanzado. Para obtener estos datos la investigadora entró a cada uno de los archivos “data” del software. En este archivo se encuentran datos sobre: cuántas sesiones el niño jugó; cuántos juegos ganó; cuántos juegos perdió y la velocidad de trabajo, entre otros detalles del entrenamiento (Anexo E).

### ***Datos generales sobre el entrenamiento.***

Los datos generales sobre la intervención son los que se obtienen al descargar de cada una de las computadoras los archivos que se grabaron durante todas y cada una de las sesiones que los niños jugaron. De esos archivos se obtiene el promedio de sesiones que el grupo de entrenamiento jugó durante las seis semanas que estuvieron en el mismo. Los participantes en promedio jugaron 20 sesiones. Dato que nos indica que fue un número alto de veces que ellos participaron. En cada sesión el niño juega varias veces, mientras más gana más veces juega.

Se obtienen datos de los juegos ganados y perdidos por cada uno de los estudiantes. En promedio, los niños perdían más juegos de los que ganaban durante la primera semana; pero en la semana tres era prácticamente igual el número de juegos ganados y perdidos. En cambio, en la semana seis los niños ganaban más juegos de los que perdían. Esto indica que el impacto del entrenamiento sobre el aprendizaje estaba dando resultados positivos. Todos los niños estaban mejorando en el desempeño de los ejercicios que el programa les planteaba.

La relación tres a uno entre juegos ganados y perdidos motiva al niño a seguir jugando ya que le permite avanzar y liberar más personajes. Estos datos nos indican que la motivación por seguir jugando, junto con lo atractivo que resulta para los niños usar la tecnología, son factores que muestran la efectividad del programa *La carrera de los números* en el aprendizaje. Estas diferencias se pueden apreciar en la Figura 11.

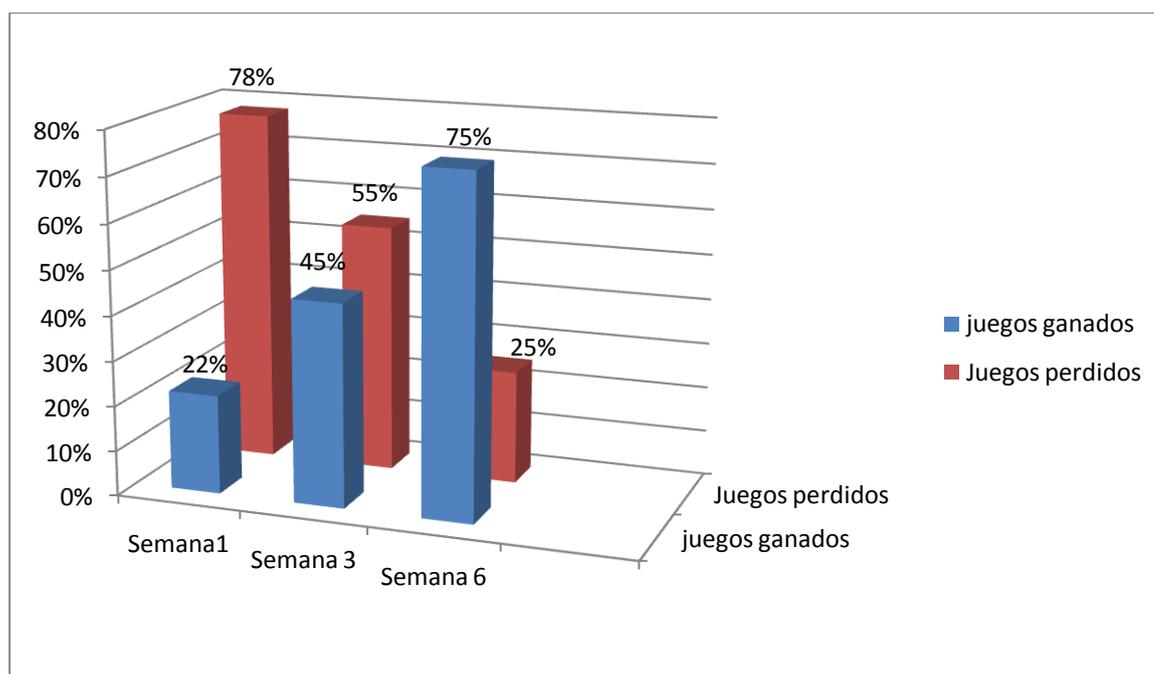


Figura 11. Relación entre juegos ganados y perdidos por semana.

El programa se convierte en un facilitador del conocimiento. La evaluación formativa empieza con el diagnóstico que identifica los problemas de cada niño al autorregular los ejercicios que plantea. *La carrera de los números* premia los logros y evalúa las dificultades del niño haciendo del entrenamiento un proceso de crecimiento y aprendizaje muy rico e individualizado. Se podría decir que el programa es un buen ejemplo de la metodología *Dominio de aprender* que entrena a cada niño en lo que le resulta más difícil. De esa forma le permite un avance personal.

Esta herramienta termina siendo efectiva a la hora de aprender porque conjuntamente con la retroalimentación, la evaluación formativa y el reporte de los logros del estudiante mide la dificultad y el avance del niño cuando aprende. Esto significa que el programa es

efectivo de manera individual para todos y cada uno de los niños. Cada uno avanza desde el punto donde empezó y lo hace con su propio ritmo y sin la presión del avance del grupo lo que le permite usar sus mejores herramientas para aprender.

***Evaluación de la representación simbólica y no simbólica en el programa.***

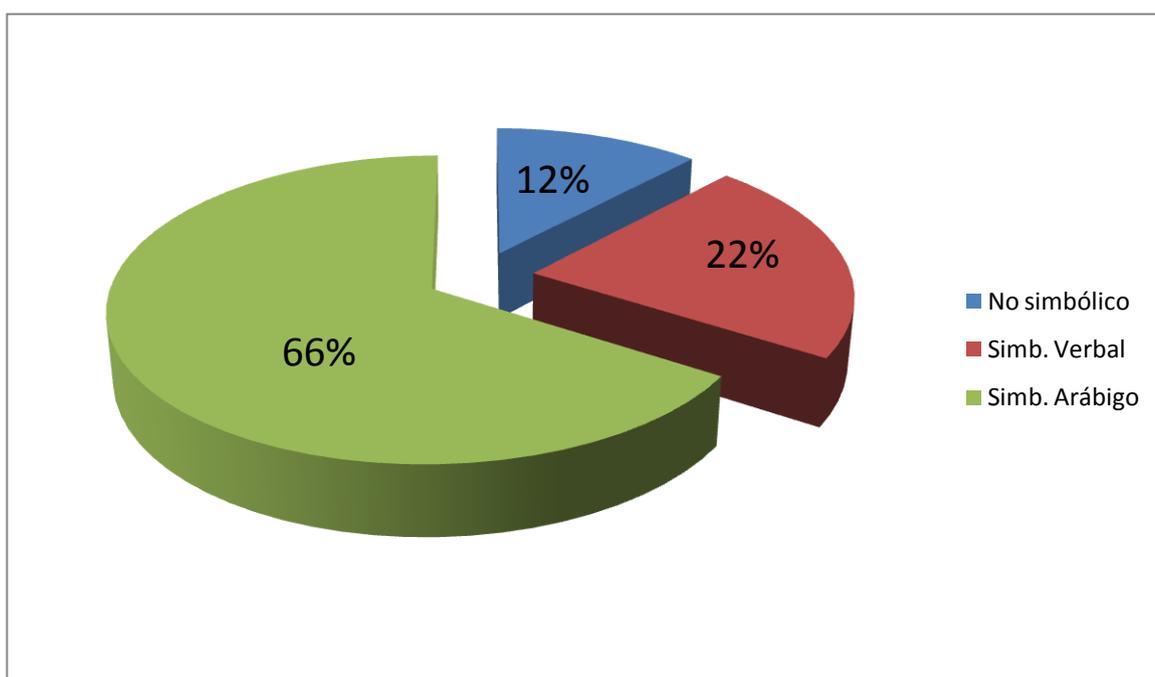
*La Teoría del Triple Código* (Dehaene 2010, en Sousa, 2010) antes desarrollada en la revisión de la literatura empata bien con el programa *La carrera de los números* (Wilson et al., 2012). Ambos refuerzan la relación entre la representación de la cantidad no simbólica y la representación simbólica del número. La representación de la cantidad no simbólica se la realiza en este programa con puntos los mismos que pueden cambiar de tamaño y luminosidad para ayudar a los niños a una mejor visualización.

Los datos obtenidos (Anexo E) en la base de datos del programa sobre la representación vienen dados por lo datos no simbólicos y simbólicos, éstos últimos en cuanto a la verbalización y a la simbolización arábiga. Los datos indican que los participantes todavía hacen uso en gran medida de la representación no simbólica. Todavía se ayudan con este tipo de representación para comparar números en las nociones de mayor que...menor que... o igual que... y para la diferenciación o resta entre dos cantidades.

En el programa *La carrera de los números* la representación que mayormente se usa es la recta numérica. Ésta facilita mucho encontrar la diferencia entre dos números. Cuando un niño se entrena en esta forma representativa de ver diferencias está restando. De aquí la razón por la cual los participantes iniciaron su entrenamiento en resta y tuvieron éxito en lo que hacían. En la Figura 12 podemos apreciar que el uso de la representación no simbólica es grande aún y esto se debe a la edad de los participantes.

Con ocho años todavía, los niños se apoyan mucho en los procesos de concreción y de representación no simbólica. Esto vendría a corresponder en la metodología *Dominio de aprender* a las unidades de aprendizaje numérico correspondientes a la edad cronológica.

Los datos evidencian que en un 66% los niños hacen la conexión de la representación cuantitativa no verbal con la representación simbólica de los números arábigos, en un 22% de los juegos hacen la conexión de la representación cuantitativa no verbal con la representación verbal y el 12% de las veces usan la representación no simbólica como estrategia para comparar números.



*Figura 12. Comparación de evaluación entre lo simbólico y no simbólico.*

Al igual que los datos sobre el proceso simbólico y no simbólico, el archivo de datos del programa indica que en este entrenamiento los estudiantes son evaluados en la velocidad para responder a una pregunta. Además se les evalúa la frecuencia con que se toma una decisión acertada y si se toma una decisión acertada qué tan efectiva es ésta para ganar el juego. Por último, se evalúa al estudiante en sus conocimientos previos permitiéndole usar éstos para nuevas tareas.

***Evaluación de las destrezas globales con La carrera de los números.***

Los datos proporcionados por el programa, que tienen relevancia para este estudio, se refieren al avance de los estudiantes en su entrenamiento y a tres dimensiones de aprendizaje. A estas tres dimensiones del aprendizaje, Ana Wilson (2006) los llama “espacio de aprendizaje”. Esta investigación resume los datos que proporciona el programa. Se usa el lenguaje con el que la autora del programa, Ana Wilson, describe al entrenamiento o aprendizaje. Los datos resumidos y procesados permiten hacer la Figura 13 que resume el desempeño global de los niños a lo largo de las seis semanas.

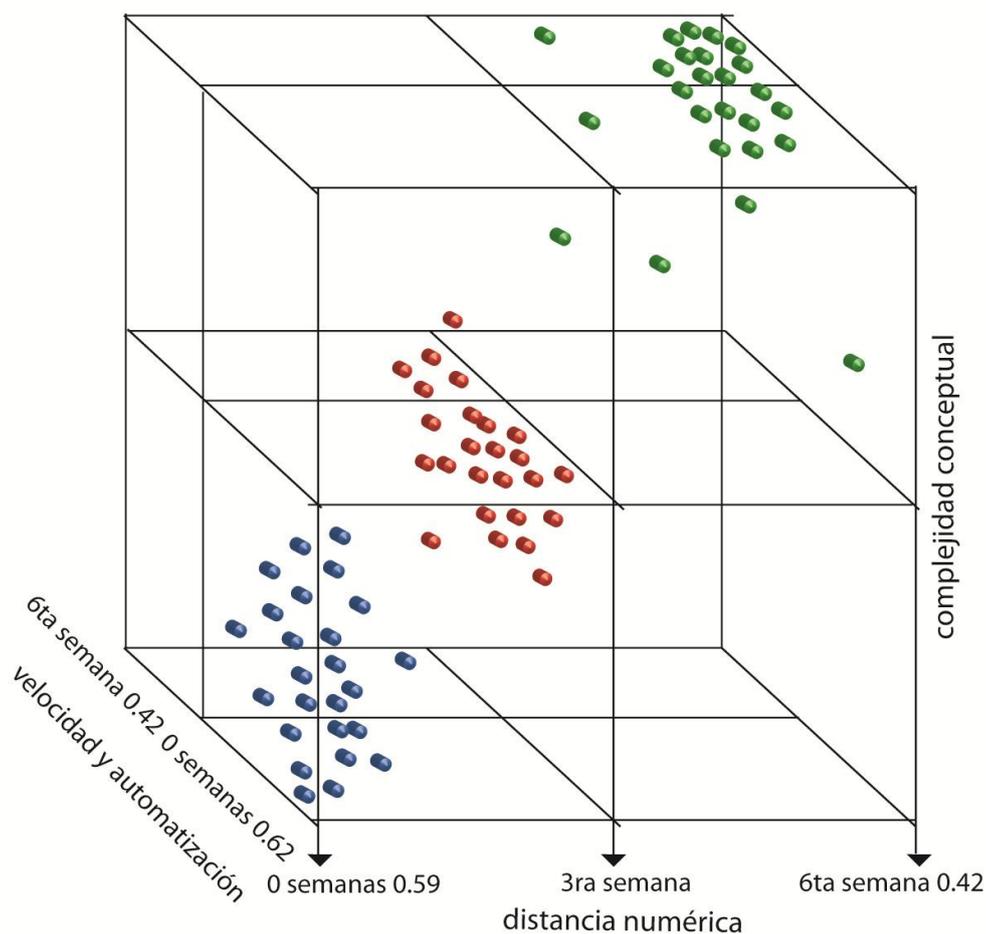


Figura 13. Espacio de aprendizaje. X representa la distancia numérica en la representación de dos cantidades, Z velocidad y automatización en la representación de la cantidad, Y complejidad conceptual.

Ana Wilson (2006) dice que el software *La carrera de los números* está diseñado para enfatizar la asociación entre la representación del número y la distancia con otro número. El principio para restar y la capacidad operativa de la resta está en la distancia en que se encuentran un número de otro o distancia numérica. La forma con la que el programa hace esta asociación es con la recta numérica. Este instrumento hace más visible la diferencia de los números para el niño. De esta forma, se nota un avance en el entrenamiento. Se logra con la metodología *Dominio de aprender* estimular al niño para lograr ir de lo más simple (representación no simbólica) a lo más complejo (representación simbólica).

*La carrera de los números* trabaja la automatización y la velocidad de los procesos como un indicativo del dominio del aprendizaje y de la complejidad conceptual. Cuando el niño puede con más seguridad liberarse de la representación no simbólica y pasar a la simbólica, tanto verbal como arábica, el niño ha hecho un progreso significativo. La Figura 13 indica el progreso de los 25 participantes de la primera a la sexta semana y la posición de cada uno de ellos en el espacio de aprendizaje.

Se puede evidenciar un grupo más o menos homogéneo en cuanto a cómo se fue moviendo en el “espacio de aprendizaje”. La velocidad de los procesos cuando juegan disminuye de 0,62 a 0,42 segundos, lo que indica que los niños mientras se más se entrenan mejoran la efectividad al responder. En la sexta semana son un 20% más rápidos que en la primera semana.

Una situación similar se puede apreciar en la distancia numérica con la que se trabaja. La distancia para comparar o encontrar la diferencia entre dos números se acorta cada vez más. Los participantes logran acortar esta distancia un 17% cuando se han entrenado durante seis semanas. Este dato refleja un avance en el efecto distancia descrito por Dehaene (1997) en el sentido numérico. El niño cada vez puede comparar con mayor precisión dos cantidades y de esa forma encuentra la diferencia entre ellas cuando está restando.

*La carrera de los números* provoca un entorno rico en estímulos. Estímulos que vienen dados por el software. Estos estímulos permiten, como especifica la metodología *Dominio de Aprender*, sinapsis permanentes y duraderas y por lo tanto cambios en el comportamiento y la cognición (Joyce et al., 2009). Este programa proporciona al estudiante estímulos que son captados por los sentidos y procesados en el cerebro para que las redes corticales los transformen en cognición. *La carrera de los números*, entonces, puede provocar en el cerebro del niño la plasticidad cerebral, o cambios permanentes, permitiendo a los niños que se entrenan llegar a un aprendizaje muy personal e individualizado (Wilson et al, 2006). Esta situación se evidenció en las calificaciones que los 25 participantes obtuvieron en el examen escolar que se les toma a todos los niños en el mes de julio.

#### **Análisis del examen trimestral del tercer trimestre año 2011-2012.**

El examen trimestral del tercer trimestre para tercero de básica es el examen convencional que se les tomó tanto al grupo de control como al de entrenamiento. Éste es un procedimiento de rutina que se realiza para terminar el año lectivo. En este examen el alumno demuestra sus conocimientos de suma, resta y multiplicación. Un niño de ocho años, para poder restar, necesita volver a conocimientos anteriores o usar actualización de sus conocimientos previos, necesita estímulos que le permitan comprender que restar es encontrar la diferencia entre dos números, además codificar y decodificar los números con representaciones no simbólicas y simbólicas (5 es más grande que 3; a 5 le puedo quitar 3). Y por último, necesita dar una respuesta deteniéndose a analizar la situación dada. Todas éstas son tareas que demandan de atención y control ejecutivo, lo que vuelve a los contenidos de matemáticas complejos de manejar.

Los niños de tercero de básica, participantes en este estudio, fueron sometidos a esta prueba obteniendo los siguientes resultados:

Tabla 6. Datos de notas del examen trimestral.

Grupo de Entrenamiento	Grupo de Control
19	16
17	17
18	16
17	17
17	18
20	17
18	16
15	16
20	17
16	15
20	18
18	19
19	16
17	19
17	18
19	15
18	15
16	18
17	18
17	18
18	16
19	18
19	17
16	15
17	17

Los resultados, en promedio, de este examen son: para el grupo de entrenamiento 17,76 y para el grupo de control 16,88. El promedio obtenido por el grupo de entrenamiento es casi un punto superior comparado con el obtenido por el de grupo de control. Cabe señalar que este examen se les aplicó tres días después de haber terminado el entrenamiento. Como dato adicional, se supo que la maestra del grupo de entrenamiento notó en sus estudiantes una mejoría sensible en la disponibilidad para trabajar en matemáticas; y su apreciación sobre el desempeño en el área numérica de sus alumnos es ahora mejor que lo que era hace seis semanas, cuando empezó la intervención.

Tabla 7. Análisis de varianza de un factor. Notas del examen trimestral

**RESUMEN**

Grupos	Cuenta	Suma	Promedio	Varianza
Columna 1	25	444	17,76	1,8567
Columna 2	25	422	16,88	1,5267

**ANÁLISIS DE VARIANZA**

Origen de las variaciones	Suma	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Entre grupos		1	9,68	5,7222	0,020716	4,0426521
Dentro de los grupos	81,2	48	1,691666667			

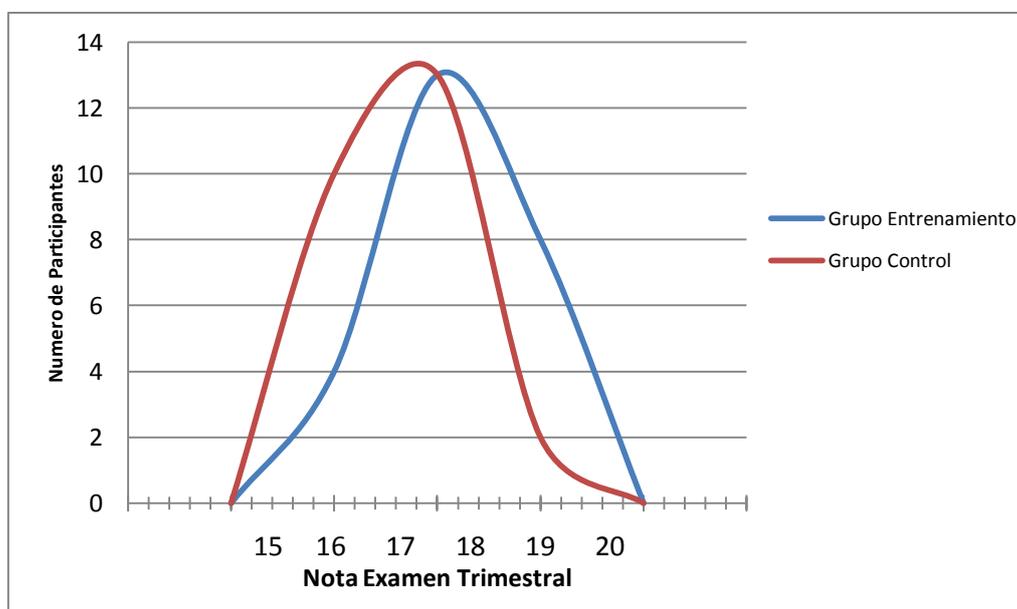


Figura 14. Comparación de las notas del examen trimestral de los dos grupos

Para analizar mejor los resultados obtenidos, en el examen antes mencionado, se procedió a someter a los datos del mismo a una prueba estadística de varianza ANOVA obteniendo el siguiente resultado:

Una vez realizada la prueba ANOVA se encuentra que el valor “d” o probabilidad es menor al valor de significancia alfa  $0,02 < 0,05$ . Decimos que el valor de significancia alfa de 0,05 corresponde a un 5%. Estadísticamente se está comprobando que los dos grupos son

diferentes ya que el valor “d” es menor que alfa, lo que quiere decir que si hay diferencias significativas en los dos grupos.

Se puede analizar y determinar que todos los participantes obtienen un puntaje que está entre 15 y 20 puntos en el examen analizado. Además se hizo el cálculo de la desviación estándar para estos datos, este cálculo determinó que el grupo de entrenamiento tiene una desviación de  $\pm 1,36$  y el grupo de control  $\pm 1,24$  lo que indicaría que si el promedio para el grupo de control es de 17,76 se tendría una desviación entre 16,40 a 19,12. En el grupo de control en cambio si la media es de 16,88 entonces la desviación sería entre 15,64 y 18,12. Lo que confirma que los dos grupos son diferentes y se nota una diferencia importante del grupo de entrenamiento sobre el grupo de control (ver Figura 14).

### **Resultados definitivos de estudio**

La recolección de datos, su posterior limpieza y la vinculación de la teoría (literatura científica) con la práctica investigativa (intervención) se ha trabajado en este capítulo con el objetivo de determinar qué impacto ha tenido el entrenamiento en las funciones ejecutivas en los participantes y qué impacto ha tenido el desarrollo de las funciones ejecutivas en el mejor desempeño de la resta. La intervención realizada, en este caso, es un entrenamiento que los niños recibieron durante seis semanas entre mayo y julio del 2012. El entrenamiento se realizó con éxito porque los alumnos iban gustosos a resolver sus juegos y lograr llegar a la meta. Ahora bien, los resultados definitivos del estudio están resumidos en la Tabla 8. En esta tabla se pueden apreciar los promedios obtenidos en el desarrollo de las funciones ejecutivas en el pretest y posttest de ambos grupos.

Tabla 8. Cuadro comparativo de funciones ejecutivas pre y postest

Función Ejecutiva	Grupo de Entrenamiento			Grupo de Control		
	Pretest	Postest	Diferencia	Pretest	Postest	Diferencia
Inhibición	3,36	3,98	0,62	3,52	3,66	0,14
Cambio estrategia	6,60	7,34	0,74	6,56	6,88	0,32
Actualización	6,52	7,20	0,68	6,50	6,78	0,28
Promedios	5,49	6,17	0,66	5,52	5,77	0,25

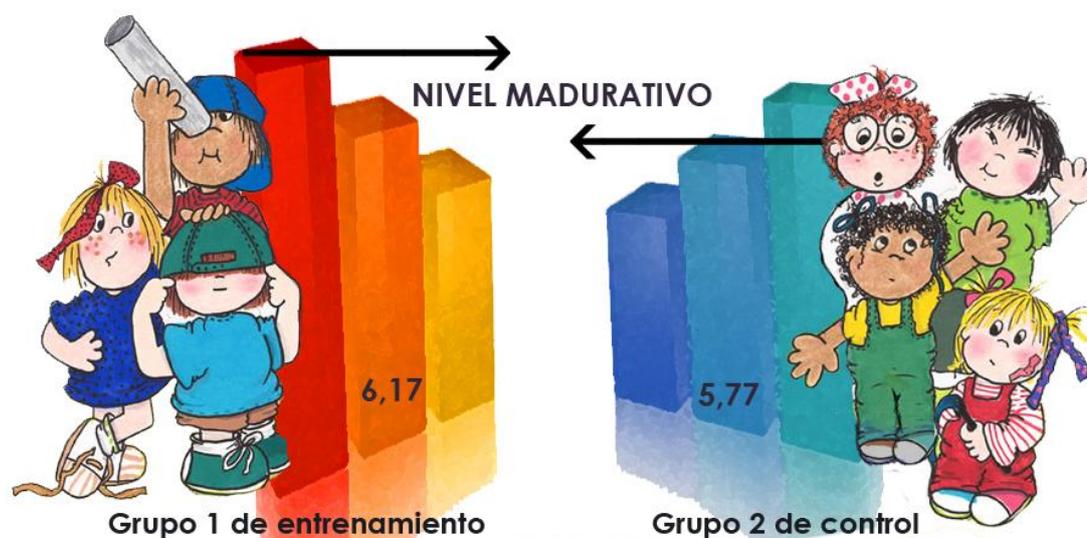


Figura 15. Nivel madurativo de los niños después del entrenamiento. Promedio de las tres funciones ejecutivas.

Estos datos muestran que las tres funciones ejecutivas trabajadas tienen un rango de variación en el caso del grupo de entrenamiento de un 13 %, en cambio en el grupo de control de un 4 %. Se puede apreciar esta variación, en promedio, en el nivel madurativo de los participantes (vea Figura 15). Los datos determinan que la diferencia es del 9%. Este valor es debido al entrenamiento, que solo recibió el grupo 1. Estos datos registrados se pueden determinar con una prueba t de significancia con los datos de pretest y postest de cada grupo. Se pueden apreciar los resultados en las Tablas 9 y 10 respectivamente.

Tabla 9. Datos prueba t para el grupo de entrenamiento

**Grupo 1 de Entrenamiento**  
**Funciones Ejecutivas**

Prueba t para medias de dos muestras emparejadas

	pretest	postest
	<i>Variable 1</i>	<i>Variable 2</i>
Media	5,493333333	6,173333333
Varianza	0,746481481	0,496481481
Observaciones	25	25
Coeficiente de correlación de Pearson	0,83659905	
Diferencia hipotética de las medias	0	
Grados de libertad	24	
Estadístico t	-7,178175756	
P(T<=t) una cola	1,01671E-07	
Valor crítico de t (una cola)	1,71088208	
P(T<=t) dos colas	2,03341E-07	
Valor crítico de t (dos colas)	2,063898562	

Para el grupo que recibió el entrenamiento t es menor que P (-7. 17 < 2,03). Esto significa que no existe una diferencia que estadísticamente sea significativa entre los resultados de pretest y postest de este grupo. A pesar de ello el 13% en porcentaje simple que se aprecia entre el pretest y el postest sí indica que el grupo que recibió el entrenamiento obtuvo beneficio del mismo. Habrá que tomar en cuenta que el tiempo que se aplicó la intervención fue muy corto. Para que exista un cambio, a nivel del cerebro, debe existir una intervención más larga. Como se dice en la revisión de la literatura, el cerebro es muy plástico y permite cambios significativos pero requiere de más tiempo para que éstos se den a nivel de neurotransmisores y provoquen sinapsis relevantes.

En la misma prueba t para el grupo de control que se puede apreciar en la Tabla 10 también se acepta la hipótesis nula. El valor de t también es menor que P (-8,48 < 1. 08), resultando que estadísticamente tampoco hay diferencia significativa en el pretest y postest del grupo de control. Lo que se debe notar es que mientras t en el caso del entrenamiento es

-7,17; en el caso de t para el grupo de control es aún más pequeño - 8,48. Esto indica que el grupo de control es más parecido en pre y en posttest que lo que es el grupo de entrenamiento.

Estos datos se pueden apreciar en la siguiente tabla:

Tabla 10. Datos prueba t para el grupo de control.

**Grupo 2 de Control**  
**Funciones Ejecutivas**

Prueba t para medias de dos muestras emparejadas

	<b>pretest</b>	<b>posttest</b>
	<i>Variable 1</i>	<i>Variable 2</i>
Media	5,52666667	5,77333333
Varianza	1,02935185	1,06685185
Observaciones	25	25
Coeficiente de correlación de Pearson	0,99008733	
Diferencia hipotética de las medias	0	
Grados de libertad	24	
Estadístico t	-8,48	
P(T<=t) una cola	5,4416E-09	
Valor crítico de t (una cola)	1,71088208	
P(T<=t) dos colas	1,0883E-08	
Valor crítico de t (dos colas)	2,06389856	

Para completar los datos sobre el nivel madurativo alcanzado por los niños participantes, en este estudio se comparan los resultados de las funciones ejecutivas en posttest de los dos grupos. Luego de terminadas las seis semanas de entrenamiento, el grupo de intervención resultó beneficiado. Los niños habían disfrutado de momentos enriquecedores y tenían la sensación de que habían logrado metas altas, se habían medido ellos mismos y habían alcanzado logros que ellos no conocían. Habían superado metas y pedían trabajar más. La Tabla 11 indica los resultados obtenidos por ambos grupos en las funciones ejecutivas pero esta vez en posttest.

Tabla 11. Promedio de funciones ejecutivas en postest

<b>Grupo entrenamiento</b>	<b>Grupo de control</b>
5,83	6
6,67	7,33
6,83	7
7,17	7,67
6,5	6,83
4,83	4,5
5,67	5,67
6,17	6,17
7,17	7,33
5	5
6,5	6,17
5,5	6,33
6,5	4,83
6	5,33
5,67	3,83
5	4,17
6,33	5,33
6,67	5,83
6,5	5,83
6,67	5,5
7,17	6,17
6,67	4,67
5	4,33
6	6,17
6,33	6,33

Para comparar los dos grupos luego del entrenamiento, se analizan los promedios de las funciones ejecutivas en su conjunto. Para ello se utilizó un análisis ANOVA. Con este análisis se encuentra que la prueba arroja los promedios de 6,17 para el grupo de entrenamiento y de 5,77 para el grupo de control. El estudio con ANOVA se centra en ver si después de las seis semanas de entrenamiento los dos grupos siguen siendo iguales o son diferentes. La Tabla 12 muestra el cálculo con ANOVA :

Tabla 12. Prueba ANOVA en postest

**Análisis de varianza de un factor**      alfa = 0,05

**RESUMEN**

<i>Grupos</i>	<i>Cuenta</i>	<i>Suma</i>	<i>Promedio</i>	<i>Varianza</i>
Columna 1	25	154,333333	6,17333333	0,49648
Columna 2	25	144,333333	5,77333333	1,06685

**ANÁLISIS DE VARIANZA**

<i>Origen de las variaciones</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Grados de libertad</i>	<i>Promedio de los cuadrados</i>	<i>F</i>	<i>Probabilidad</i>	<i>Valor crítico para F</i>
Entre grupos	2	1	2	2,55864	0,116256	4,04265
Dentro de los grupos	37,52	48	0,78166667			
Total	39,52	49				

Una vez realizada la prueba el valor  $d$  es mayor al valor de significancia alfa:  $0,11 > 0,05$ . Estadísticamente se está comprobando que los dos grupos son iguales ya que el valor  $d$  es mayor a alfa y no hay diferencia significativa entre los dos grupos. Apreciándose que  $d$  en pre test era 0,90 y  $d$  en post test es 0,11, es importante resaltar que esta variación sí es muy grande aunque no llega a ser menor que 0,05 pero se acerca mucho. Esto indica que si el entrenamiento continuaba por más tiempo este valor probablemente iba a ir disminuyendo y posiblemente se podría haber llegado a tener el  $d$  menor al 0,05.

Este estudio contó con poco tiempo para dar el entrenamiento. Se podría puntualizar que si en seis semanas el valor  $d$  bajo 0,79 puntos porcentuales, en una semana más habría bajado 0,13 puntos. Probablemente se podría inferir que en dos semanas más de entrenamiento los dos grupos terminaban siendo diferentes.

**Relación del entrenamiento con La carrera de los números en las funciones ejecutivas y el desempeño en el área numérica.**

La información presentada en la revisión de literatura juntamente con los datos recolectados en la investigación de campo explican por qué a más entrenamiento con *La carrera de los números* hay un mejor desempeño en matemáticas y mayor desarrollo en el

nivel madurativo de los participantes. La Figura 16 muestra la variable independiente o entrenamiento durante seis semanas y la proyección a dos semanas más. Además, se indican las variables dependientes: el nivel madurativo de ejecución y el desempeño matemático del grupo de entrenamiento. La Figura 16 muestra el nivel madurativo que subió de 5,49 a 6,17. Si el entrenamiento duraba dos semanas más, probablemente se llegaba a 6,25. Los dos grupos podían llegar a ser significativamente diferentes. Por otro lado, la variable dependiente, o desempeño matemático, también creció y en el examen del tercer trimestre se evidenció con cerca de un punto en el promedio. Este análisis explica el crecimiento en las destrezas calculatorias y matemáticas, que se ha visto reflejado en varios aspectos de la cotidianidad de los niños en el aula de clase al terminar la sexta semana de entrenamiento.

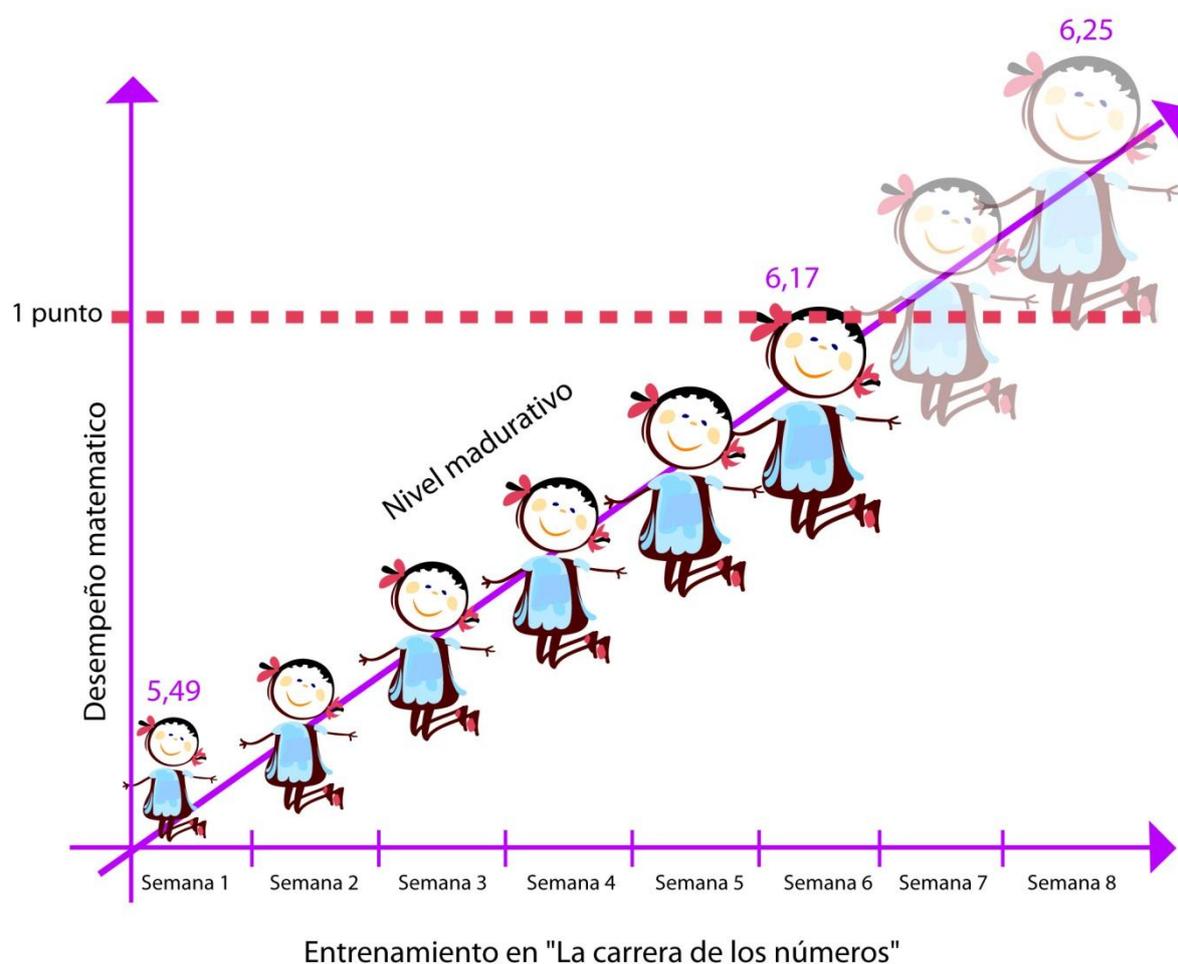


Figura 16. Relación entre variable independiente y dependiente. Grupo de entrenamiento.

## Importancia del estudio

Potencialmente este estudio podría contribuir a mejorar la metodología aplicada en el aula cuando los niños aprenden matemáticas. Cuando la maestra planifica su clase debe analizar qué metodología es la más adecuada para una asignatura e incluso para un tema. Debe considerar la forma didáctica más apropiada con la que se trabaja con todos y cada uno de los niños. Este estudio sugiere que el entrenamiento a través de la metodología de *Dominio de aprender* permite llegar a cada niño de forma individual y alcanzar logros significativos en el aprendizaje. Un niño motivado por un elemento didáctico como ganar una carrera; estimulado en el contexto digital y reforzado con la recompensa positiva de los juegos ganados, logra alcanzar objetivos particulares que en conjunto consiguen una mejoría global de sus capacidades ejecutivas.

La presunción que planteó este trabajo es que si se da entrenamiento en *La carrera de los números* a niños de ocho años éstos van a mejorar sus funciones ejecutivas y el desempeño en la resta. Un aspecto importante por el cual se planteó este estudio fue la preocupación de la investigadora en cuanto a que se olvida con mucha facilidad cómo el niño aprende. Sobre todo en matemáticas se pasa muy rápido de lo concreto a lo abstracto. Por eso, el beneficio de este estudio para las maestras que lean este trabajo es interesarse para comprender cómo la *Teoría del triple código* que se vincula con la Ciencia Mente, Cerebro y Educación ayuda a planificar mejor la clase. Ayuda a entender qué funciones y qué partes del cerebro se activan cuando el niño hace matemáticas. Ayuda a ir paso a paso en la enseñanza del número y sus relaciones, y por último puede mejorar el desempeño tanto de la maestra como del niño.

### **Resumen de los sesgos del autor**

Los sesgos que la investigadora tiene al realizar el trabajo están enfocados en principio a la pasión por los temas de matemáticas. Para la investigadora la matemática es una ciencia que resulta atractiva y más aún si se investiga sobre ella. En tantos ámbitos de la vida humana está presente el mundo numérico que no es difícil encontrar una o varias aplicaciones numéricas en cualquier actividad humana. Para la autora, el investigar sobre matemáticas y acerca de los procesos de enseñanza y aprendizaje resulta un reto y un motivo de interés constante.

Un sesgo que pudo influir en la investigación es que la investigadora trabaja en el mismo lugar donde se hizo el trabajo de campo. La investigadora conoce las debilidades y fortalezas del sistema educativo del lugar en el que escogió la muestra. Puede este considerarse un sesgo desde el punto de vista académico ya que se escogió a la población o muestra con la seguridad que los niños iban a responder positivamente al trabajo que se les proponía.

Previo a la aplicación de este trabajo, y por las características del mismo, que considera los aspectos psicoemocional, neuronal y pedagógico como elementos de igual importancia para el estudio, los sesgos anteriormente mencionados no son realmente un obstáculo. Una vez explicado este panorama de la investigación de campo y los resultados obtenidos de los datos que se extrajeron de los instrumentos mencionados cabe señalar que quedan aún las conclusiones y recomendaciones que la autora propone para sus lectores o para nuevas investigaciones. En el siguiente capítulo se llega a las conclusiones en base a la relación entre el entrenamiento con *La carrera de los números* y las capacidades o funciones ejecutivas de los participantes y el desempeño de ellos en la resta.

## CAPITULO 5: CONCLUSIONES

### Respuesta a la pregunta de investigación

Este estudio tiene como finalidad responder a la pregunta de investigación planteada en el primer capítulo de este trabajo. ¿Cómo y hasta qué punto el entrenamiento con el programa *La carrera de los números* tiene impacto en el nivel madurativo de las funciones ejecutivas y en el desempeño matemático en la resta de los niños de ocho años de una escuela privada en Quito? Para responder a la pregunta de investigación se estudió a 50 niños reunidos en dos grupos. Estos grupos, en principio, eran similares en cuanto al nivel madurativo en la ejecución. A 25 niños de los 50 que participaron en este estudio se les dio el entrenamiento durante seis semanas y al final de ese tiempo se volvió a evaluar a ambos grupos. En esta segunda evaluación el nivel madurativo del grupo experimental refleja un incremento en el desarrollo madurativo de un 13%. En cambio el grupo de control prácticamente se mantiene en los niveles originales, únicamente mejorando un 4%.

No se puede contestar la pregunta planteada, en lo que a nivel madurativo de las funciones ejecutivas se refiere. A pesar de que existe una diferencia del 9% entre los dos grupos, el incremento del grupo de entrenamiento aún sigue siendo no significativo para los análisis estadísticos. Las pruebas técnicas aún no reflejan un cambio que sea notorio, pero como se dijo en el análisis, si es que el entrenamiento se extendía por dos semanas más es muy probable que se notasen ya las diferencias, estadísticamente hablando, entre el grupo de entrenamiento y el grupo de control.

Según estudiosos del ámbito educativo, incluyendo a John Hattie, un niño puede mejorar solo con estar sentado en el aula de clase (Hattie, 2012). Los niños del grupo de control estuvieron asistiendo al curso regular en la escuela los dos meses que duró el estudio. Este 4% del que se habla anteriormente representaría la mejoría de los niños por el hecho de asistir a clases regulares. Lo que hace pensar que el 9% de diferencia entre trece y cuatro,

para el otro grupo, es la mejoría de los niños en el nivel madurativo porque ellos recibieron un entrenamiento específico y adecuado. Gracias a la intervención, esta mejoría se nota en los niños que trabajaron con *La carrera de los números*. Se puede decir que el nivel madurativo de estos últimos no se incrementa solo por el asistir a las clases regulares de la escuela sino que éste es el impacto del entrenamiento que se dio con el programa *La carrera de los números*.

Por otro lado, para contestar la segunda parte de la pregunta planteada, se toma en cuenta el resultado de los niños en el desempeño matemático. El resultado, en el examen trimestral de matemáticas, que obtuvo el grupo de entrenamiento fue de casi un punto más sobre veinte en comparación con el resultado del grupo de control. El análisis de la desviación estándar, realizado sobre estos resultados, determina que el desempeño de los niños del grupo intervenido está entre 16,40 y 19,12, mientras que estos mismos resultados para el grupo de control están entre 15,64 y 18,12. Lo que hace sugerir que el grupo de entrenamiento tiene un mejor desempeño al finalizar el estudio.

Estos datos se confirman con los resultados obtenidos en *La carrera de los números*. Los niños entrenados restan con un 20% más de velocidad, la distancia entre los números que comparaban se redujo un 17% y mejoraron en el nivel de complejidad en la ejecución de la resta. Todo esto se obtiene del análisis realizado en el capítulo anterior y que refleja los parámetros necesarios para contestar satisfactoriamente a la pregunta de investigación en esta segunda parte. Los dos grupos, estadísticamente hablando, si son diferentes notándose diferencias importantes del grupo de entrenamiento sobre el de control.

Se confirmaría entonces la hipótesis que a más entrenamiento mayor es el desempeño ejecutivo y mejor el desempeño en la resta. Se sugiere que el problema de los bajos promedios en la educación ecuatoriana se podría solucionar conjuntamente entrenando de forma adecuada a los niños en el área numérica y mejorando su nivel madurativo en las

funciones ejecutivas. El desempeño en matemáticas, de acuerdo con los datos de este estudio, mejora con el entrenamiento. Sin embargo, la solución no es tan fácil, muchas veces, la comunidad educativa, se contenta con obtener resultados en pruebas o exámenes y se descuida el trabajo en lograr cambios profundos y duraderos en los niños. Se olvida que estos cambios a nivel cognitivo dan mejores resultados a largo plazo.

Por ello este trabajo quiere ser un aporte a la educación matemática de Ecuador ya que con él se ha comprobado que existe relación entre el funcionamiento ejecutivo y el desempeño matemático. Se puede tomar como un ejemplo para trabajar en situaciones similares en el futuro. Las funciones ejecutivas de un niño ecuatoriano de ocho años pueden entrenarse y, en principio, ningún niño con posibilidades de ir a la escuela debería tener problemas en el desempeño matemático.

### **Limitaciones del estudio**

Se considera una limitación, en este trabajo de investigación, el hecho de que no se pudo determinar si la mejoría en el desempeño matemático fue por el entrenamiento en los números o producto de la motivación que el programa computarizado produce en los niños. Por eso la sugerencia de que se tome en cuenta los dos aspectos en conjunto, tanto el nivel madurativo como el desempeño numérico. Si se trabaja en conjunto se puede lograr alcanzar resultados efectivos y permanentes.

Una posible limitación es la población a la que se aplica el estudio. Por la naturaleza del mismo, éste fue aplicado en una muestra pequeña. Son 25 estudiantes en los que se aplicó la intervención y un grupo similar como grupo de control. Otra posible limitación es que los grupos de estudiantes son similares pero no idénticos. La agrupación institucional no se rige por ningún criterio y estos dos grupos resultan ser muy parecidos cuando se inicia la investigación, por lo que se los ha considerado como iguales sin llegar a ser idénticos.

Se podría considerar también una limitación el tiempo con el que se contó para dar el entrenamiento. Las seis semanas resultan reducidas para que el entrenamiento sea efectivo y, sobre todo, se note en cambios profundos y duraderos que además puedan reflejarse en datos estadísticos. El cambio actitudinal sí es notorio y se lo pudo evidenciar informalmente con comentarios y reacciones de los niños en el aula. Sin embargo, en la prueba ENFEN de posttest, todavía esos cambios en las funciones ejecutivas no se pueden apreciar con valores estadísticos.

Otra limitación que se presenta en este trabajo es que el test ENFEN es un test realizado para una cultura diferente. España, país de creación del mencionado test, y el resto de Europa tienen un sistema educativo diferente y los niños que viven en esa parte del mundo tienen una estructura social, económica y de desempeño diferente a la ecuatoriana. Esta es la razón por la cuál el estudio no se rigió por los siete criterios del nivel de madurez que trae el test, sino se consideró únicamente tres niveles: alto, medio y bajo.

Por último, un problema real con el que el estudio se enfrentó fue no poder incluir a una niña con necesidades educativas especiales. La investigadora hubiera estimado conveniente incluir a esta estudiante si ella cumplía con alguno de los requerimientos necesarios para empezar el estudio. La estudiante, en mención, aún no sabía restar cuando se empezó el estudio, a pesar de tener ocho años cumplidos. Iba a ser muy complicado darle entrenamiento en resta en estas condiciones. Recordemos que este último era un requisito para poder ser sometido al entrenamiento ya que los niños que eran parte del estudio sabían restar aunque no dominaban esta operación en el momento de empezar la intervención. Por esta razón se consideró dejar al grupo de entrenamiento con 25 participantes. Sería interesante hacer estudios similares en poblaciones de estudiantes con necesidades especiales.

## Recomendaciones

Como se dice en el primer capítulo el promedio del desempeño en matemáticas es muy bajo en el Ecuador. Esta situación es preocupante; pero luego de realizar este estudio se encontró que sí hay una posible solución para el problema. Los participantes en esta investigación mejoraron casi un punto en su promedio grupal.

Se recomienda la formación de las maestras en el ámbito neurocientífico. Las maestras deberían conocer todos y cada uno de los componentes del nivel madurativo de sus alumnos relacionados con las funciones ejecutivas del niño. Además, la actualización pedagógica, tanto teórica como práctica, es importante porque cada vez se descubren a nivel mundial nuevas técnicas y programas que permiten ser usados como, por ejemplo, el programa *La carrera de los números*.

Una vez que las maestras conozcan más sobre los temas ejecutorios de sus niños, se recomienda que ellas entrenen a los niños pequeños en las funciones ejecutivas con herramientas adecuadas y con un tiempo suficiente para que los cambios sinápticos sean duraderos y permanentes en el cerebro del niño. De esa forma se puede garantizar un mejor aprendizaje por parte de los niños y mejor enseñanza por parte de las maestras. Sin contentarse únicamente con mejorías pasajeras en notas sino trabajando por una mejoría real del nivel cognitivo de sus alumnos.

Se recomienda a las maestras usar metodología adecuada en cada caso. Cada maestra, conociendo a su grupo y a sus alumnos individualmente, debe utilizar la metodología más adecuada. Se recomienda usar para temas matemáticos básicos, como la resta, la metodología *Dominio de aprender*. Esta es una metodología que está siendo aplicada, por su efectividad y características pedagógicas excepcionales, en programas computarizados.

La metodología escogida para este trabajo genera muy buenos resultados a la hora de aprender. Sobre todo cuando el aprendizaje es puntual e implica que el estudiante haga un

trabajo individual superando barreras personales y cognitivas. La retroalimentación y el autocontrol del proceso, por parte del alumno, son elementos claves para la efectividad del mismo. Así también una buena planeación por parte del maestro y la evaluación formativa que éste le proporcione a su estudiante son piezas fundamentales para alcanzar los logros determinados en los objetivos de clase (Hattie, 2012).

Se recomienda utilizar programas computarizados como *La carrera de los números*. La fascinación de parte de los niños por los programas digitales con elementos como la animación de los personajes, la retroalimentación con sonido, los premios cuando se ganan los juegos, es una motivación intrínseca que resulta muy atractiva para el niño. Cuando un niño se acerca a este tipo de programas, se engancha porque son desafiantes, fantásticos y despiertan la curiosidad. Esto se vuelve un incentivo permanente.

La estructura adaptativa del programa *La carrera de los números* es posiblemente lo más valioso de éste. Permite a la totalidad de niños avanzar en su desempeño y aprendizaje. El juego logra esta adaptación individualizada mediante tres estructuras: la distancia entre los valores numéricos, la velocidad con la que se responde a la tarea y la complejidad conceptual. El juego logra mejores tiempos de aprendizaje y mejor disponibilidad frente a la asignatura. Empata totalmente con la *Teoría del triple código*, por los elementos básicos para eliminar de la enseñanza de la matemática el aprendizaje memorístico y puramente abstracto.

Las redes neuronales de la atención y la descarga de dopamina en el hipocampo están íntimamente ligadas con la recompensa y la memoria, pero requieren de la atención como mediadora. La conexión emocional frente al estímulo y neuronal frente a la atención y la memoria, es posiblemente el aporte más interesante que pueden dar estos programas al aprendizaje. Los programas computarizados y su metodología funcionan pues logran captar la atención del niño y mejorar su aprendizaje.

Cuando los contenidos de una asignatura, como matemática, necesitan de comportamientos voluntarios y de tomar decisiones apropiadas para alcanzar un nivel superior de conocimiento el aprendizaje es más complejo. Un niño de ocho años para poder restar necesita volver a conocimientos anteriores o actualizar los que tiene. En el caso de la resta necesitará hacer un proceso reversible entre la adición y la sustracción. Para hacer reversible este proceso debe, permanentemente, cambiar de estrategia. Puede hacer relaciones numéricas con los conocimientos que tiene de la representación simbólica de los números.

La relevancia de este estudio se centra en que se puede considerar como un aporte a la realidad educativa nacional por el valor intrínseco que tiene porque analiza la conexión de la *Teoría del Triple Código* con el aprendizaje de la matemática y específicamente de la resta en niños de ocho años. El estudio pretende profundizar en cómo la utilización de conocimientos previos, denominada actualización, permite a los niños resolver mejor la resta y su aplicación a la vida cotidiana. Un niño para poder restar debe volver sobre su conocimiento de la composición de los números. Además, tiene una validez particular pues busca determinar si ambas funciones ejecutivas se resuelve mejor la diferencia que hay entre dos cantidades. Además si el niño utiliza la inhibición o habilidad de detenerse un momento, hace que la respuesta a una resta sea más precisa y de esa forma el niño mejora su desempeño. Debe quedar claro que, un niño de ocho años para dar una respuesta acertada debe detenerse un momento a procesar la información que tiene en su memoria. La codificación y decodificación de los números que necesita para restar son tareas que demandan bastante atención y control. Por esta razón estos contenidos son complejos de manejar, rigurosos e implican claridad mental.

Las recomendaciones para futuros estudios es que el tiempo de entrenamiento sea el adecuado para lograr cambios significativos y permanentes. Y que se enfatice más que en la

enseñanza de la matemática se logre, en una primera instancia, un aprendizaje concreto para luego pasar a uno abstracto. Para hacer matemáticas se necesita hacer muchas representaciones simbólicas que se sostienen en las representaciones no simbólicas con las que el niño nace.

### **Resumen general**

En el aula de clase y frente a cada uno de los estudiantes las tres funciones ejecutivas son de vital importancia para aprender matemáticas. Es bien difícil para un estudiante que tiene problemas de atención o de memoria que logre cumplir con estas habilidades puesto que son parte de una red compleja neuronal. El control ejecutivo o central sobre el conocimiento es el que permite a un niño aprender. Se traduce en el control sobre la atención y la memoria; siendo éstas las piezas claves en los problemas de aprendizaje y lo que el maestro debe tomar en cuenta para hacerlo posible en sus estudiantes.

Hay un sinnúmero de avances, tanto en la educación como en la neurociencia y en la psicología, que permiten a los maestros prepararse, estudiar e investigar sobre los mejores métodos, instrumentos de evaluación y herramientas de aprendizaje. Todo lo que se haga en educación por mejorar los resultados de aprendizaje es muy valioso. En el ámbito ecuatoriano es factible utilizar estos recursos ya que muchos de ellos son de libre adquisición. No tienen costo. Se recomienda a los maestros ecuatorianos que escojan la metodología, que estudien a fondo sus características y los adapten a sus planes y programas poniendo muy claros los objetivos y las metas que se quieren alcanzar.

## REFERENCIAS

- Aduriz, B. (2003). *Actualizaciones en didáctica de las ciencias naturales y matemáticas*. Bogotá, Colombia: Magisterio.
- Benfenati, F. (2007). Synaptic plasticity and the neurobiology of learning and memory. *Revi Mantioli*, 78, 1-9.
- Braunwald, E., Fauci, A. , Hauser, S. , Jameson, J. L. , Kasper, D. y Loscalzo, J. (2010). *Harrison. Principios de medicina interna*. México, México: Mc Graw Hill S.A.
- Calero, M. (2006). *Aprender jugando*. Lima, Perú: Editorial Alfaomega.
- Chamorro, M. (2005). *Didáctica de las matemáticas para la educación infantil*. Madrid, España: Pearson.
- Creswell, J. W. (2005). *Educational research. planning, conducting and evaluating quantitative and qualitative research*. New Jersey, EEUU: Pearson S.A.
- Dehaene, S. (1997). *The number sense: how the mind creates mathematics*. Oxford, Inglaterra: Oxford University Press.
- Dehaene, S. (2009). Origins of mathematical intuitions: The case of arithmetic. *The year in Cognitive Neuroscience*, 1156, 232-259.
- Dehaene, S. (2010). The calculating brain. En D. A. Sousa (2010). *Mind, brain and education: Neuroscience implications for the classroom*. (9, 179-197). Bloomington, Inglaterra: Solution Tree.
- Duff, K., Schoenber, M. R., Scott, J. G., y Adams, R. L. (2005). The relationship between executive functioning and verbal and visual learning and memory. *Archives of Clinical Neuropsychology*, 20, 111-122.
- Fernández –Bravo, J. A. y Sánchez Huete, J. C. (2003). *La enseñanza de la matemática. Fundamentos teóricos y bases psicopedagógicas*. Madrid, España: Editorial CCS.
- Fernández –Bravo, J. A. (2005). *Enséñame a contar*. Madrid, España: Grupo Mayéutica
- Flores, J. C. y Ostrosky-Solís, F. (2008). Neuropsicología de lóbulos frontales, funciones ejecutivas y conducta humana. *Revista Neuropsicología, Neuropsiquiatría y Neurociencias*, 8(1), 47-58.
- Funes, M. J. y Lupiáñez, J. (2003). La teoría atencional de Posner: Una tarea para medir las funciones atencionales de orientación, alerta y control cognitivo y la interacción entre ellas. *Revista Psicothema*, 15, 260-266.

- García, F. (2005). Video juegos: Un análisis desde el punto de vista educativo. *Futura*, 06, 1-24.
- Gee, J. P. (2003). *What video games have to teach us about learning and literacy*. Londres, Inglaterra: Palgrave Macmillan.
- Hattie, J. (2012). *Visible learning for teachers. Maximizing impact on learning relating to achievement*. Oxon, London, Routledge S.A.
- Hernandez- Muela, S., Muelas, F. y Mattos, L. (2004). Plasticidad neuronal funcional. *Revista de Neurología*, 38, S58-S68.
- Howard-Jones, P., Demetriou, S. Bogacz, R. , Yoo, L. y Leonards, U. (2011). Toward a science of learning games. *Mind Brain and Education Journal*, 5, 33-41.
- Immordino-Yang, M. H. y Damasio, A. (2007). We feel, therefore we learn: The relevance of affective and social neuroscience to education. *Mind Brain and Education Journal*, 1, 3-10.
- Jackson, J. (2009). Game-based teaching what educators can learn from videogames. *Teaching Education*, 20(3), 291-304.
- Joyce, B. R. y Weil, M. (2009). *Models of teaching*. Washington D. C. : Pearson.
- Kulik, Ch., Kulik, J. A., Bangert-Drowns, R. L, y Slavin, R. E. (1990). Effectiveness of mastery learning programs: A meta-analysis. *Review of Educational Research*, 60(2), 265
- Labuhn, A., Zimmerman, B., y Hasselhorn, M. (2010). Enhancing students' self-regulation and mathematics performance: the influence of feedback and self-evaluative standards. *Metacognition and Learning*, 5(2), 173-194.
- Levine, M. (1990). *Keeping ahead in school*. Cambridge: Educators Publishing Service.
- Levine, M. (2003). *Mentes diferentes, aprendizajes diferentes: Un modelo educativo para desarrollar el potencial individual de cada niño*. Barcelona: Paidós Ibérica S. A.
- Malone, T. W. (1981). Toward a theory of intrinsically motivating instruction. *Cognitive Science*, 4, 333-339.
- Miyake, A. y Shah, P. (1999). *Models of working memory: Mechanism of active maintenance and executive control*. Cambridge: University Press.
- Miyake, A., Friedman, N. , Emerson, M. , Witzki, A. y Howerter, A. (2000). The unity and diversity of executive functions and their contributions to complex “frontal lobe” tasks: a latent variable analysis. *Cognitive Psychology*, 41, 49-100.
- Morrison, G. (2005). *Educación infantil*. Madrid, España: Pearson S.A..

- Papalia, D. (2002). *Psicología del desarrollo: De la infancia a la adolescencia*. México, México: Mc Graw Hill S.A.
- Pirie, S. y Kieren, t. (1989). A Recursive theory of mathematical understanding. *FML Publising Association*, 9, 7-10.
- Portellano, J. A. , Martinez, R. y Zumárraga, L. (2009). *Evaluación neuropsicológica de las funciones ejecutivas en niños*. Madrid, España: Tea Ediciones.
- Posner, M. I. y Rothbart, M. K. (2007). *Educating the human brain*. Washington, EEUU: American Psychologist Association.
- PREAL (2010). *La educación en el Ecuador avances y retos: Informe del progreso educativo del Ecuador*. Fundación Ecuador y Grupo Faro.
- Purves, D., Augustine, G. , y Fitzpatrick, D. , (2008). *Neurociencia*. Buenos Aires, Argentina: Editorial Médica Panamericana.
- Quiroga, M. A., Martínez-Molina, A. y Santacreu, J. (2011). Computerized assessment of attention for children from 7 to 11 years: Divid-UAM and Taci-Uam. *Revista Clínica y Salud*, 22, 3-20.
- Repetto, C., Linskens M. y Fesquet H. (2002). *Aritmética I*. Quito, Ecuador: Libresa.
- Rodrigo, M. (2011). Dynamics of student cognitive-affective transitions during a mathematics game. *Simulating and Gaming*, 42 (1), 85.
- Robinson, K. y Dubé, A. (2009). Children's understanding of addition and subtraction concepts. *Journal of Experimental Child Psychology: special issue: Typical Development of numerical cognition*, 103(4), 532-545.
- St. Clair-Thompson, H. L., y Gathercole, S. E. (2006). Executive functions and achievements in school: Shifting, updating, inhibition, and working memory. *The Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 59(4), 745-759.
- Toheed, L. y Ali, A. (2011). The effects of mastery learning strategy on student achievement in the subject of mathematics at elementary level. *Interdisciplinary Journal of Contemporary Research In Business*, 3 (7), 927-932.
- Tokuhama-Espinosa T. (2011). *Mind, brain, and education science: A comprehensive guide to the new brain-based teaching*. New York: W. W. Norton & Company.
- Tremont, G. , Halpert, S. , Javorsky, D. J. , y Stern, R. A. (2000). Differential impact of executive dysfunction on verbal list learning and story recall. *The Clinical Neuropsychologist*, 14(3), 295-302.
- UNESCO (2009). *Informe del seguimiento de la educación para todos en el mundo. Superar la desigualdad: por qué es importante la gobernanza*. Paris, Francia: UNESCO.

- Van der Ven, S.(2011). *The structure of executive functions and relations with early math learning*. Utrecht, Holanda: Labor Grafimedia.
- Van der Ven, S. ,Kroesbergen, E. ,Boom,J. y Leseman, P. (2012). The development of executive functions and early mathematics: A dynamic relationship. *British journal of educational psychology*, 82 (1), 100.
- Wilson, A., Dehaene, S., Pinel, F., Revkin, S., Cohen, L. y Cohen. D.(2006). Principles underlying the design of “The Number Race”, an adaptative computer game for remediation of dyscalculia. *Behavioral and Brain Functions*, 2-19.
- Wilson, A. y Dehaene, S. (2012). Manual y software de La Carrera de los Números. Disponible en: [http://www.unicog.org/numberrace/number\\_race\\_index.html](http://www.unicog.org/numberrace/number_race_index.html).
- Wilson, A., Revkin, S. K., Cohen, D., Cohen, L. y Dehaene, S. (2006). An open trial assessment of “Number race”, an adaptive computer game for remediation of dyscalculia. *Behavioral and Brain Functions*, 2, 20.

## ANEXO A: APROBACIÓN DEL ESTUDIO POR EL COMITÉ DE BIOÉTICA



**Comité de Bioética, Universidad San Francisco de Quito**  
**El Comité de Revisión Institucional de la USFQ**  
**The Institutional Review Board of the USFQ**

Quito, Ecuador  
 8 de Mayo del 2012

María Luz Turriaga  
 Investigadora Principal  
 Presente  
 De mis consideraciones

Por medio de la presente, el Comité de Bioética de la Universidad San Francisco de Quito tiene a bien informarle que su estudio "Funciones Ejecutivas en el aprendizaje de la resta" ha sido aprobado en categoría expedito con fecha de hoy, 8 de Mayo del 2012, en particular en lo que se refiere al protocolo de la investigación; formulario de consentimiento informado; e instrumentos Manual del test ENFER, Manual del programa "La carrera de los números".

Esta aprobación tiene una duración de un año, después de la cual se debe pedir una extensión si fuera necesaria.

En toda correspondencia con el Comité de Bioética, favor referirse al siguiente código de aprobación: 2012-21

El Comité estará dispuesto a lo largo de la implementación del estudio a responder tanto a los participantes como a los investigadores en cualquier inquietud que pudiera surgir. Asimismo, es importante recordar que cualquier novedad debe ser comunicada al Comité; específicamente cualquier evento adverso debe ser comunicado dentro de 24 horas.

El Comité de Bioética ha otorgado la presente aprobación en base a la información entregada por los solicitantes, quienes al presentarla asumen la veracidad, corrección y autoría de los documentos entregados. De igual forma, los solicitantes de la aprobación son los responsables de aplicarlos de manera correcta en la ejecución de la investigación, respetando los documentos y condiciones aprobadas por el Comité, así como la legislación vigente aplicable y los estándares nacionales e internacionales en la materia.

Atentamente,

William F. Waters, Ph.D.  
 Presidente del Comité de Bioética  
 Universidad San Francisco de Quito

Casilla Postal 17-12-841, Quito, Ecuador  
 PBX (593-2) 297-1775  
 comitebioetica@usfq.edu.ec



**ANEXO B: TEST ENFEN**

**ANEXO C: TABLA DE CONVERSIÓN DE PUNTUACIÓN A DECATIPO: OCHO  
AÑOS**

<b>Decatipo</b>	<b>F1 Fluidez fonológica</b>	<b>F2 Fluidez semántica</b>	<b>S1 Sendero gris</b>	<b>S2 Sendero a color</b>	<b>A Anillas</b>	<b>I Interferencia</b>
<b>1</b>	0 - 3	0 - 7	0 - 10	0 - 5	≥ 326	0 - 31
<b>2</b>	4	8	11 - 12	6	325 - 277	32 - 37
<b>3</b>	5	9 - 10	13 - 14	7	276 - 254	38 - 45
<b>4</b>	6 - 7	11	15 - 17	8 - 9	253 - 229	46 - 53
<b>5</b>	8	12	18 - 20	10 - 12	228 - 214	54 - 60
<b>6</b>	9	13 - 14	21 - 23	13 - 14	213 - 182	61 - 70
<b>7</b>	10 - 11	15 - 17	24 - 26	15 - 16	181 - 159	71 - 77
<b>8</b>	12	18 - 19	27 - 28	17 - 19	158 - 138	78 - 85
<b>9</b>	13 - 15	20 - 23	29 - 33	20 - 21	137 - 126	86 - 91
<b>10</b>	≥ 16	≥ 24	≥ 34	≥ 22	≤ 125	≥ 92

**ANEXO D: CONSENTIMIENTO INFORMADO**

**Formulario Consentimiento Informado  
Universidad San Francisco de Quito  
Comité de Bioética**

**Título de la investigación:** Las funciones ejecutivas en el aprendizaje de la resta.

**Versión y Fecha:** Versión V 2. 1 Abril 2012

**Organización del investigador:** Universidad San Francisco de Quito

**Nombre del investigador principal:** María Luz Turriaga

**Co-investigadores:** ninguno

**Número telefónico y correo electrónico del investigador principal:**

**Teléfono 6007125-098913786 mlturriagae@hotmail.com**

**1. Introducción**

Su hijo está invitado a participar en un estudio de investigación sobre funciones ejecutivas en el área de matemáticas, él aprendió a restar y está en el proceso de interiorizar correctamente esta operación. Adicionalmente tiene cumplidos los 8 años.

La participación de su hijo es una elección, tómese el tiempo necesario para tomar la decisión y analícela con su familia y si fuera necesario con la maestra de matemática de su niño.

Este formulario incluye un resumen con la información del proyecto de investigación y en que medida su hijo será un participante del mismo. Si Usted decide participar Usted recibirá una copia de este formulario. Por favor haga todas las preguntas que tenga sobre el estudio.

**2. ¿Por qué se está realizando este estudio de investigación?**

Se está realizando este estudio como tesis final de la Maestría de Educación. María luz Turriaga (la investigadora) trabaja en el Liceo Internacional los últimos 24 años y está totalmente comprometida con la Institución. Ella tiene la autorización para realizar este estudio y la finalidad es probar que un buen entrenamiento en las funciones ejecutivas mejora el aprendizaje de la resta.

El marco teórico que sustenta este estudio es la neurociencia, ciencia que estudia la relación entre la educación, la psicología y la neurología. Uno de los aspectos más importantes que esta ciencia trata es: ¿Cómo el niño aprende?

El niño aprende en primer lugar de todos los estímulos que su cerebro recibe y luego estos estímulos se vuelven objetos de conocimiento. En este contexto las funciones ejecutivas son la pieza clave en las redes neuronales que funcionan en el cerebro del niño. Estas funciones ejecutivas se pueden entrenar para que el niño haga un proceso de resta más efectivo y eficiente.

**3. ¿Hay algún beneficio por participar en el estudio?**

No recibirá Usted ni su niño ningún beneficio económico, solo el beneficio que recibirá es un entrenamiento en las funciones ejecutivas involucradas en el proceso de la resta.

**4. ¿Cuántas personas participarán en el estudio?**

Los participantes serán todos los estudiantes del Liceo Internacional que acepten participar en el estudio y tengan entre 7 años 11 meses y 8 años cumplidos. Los estudiantes que acepten las condiciones del estudio participarán en dos grupos: un grupo de control y un grupo de entrenamiento.

**5. ¿En qué consiste el estudio?**

El estudio tiene como meta el contestar la siguiente pregunta: ¿Cómo y hasta que punto el entrenamiento en funciones ejecutivas mejora el aprendizaje de la resta en niños de 8 años?

Versión 2. 1 Abril 2012

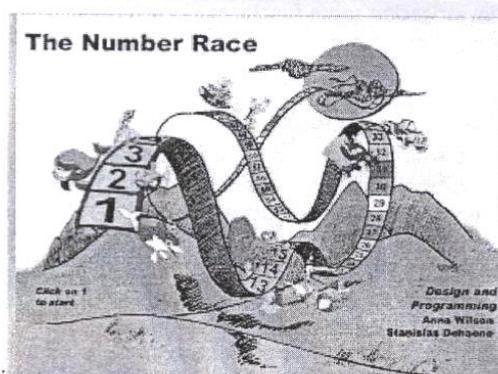


Código: 2012-21

Adicionalmente el presente trabajo tiene como objetivo determinar cuáles son las funciones ejecutivas que influyen en el aprendizaje de la resta y cuál es el mejor entrenamiento para efectivizar el aprendizaje de la misma.

El estudio en el que participará su niño consistirá en un test en el que se le evalúa sus funciones ejecutivas, y, un entrenamiento de las mismas a través de un juego en computador muy similar a un “juego de escaleras” (casilleros para ir de un lugar a otro, salida y llegada, con obstáculos en la vía). Una vez terminado el entrenamiento los niños del grupo de intervención serán evaluados nuevamente con el test inicial.

Este es el juego “La carrera de los números” con el que su niño se entrenará en la resta.



Los dos procedimientos son relativamente sencillos: el test no dura más de veinte minutos y el juego en el computador aproximadamente 30 a 35 minutos en los que su niño jugará con números y operaciones en la sala de computación bajo la vigilancia de la investigadora y una maestra de su niño.

Aleatoriamente se ha escogido un grupo 1 de control (no recibirá en principio el entrenamiento) y un grupo 2 de intervención (si recibirá el entrenamiento).

La participación no tendrá una nota en la evaluación académica del niño, así que el puede y debe ir a su ritmo superando niveles y obstáculos.

Nota: se dará el entrenamiento al grupo de control luego de terminada la investigación.

#### 6. ¿Cuánto tiempo durará mi participación en el estudio?

La participación del niño durará aproximadamente tres meses, un mes de evaluación y dos meses de entrenamiento.

#### 7. ¿Cuáles son los riesgos de participar en este estudio?

- Los posibles riesgos es que los estudiantes se pongan un poco nerviosos con la aplicación de los test y en el entrenamiento cuando obtengan bajos puntajes en los juegos.
- Otro posible riesgo es que los alumnos del grupo de control quieran participar en el entrenamiento por un posible contagio de ambos grupos en los momentos que comparten ambos como son los recreos o clases de deportes.

---

Código: 2012-21

**8. ¿La información o muestras que doy son confidenciales?**

Su privacidad es importante para nosotros. Haremos todo lo posible para mantener en forma confidencial toda la información personal sobre su niño. Para proteger su privacidad la información o muestra tendrá un código, el mismo que consta de dos elementos un dibujo de un animalito y un número que será escogido arbitrariamente según el gusto de su niño.

Solo las personas directamente relacionadas a la investigación sabrán su nombre.

Su nombre no será mencionado en las publicaciones o reportes de la investigación.

La información será manejada de la siguiente manera:

Los resultados del pre-test y post test y adicionalmente todos los resultados del entrenamiento o juego de matemáticas similar a uno de ludo. Si Usted quiere al final de la investigación y del análisis de los datos le puedo enviar los resultados de la misma.

**9. ¿Qué otras opciones tengo?**

Usted puede decidir no participar en el estudio. Eso no afectará en lo más mínimo al niño pues el continuará con las clases regulares planificadas por sus maestras desde el principio del año.

**10. ¿Cuáles son los costos del estudio de investigación?**

Ninguno

**11. ¿Me pagarán por participar en el estudio?**

Usted no recibirá ningún pago por participar en este estudio.

**12. ¿Cuáles son mis derechos como participante de este estudio?**

Su participación en este estudio es voluntaria; es decir, usted puede decidir no participar. Además, si usted decide participar, puede retirarse del estudio en cualquier momento; para hacerlo debe ponerse en contacto con los investigadores mencionados en este formulario de consentimiento informado. No habrá sanciones ni pérdida de beneficios si usted decide no participar o decide retirarse del estudio antes de su conclusión.

**13. ¿A quién debo llamar si tengo preguntas o problemas?**

Si usted tiene alguna pregunta acerca del estudio, llame a María Luz Turriaga, al teléfono fijo 6007125 o celular 098913786, o envíe un mensaje de correo electrónico [mlturriagae@hotmail.com](mailto:mlturriagae@hotmail.com)

Si usted tiene preguntas sobre este formulario también puede contactar a Dr. William F. Waters, Presidente del Comité de Bioética de la USFQ, al teléfono 02-297-1775 o por correo electrónico a: [comitebioetica@usfq.edu.ec](mailto:comitebioetica@usfq.edu.ec)

Código: 2012-21

**14. El consentimiento informado**

Comprendo mi participación y los riesgos y beneficios de participar en este estudio de investigación. He tenido el tiempo suficiente para revisarlo y el lenguaje del consentimiento fue claro y comprensible. Todas mis preguntas como participante fueron contestadas. Me han entregado una copia del este formulario de consentimiento informado. Acepto voluntariamente el participar en este estudio de investigación.

\_\_\_\_\_  
Firma del participante o representante legal\_\_\_\_\_  
Fecha\_\_\_\_\_  
Nombre del investigador que obtiene el consentimiento\_\_\_\_\_  
Firma del investigador

09-05-12

\_\_\_\_\_  
Fecha\_\_\_\_\_  
Firma del testigo\_\_\_\_\_  
Fecha

## ANEXO E: RESUMEN GENERAL DE DATOS CARRERA DE LOS NÚMEROS

las fName	firstName	session	currDesir	edChosen	Diffspeed	DifDisl	verbal	ambic	doFade	add	sabtrc	relNetGain	p1NetGain	p2NetGain
1	laureles	osi	25	promedio 0,726 mínimo 0,575 máximo 1,275	0,720	0,453 0,000 0,944	0,525 0,000 1,000	33,63% 87,61%	10,62%	60	35	0,938	4,106	3,168
2	laureles	Boddy	13	promedio 0,726 mínimo 0,610 máximo 1,135	0,724	0,504 0,000 0,958	0,519 0,000 1,000	29,80% 92,42%	7,07%	60	52	0,995	4,177	3,182
3	laureles	tigre blanco	10	promedio 0,739 mínimo 0,629 máximo 0,964	0,740	0,425 0,000 0,772	0,420 0,000 0,949	39,08% 85,06%	13,79%	15	7	0,920	4,011	3,092
4	laureles	keisy	27	promedio 0,729 mínimo 0,575 máximo 0,925	0,729	0,520 0,000 0,935	0,557 0,000 1,000	26,59% 88,73%	10,40%	94	104	0,598	3,714	3,116
5	laureles	delfin rosado	16	promedio 0,724 mínimo 0,575 máximo 0,867	0,724	0,486 0,000 0,824	0,553 0,000 1,000	35,04% 87,96%	15,69%	62	66	0,766	4,120	3,354
6	laureles	mono	10	promedio 0,714 mínimo 0,575 máximo 0,925	0,714	0,428 0,000 0,970	0,434 0,000 1,000	32,60% 82,05%	15,75%	57	52	1,264	4,308	3,044
7	laureles	Pocho	17	promedio 0,718 mínimo 0,575 máximo 0,925	0,717	0,568 0,000 1,000	0,551 0,000 1,000	32,32% 88,72%	15,55%	81	96	1,070	4,369	3,299
8	laureles	mikaela	18	promedio 0,731 mínimo 0,610 máximo 1,275	0,724	0,452 0,000 0,882	0,530 0,000 1,000	32,69% 89,74%	9,62%	46	40	0,782	3,987	3,205
9	laureles	erro cokocok	21	promedio 0,713 mínimo 0,575 máximo 0,820	0,711	0,624 0,008 1,000	0,596 0,000 1,000	25,64% 89,10%	7,69%	50	38	0,763	4,276	3,513
10	laureles	oveja	14	promedio 0,716 mínimo 0,575 máximo 1,075	0,711	0,429 0,000 0,891	0,522 0,000 1,000	36,08% 82,75%	14,51%	47	36	1,043	4,137	3,094
11	laureles	osi	20	promedio 0,739 mínimo 0,575 máximo 0,875	0,737	0,455 0,000 0,871	0,558 0,000 1,000	29,67% 86,99%	12,60%	61	47	0,602	4,053	3,451
12	laureles	flamingo	14	promedio 0,721 mínimo 0,575 máximo 0,925	0,719	0,459 0,000 0,825	0,509 0,000 1,000	36,45% 83,64%	16,36%	47	40	0,799	4,430	3,631

