

BENEMERITA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE PUEBLA

FACULTAD DE PSICOLOGÍA

**MAESTRÍA EN DIAGNÓSTICO Y REHABILITACIÓN
NEUROPSICOLÓGICA**

**“EFECTOS NEUROPSICOLÓGICOS DE UN PROGRAMA FORMATIVO EN
HABILIDADES MATEMÁTICAS”**

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL GRADO DE:

MAESTRO EN DIAGNÓSTICO Y REHABILITACIÓN NEUROPSICOLÓGICA

PRESENTA:

ALEXANDRA GAITAN CHIPATECUA

DIRECTOR: DRA. YULIA SOLOVIEVA

ASESOR METODOLÓGICO: MTRA. EMELIA LÁZARO GARCIA

PUEBLA, PUE., MAYO 2014

PUEBLA, PUE., MÉXICO

MAYO DE 2014

MIEMBROS DEL JURADO DE EXAMEN:

Dra. Yulia Solovieva

Mtra. Emelia Lázaro García

Dr. Luis Quintanar Rojas

AGRADECIMIENTO

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) por la beca N°
442016/266996 para la realización de este proyecto.

A la Vicerrectoría de Investigación y Estudios de Posgrado (VIEP) de la Benemérita
Universidad Autónoma de Puebla por la beca otorgada.

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a la Dra. Yulia Solovieva, la Mtra. Emelia Lázaro y el Dr. Luis Quintanar por guiarme en el planteamiento y desarrollo de este proceso investigativo. Igualmente le doy gracias al Mtro. Marco García por ayudarme en el proceso de consecución de la población que hizo parte de este proyecto, a Tere Álvarez por su colaboración en la aplicación de los protocolos de investigación y al Dr. Ignacio Méndez por su apoyo en el área estadística.

A todos los profesores de la maestría por compartir sus conocimientos, sus experiencias clínicas y todas las enseñanzas que se dieron durante estos dos años. Especialmente gracias a la Mtra. María del Rosario Bonilla y al Dr. Héctor Pelayo por sus invaluable enseñanzas relacionadas con la evaluación y rehabilitación neuropsicológica.

A mis compañeros y amigos de la maestría que hicieron parte de este proceso, con los que aprendí a hablar el difícil idioma del español mexicano-paraguayo-colombiano y además se convirtieron en mi familia mexicana. Afectuosamente gracias a Aurora Macías, Guenda Cabrera y Silvia Rodríguez por los momentos compartidos que formaron una bonita amistad.

A Betty García y Erick Ramírez por adoptarme desde Bogotá, recibirme en Puebla y acompañarme en mi aventura por México. Nunca imaginé que todas sus predicciones fueran a ser realidad, pero que acertadas y valiosas han sido.

A Claudia de la Cerda por ser mi roomie, apoyarme y acompañarme en cada momento que necesité fuerzas para seguir adelante. Por todas las caminatas y cafés con galletas que compartimos y nos hicieron grandes amigas.

A Xaman por ser mi amigo, confidente y gran amor que siempre estuvo conmigo en los momentos buenos y malos que debimos enfrentar.

Mil gracias a mi familia porque sin ellos esto no hubiera sido posible. Siempre creyeron en mí y me acompañaron en el difícil camino de estar lejos de casa.

¡Gracias totales!

CONTENIDO

Resumen	5
Introducción	6
CAPÍTULO I: ANTECEDENTES	8
Adquisición de habilidades matemáticas desde el enfoque cognitivo	8
Adquisición de habilidades matemáticas como sistema funcional complejo	15
Métodos preventivos	15
Métodos educativos	17
CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO	20
Adquisición de las capacidades matemáticas	20
Alteraciones en el sistema funcional del cálculo matemático	29
CAPÍTULO III: DESARROLLO DE LA INVESTIGACIÓN	32
Justificación	32
Planteamiento del problema	33
Preguntas e hipótesis	34
Objetivos	35
Método	35
Diseño de investigación	35
Participantes	35
Instrumentos	37
Procedimiento	39
Análisis cualitativo	40
Análisis cuantitativo	41
Limites y alcances	42
Consideraciones éticas	42
CAPÍTULO IV: RESULTADOS	43
Análisis cualitativo	43
Análisis cuantitativo	53
CAPÍTULO V: DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES	55
REFERENCIAS	60

RESUMEN

El objetivo del presente estudio descriptivo-comparativo de enfoque mixto fue precisar cómo los factores neuropsicológicos de análisis y síntesis espaciales, cinético y de regulación y control están involucrados en la adquisición de habilidades matemáticas en niños escolares. Se trabajó con un diseño cuasi-experimental y transversal con dos grupos de 20 escolares de segundo de primaria (10 control que nunca habían participado en un programa formativo y 10 experimental que habían participado en su tercer grado de preescolar en un programa para el desarrollo de las habilidades matemáticas previas). No se encontraron diferencias estadísticamente significativas, pero se encontraron diferencias cualitativas en el estado funcional de organización cinética de los movimientos y acciones y comprensión de estructuras gramaticales con preposiciones en el componente espacial y lógico para los dos grupos de los alumnos siendo estas favorables al grupo que asistió al programa formativo en la edad preescolar. No se encontraron diferencias en el estado funcional de otros mecanismos cerebrales. En el grupo experimental se observó mayor éxito en la ejecución de las tareas propiamente matemáticas de conteo y cálculo. El programa formativo logró consolidar el conocimiento de aspectos lógicos y simbólicos (aspectos operativos) favoreciendo la adquisición de habilidades matemáticas.

Palabras clave: Factores neuropsicológicos, habilidades matemáticas, enfoque mixto.

INTRODUCCIÓN

La formación de las habilidades matemáticas es uno de los objetivos de la enseñanza escolar. Sin embargo, esto no se alcanza completamente a través de la enseñanza tradicional, pues el aprendizaje suele ser mecánico y el contenido no se comprende completamente. Como consecuencia hay fracaso escolar y bajo rendimiento académico en el área de matemáticas. Para solucionar esta situación se han propuesto diferentes vías desde la pedagogía, la psicología y la neuropsicología.

Una de las opciones que involucra una perspectiva teórico-metodológica sólida es la propuesta neuropsicológica desde la escuela histórico-cultural en donde la enseñanza inicia con los componentes previos de las habilidades matemáticas (numérico, simbólico y lógico), y se da a partir de la organización, dirección y sistematización que proporciona el adulto para la asimilación de los conocimientos.

El enfoque histórico-cultural también asume que a partir de las acciones y la actividad escolar que realizan los alumnos se forma la psique y en relación con esto se consolidan los sistemas funcionales a nivel cerebral. Es así como a la acción la subyacen mecanismos cerebrales que permiten un desarrollo gradual y cada vez más automatizado.

Particularmente, las habilidades matemáticas se han relacionado con sectores cerebrales frontales y parieto-occipitales que según Luria (2011) se encargan de regular, formar la base orientadora de la acción, crear programas complejos de comportamiento, organizar y sintetizar la información espacial para la adecuada solución de problemas. Estas habilidades se adquieren desde temprano en la infancia a partir de la enseñanza progresiva guiada por el adulto. Este aprendizaje no debe ser mecánico y de memorización, sino que requiere orientación y análisis para asimilar las operaciones aritméticas.

El contenido de la presente investigación se ha organizado por secciones: la primera sección expone las investigaciones realizadas sobre las funciones cognitivas involucradas en la adquisición de habilidades matemáticas, las bases neurales anatómicas y funcionales del pensamiento matemático, y la formación de las capacidades matemáticas en la infancia. La segunda parte explica las premisas teóricas del enfoque histórico-cultural en las habilidades matemáticas a partir del

desarrollo de las funciones psicológicas superiores, el desarrollo de operaciones matemáticas, el proceso de aprendizaje de la aritmética, los factores neuropsicológicos y las alteraciones de las operaciones de cálculo. En la tercera sección se presenta el método investigativo empleado, se describe la población, los instrumentos y el procedimiento. Por último, se presentan los resultados, discusión, conclusiones, alcances y limitaciones de la investigación.

CAPÍTULO I: ANTECEDENTES

Adquisición de habilidades matemáticas desde el enfoque cognitivo

La adquisición de conocimientos básicos sobre matemáticas requiere de atender, comparar, diferenciar y buscar semejanzas para lograr asociar e integrar las nuevas ideas con las ya existentes (Aronen, Vountela, Steenari, Salmi & Carlson, 2005; Bull & Scerif, 2001; Castillo-Parra, Gómez & Ostrosky-Solís, 2009; Rosselli, Jurado & Matute, 2008). Según Castillo-Parra et al. (2009) el aprendizaje se da desde la infancia con los sucesos cotidianos, pero se vuelve formal cuando los individuos ingresan a las instituciones educativas. Las funciones cognoscitivas como atención, memoria y funciones ejecutivas son procesos indispensables para responder a las demandas educativas ya que le permiten al individuo atender, codificar, almacenar y evocar la información, así como dirigir la conducta a una meta, resolver problemas, inhibir, planear, generar y usar estrategias, tener flexibilidad de pensamiento y manipular información (Castillo-Parra et al., 2009).

Desde la neuropsicología la adquisición y el dominio de conceptos matemáticos se relaciona con diferentes procesos cognitivos como la memoria de trabajo, las habilidades viso-espaciales, la capacidad de generar estrategias para solucionar problemas, la velocidad de procesamiento (Anderson, 2007; Hoard, Geary, Byrd-Craven & Nugent, 2008), la atención, la inhibición, el razonamiento, la habilidad para inferir (Geary, 2007), el aprendizaje de nuevas estrategias, la flexibilidad cognitiva (Bull & Scerif, 2001), la comprensión de lectura (Grimm, 2008), la memoria de corto plazo (Bull, Andrews & Wiebe, 2008), la memoria de trabajo verbal, la memoria semántica y el aprendizaje no verbal (Butterworth, 2005; Rosselli, Matute, Pinto & Ardila, 2006).

En relación con la memoria de trabajo, Passolunghi, Mammarella y Altoè (2008) plantean que uno de los predictores eficientes en los primeros grados de escolaridad es la memoria de trabajo. Está relacionada con la habilidad de cálculo y la capacidad para resolver problemas aritméticos que se presentan en forma oral y la habilidad para contar verbalmente. Passolunghi, Mammarella y Altoè (2008) evaluaron a 72 niños de primer y segundo grado que pertenecían a escuelas primarias en Italia (30 niños y 42 niñas) y les aplicaron pruebas que evalúan memoria

de trabajo, memoria a corto plazo, habilidades fonológicas, habilidades de conteo e inteligencia, al igual que de logro matemático. Estos investigadores concluyeron que el éxito matemático es predicho por el rendimiento fonológico y de conteo, la memoria a corto plazo y, sobre todo, la memoria de trabajo. Es decir, estos autores afirmaron que el *span* en la memoria de trabajo está asociado a un buen desempeño académico en el área de matemáticas.

De manera similar, Hoard et al. (2008) mencionan que el ejecutivo central ha sido implicado como un componente crucial que subyace la habilidad para resolver problemas que van desde una simple suma hasta problemas algebraicos que requieren de varios pasos para su solución. En su estudio con 211 estudiantes de kínder, intelectualmente superdotados, evaluaron la memoria de trabajo (específicamente el ejecutivo central, el bucle fonológico y la agenda viso-espacial) y la velocidad de procesamiento en tareas matemáticas. Estos investigadores concluyeron que los niños superdotados, en comparación con pares intelectualmente típicos, usan más la matemática formal y las representaciones lineales para hacer ubicaciones en la recta numérica. Además estos niños usan estrategias más sofisticadas para resolver problemas de adición y fácilmente hacen cambios en las estrategias de solución dependiendo de la complejidad del problema.

Espy et al. (2004) evaluaron vocabulario, habilidades matemáticas (conteo y operaciones básicas de adición y sustracción) y función ejecutiva en dos grupos de preescolares: 1) 66 niños (38 niñas y 28 niños) con un desarrollo normal que se encontraban entre los 2 y 5 años de edad; y 2) 30 niños (19 niñas y 11 niños) que nacieron pre-termino y con bajo riesgo neurobiológico con edades entre los 2 y 5 años. En su investigación encontraron que funciones ejecutivas específicas como la memoria de trabajo, el control inhibitorio y la flexibilidad están relacionadas con la emergente competencia matemática en niños preescolares. Específicamente, la contribución del control inhibitorio a las habilidades matemáticas previas es central en los preescolares y la flexibilidad mental no contribuye de forma significativa en niños de esta edad, sino que se desarrolla más adelante cuando los niños se enfrentan a un aprendizaje formal de operaciones aritméticas en el que deben conocer diferentes procedimientos de resolución.

Por su parte, Bull et al. (2008) mencionan que el desempeño de los niños en matemáticas es influenciado principalmente por dos factores: a) la utilización del sistema fonológico que tiene como función codificar y retener códigos verbales usados para el conteo y/o mantener soluciones provisionales durante la solución de problemas; y b) las habilidades viso-espaciales y la memoria de trabajo viso-espacial que se relacionan con la habilidad de conteo. Bull et al. (2008) señalan que el segundo factor referente a capacidades viso-espaciales, podría afectar las matemáticas en diferentes niveles como por ejemplo, las inversiones de números y la reversibilidad, la desalineación de dígitos en las columnas, en la atención visual y el monitoreo relacionado con el ignorar los signos matemáticos de las operaciones o cambiar de operación cuando se está solucionando el problema, así como en la adquisición de conceptos de “prestar” y “llevar” en los cálculos matemáticos. Adicionalmente, el sistema espacial subyace aspectos del procesamiento numérico no verbal tales como la magnitud numérica, la estimación y la representación de la información en una forma espacial (por ejemplo, la recta numérica).

Bull et al. (2008) se preguntaron si la medición de la memoria a corto plazo, de la memoria de trabajo y de las funciones ejecutivas en preescolares puede ser usada para identificar a los niños que van a desarrollar dificultades específicas en el aprendizaje de matemáticas. Así pues, en su estudio longitudinal midieron función ejecutiva, memoria a corto plazo y memoria de trabajo a 124 niños de guardería, con edad promedio de 4 años 6 meses. Posteriormente evaluaron indicadores básicos de desempeño para la escuela (números, fonética y lectura) a los mismos sujetos de la investigación. Posteriormente, esta evaluación se realizó a los mismos estudiantes al iniciar el primer grado (N=111), al finalizar el primer grado (N=108) y en tercer grado (N=88) con el objetivo de entender la relación entre variables predictoras y el desempeño académico. Estos investigadores concluyeron que buena memoria a corto plazo, memoria de trabajo y particularmente función ejecutiva proveen a los niños una ventaja inmediata en el ambiente de aprendizaje escolar proporcionando una ventaja inicial que se mantiene a lo largo de los primeros años de educación primaria en el área de matemáticas. Los niños con pobre funcionamiento en estas habilidades cognitivas pueden cometer errores en actividades de aprendizaje debido

a la dificultad para recordar y seguir instrucciones, inhibir información irrelevante, mantenerse enfocado en la tarea y planear, seguir y monitorear los pasos a medida que se avanza en la tarea.

Ardila (2002) plantea que el desempeño exitoso en una operación aritmética demanda habilidades de discriminación visoespacial, memoria de trabajo u operativa y memoria a largo plazo, lo cual se evidencia en la organización espacial de las cantidades y las relaciones entre sí, entender el significado de los signos, reconocer los símbolos numéricos y conocer los pasos que deben ser realizados para resolver las operaciones de forma apropiada.

Teniendo en cuenta lo anterior, el adecuado aprendizaje y desarrollo del pensamiento matemático requiere de diferentes funciones cognitivas que permiten la adquisición y dominio de conceptos matemáticos. Funciones cognitivas como la memoria, la atención, las habilidades viso-espaciales y las funciones ejecutivas, especialmente la memoria de trabajo y la inhibición, están involucradas en la adquisición de habilidades matemáticas, pues les permiten a los niños un adecuado aprendizaje y les proporcionan la capacidad de solucionar problemas aritméticos. Adicionalmente, las habilidades cognitivas implicadas en los procesos aritméticos respaldan la idea de que la habilidad de cálculo representa una habilidad multifactorial que incluye funciones verbales, espaciales, mnémicas y funciones ejecutivas, que a su vez se relacionan con diversas áreas cerebrales.

Ahora bien, ¿Cuáles son las bases neurales anatómicas y funcionales del pensamiento matemático?

Históricamente la competencia matemática ha sido estudiada a partir de pacientes que sufrieron daño cerebral en la conjunción parieto-occipito-temporal o en el lóbulo frontal y que como consecuencia presentaron déficits en cálculo (acalculia). No obstante, con avanzadas técnicas de neuroimagen funcional, la investigación del procesamiento numérico también se ha podido realizar en personas que no presentan lesiones cerebrales (Nieder, 2005). Así pues, desde el punto de vista anatómico y funcional cerebral algunos investigadores han usado técnicas de neuroimagen para conocer las bases neurales del pensamiento matemático. Por ejemplo, Houdé y Tzourio-Mazoyer (2003) presentaron investigaciones realizadas en

cognición lógica y matemática. En el área de matemáticas evidenciaron que la aritmética exacta basada en representaciones lingüísticas depende de áreas perisilvianas del lenguaje, las representaciones de los números dependen de la corteza parietal, las tareas de recobro de información se relacionan con la ínsula anterior izquierda y la corteza cerebelar derecha, el cálculo aritmético se relaciona con redes parietofrontales bilaterales y el giro temporal inferior bilateral, y los procesos de cálculo incluyen los giros frontal medial derecho y parahipocampal.

Ardila (2010) señala que técnicas de neuroimagen, específicamente Resonancia Magnética Funcional (fMRI), han demostrado que el lóbulo parietal izquierdo, particularmente el surco intraparietal, el lóbulo frontal y el circuito fronto-parieto-subcortical se activan sistemáticamente durante tareas numéricas, el procesamiento de información numérica, la solución de problemas aritméticos y cálculos aritméticos complejos. Durante el cálculo aparecen activadas regiones como el giro frontal medial, los giros supramarginal y angular bilateral, corteza prefrontal dorsolateral izquierda y premotora, área de Broca, corteza parietal inferior y regiones parietales izquierdas y occipito-temporales (giro lingual y fusiforme).

Butterworth et al. (2005) mencionan que las neuroimágenes funcionales revelan que los lóbulos parietales especialmente el surco intraparietal, se activan en el procesamiento numérico y aritmético. También destacan que en estudios con pacientes lesionados han identificado que el surco intraparietal izquierdo y el giro angular son críticos para un desempeño aritmético normal.

Por su parte, Dehaene et al. (2003) proponen que el sistema intraparietal bilateral está asociado con el sistema de cantidad, la región del giro angular izquierdo está asociada con el procesamiento verbal de los números y el sistema parietal posterior superior está asociado con la atención espacial y no espacial. Más específicamente, la evidencia de neuroimágenes indica que el segmento horizontal del surco intraparietal del hemisferio derecho es la región con mayor activación durante el procesamiento numérico que requiere del acceso a una representación semántica de cantidad que los números simbolizan. Es decir, el surco intraparietal se activa ante cualquier operación aritmética que exhorta representación cuantitativa de los números como, por ejemplo, cuando un sujeto hace un cálculo (manipulación de

números) en lugar de sólo leer los símbolos numéricos. Esta región también se activa cuando el sujeto hace operaciones comparativas que necesitan del acceso a una escala numérica como comparar las magnitudes de dos números, o cuando las operaciones requieren de múltiples pasos de solución y son largas. Además, el giro angular izquierdo se activa ante tareas de procesamiento numérico, particularmente ante tareas que requieren de cálculo exacto. En cuanto al sistema parietal posterior superior, Dehaene et al. (2003) indican que también se activa ante tareas que requieren manipulación de los números y juega un rol central en una variedad de tareas viso-espaciales influyendo movimientos corporales como agarrar cosas, orientación visual y/o atencional, rotación mental y memoria de trabajo espacial.

Dentro de los planteamientos anteriores, Dehaene et al. (2003) afirman que dependiendo de la localización de una lesión cerebral se puede predecir en cuál de las tres categorías se verá las alteraciones específicas: lesiones intraparietales generaran alteraciones numéricas genuinamente semánticas, lesiones en la corteza perisilviana izquierda y en el giro angular izquierdo alterarán la evocación verbal de hechos, y lesiones de la región parietal dorsal producirá alteraciones del sistema atencional espacial relacionado con la recta numérica. Lo anterior también se evidencia en pacientes con lesiones amplias que afectan las cortezas temporo-frontales izquierdas hasta las regiones intraparietales y que presentan como síntomas reducción en el cálculo y alteración en la comprensión de habilidades numéricas, junto con deterioro en el procesamiento semántico o demencia semántica (Dehaene et al., 2003).

Serra-Grabulosa et al. (2010) exponen en su artículo de revisión el sustrato neural del procesamiento numérico y del cálculo. Según estos autores, “investigaciones recientes realizadas con sujetos sanos mediante técnicas de neuroimagen señalan que los circuitos neurales del procesamiento numérico se localizan principalmente en el lóbulo parietal” (Serra-Grabulosa, et al., 2010, p. 40): a) el segmento horizontal del surco intraparietal que sustenta la representación interna de las cantidades y la relación que existe entre éstas, así como el procesamiento espacial; b) el giro angular izquierdo que muestra activación en procesos mediados por el lenguaje como la lectura, tareas verbales de memoria a

corto plazo y tareas de procesamiento numérico y de cálculo que requieren procesamiento verbal; y c) el sistema parietal posterior superior que está implicado en los procesos atencionales necesarios para la resolución del cálculo, en tareas visuoespaciales y de memoria de trabajo espacial. No obstante, regiones como la corteza prefrontal, la parte posterior del lóbulo temporal, la corteza cingulada y estructuras subcorticales también participan en este tipo de procesamiento.

El lóbulo frontal también participa en el procesamiento aritmético:

La activación de la corteza prefrontal –regiones lateral y ventral– parece estar vinculada a funciones relacionadas con la memoria de trabajo, como el mantenimiento provisional de los resultados intermedios, la planificación y la ordenación temporal de los componentes de las tareas, o la comprobación de resultados y la corrección de errores (Serra-Grabulosa, et al., 2010, p. 43).

En caso de altas capacidades para el cálculo, se presentan activaciones en el área temporal medial y en la región prefrontal derecha, las cuales se relacionarían con el almacenamiento y la recuperación de la información necesaria para la resolución de las tareas de cálculo. Por su parte, la corteza cingulada se activa al realizar tareas aritméticas simples o de elevada complejidad aritmética y actúa como “soporte”, pues está implicada en funciones como la atención, la memoria de trabajo, la toma de decisiones, la monitorización o la selección de respuestas (Serra-Grabulosa, et al., 2010).

En cuanto a regiones subcorticales, Serra-Grabulosa, et al. (2010) mencionan que otras estructuras cerebrales implicadas en el procesamiento numérico y el cálculo son la ínsula anterior izquierda y la corteza cerebelosa que se han relacionado con la recuperación de los hechos numéricos. El núcleo caudado también participaría, pero no se conoce con claridad su papel, aunque se ha hallado activación durante la manipulación de información verbal no numérica. Y pacientes con lesiones en el cuerpo estriado presentan peor rendimiento en los problemas aritméticos complejos que requieren más de un paso para su resolución.

En síntesis, las técnicas de neuroimagen han demostrado que el pensamiento matemático tiene diferentes bases neurales. Los lóbulos parietales (particularmente las regiones del surco intraparietal, la corteza perisilviana y el giro angular) y los

lóbulos frontales (específicamente regiones prefrontales) muestran activación ante tareas que requieren procesamiento numérico. Estas regiones cerebrales se han relacionado con funciones cognitivas como la memoria de trabajo, el procesamiento de información viso-espacial, la atención y las funciones ejecutivas que a su vez, desde la neuropsicología, se les ha vinculado con el adecuado aprendizaje y desempeño en actividades matemáticas.

Adquisición de habilidades matemáticas como sistema funcional complejo

Métodos preventivos

Desde el punto de vista de la escuela histórico-cultural la atención oportuna a la valoración de los aspectos psicológicos de la edad preescolar permite prevenir problemas posteriores en el aprendizaje escolar (Lázaro, Solovieva, & Quintanar, 2013).

Para alcanzar un nivel óptimo de preparación psicológica del niño preescolar para su ingreso a la escuela primaria, es necesario elaborar programas preventivos que garanticen su desarrollo y se orienten a incrementar el nivel básico durante el inicio del estudio de las matemáticas para evitar dificultades posteriores (Lázaro, Solovieva, & Quintanar, 2013, p. 58).

Solovieva, Ortiz-Moncada y Quintanar-Rojas (2010) diseñaron y aplicaron un programa para consolidar los componentes de preparación e introducción de los conceptos numéricos iniciales en una población de niños mexicanos indígenas bilingües (Náhuatl-Español) que asistían al primer grado de la escuela primaria. Participaron 46 alumnos bilingües (24 experimentales y 22 controles) entre 6 y 7 años. Al grupo experimental se le aplicó el Programa de Actividades Formativas que tenía como objetivo consolidar los preconceptos numéricos que sirven de base al concepto de número a través de acciones específicas para cada uno de los componentes: lógico, simbólico, matemático y de relaciones espaciales. En su estudio concluyeron que hubo diferencias significativas entre los resultados pretest y posttest pues los estudiantes que recibieron el programa mejoraron sus ejecuciones posttest en tareas que implicaban construcciones lógico-gramaticales complejas,

habilidades intelectuales de diferenciación y comparación y habilidades matemáticas previas como seriación e igualación de conjuntos.

Zárraga et al. (2012) diseñó y aplicó un programa dirigido al desarrollo de los componentes matemático, lógico, simbólico y espacial en niños preescolares. La muestra estuvo integrada por 30 niños de tercero de preescolar suburbano que fueron divididos en el grupo experimental (15 niños) y el grupo control (15 niños). Al grupo experimental se le aplicó el Programa de Actividades Formativas con una intensidad de 4 sesiones a la semana de una hora cada una. El programa formativo se fundamentó en la teoría de la actividad para el desarrollo de las habilidades básicas previas a la adquisición del concepto de número en el niño preescolar. Los resultados obtenidos en este trabajo mostraron que la aplicación del programa utilizado generó un mejor desarrollo de habilidades matemáticas en comparación con el programa propuesto por la Secretaria de Educación Pública de México (SEP). El programa de actividades formativas propuesto por Zárraga et al. (2012) “buscó el desarrollo de los componentes espacial, lógico, simbólico y matemático [...]. Se inició desde el plano concreto a través de actividades de juego, y posteriormente se continuó al plano perceptivo complementando las actividades lúdicas con tareas de enseñanza formal” (Zárraga et al., 2012, p. 42). Los estudiantes a los que les fue aplicado el programa mejoraron cuantitativamente en el número de respuestas correctas en la evaluación post tratamiento y cualitativamente se encontró mayor número de respuestas independientes. En la investigación realizada por Zárraga et al. (2012) se planteó que es necesario hacer un seguimiento que permita verificar que las habilidades matemáticas asimiladas a través del programa permiten conservar un buen desempeño en posteriores ciclos escolares.

El sistema pedagógico influye en la formación de las capacidades matemáticas en la infancia, lo cual se evidencia en los programas de formación que se diseñan desde la pedagogía y neuropsicología. Ciertamente, la formación de conceptos matemáticos se puede generar a partir de un sistema de acciones y actividades en las que se establezcan las habilidades básicas previas.

Métodos educativos

El aprendizaje y el conocimiento matemático tienen un origen y una función social asociada a un conjunto de prácticas en el que hay una relación entre la actividad y el objeto, en donde la base no debe ser de tipo memorística y en ausencia del juego de carácter estratégico, la experimentación y la investigación (Cantoral, 2013).

Los niños aprenden matemáticas en situaciones vivenciales, partiendo de la experiencia cotidiana para llegar a lo general, es decir, de experiencias concretas relacionadas con objetos o situaciones de su vida cotidiana les permiten arribar a la construcción de conocimientos y al desarrollo de habilidades que les permitan comprender y confrontar los puntos de vista entre sus compañeros y de estos con su maestro (Cantoral, 2013, p. 13).

Es necesaria la implementación de métodos de enseñanza adecuados y pertinentes en la práctica educativa cotidiana para desarrollar habilidades matemáticas. Por ejemplo, Buenrostro (2013) planteó un método de aprendizaje para desarrollar el pensamiento numérico en estudiantes que se encuentran cursando los tres primeros grados de la escuela primaria. Para este investigador el pensamiento numérico es entendido como “las concepciones, conocimientos y habilidades que los niños se forman al relacionarse con distintos aspectos de los números tales como su representación, sus propiedades y las operaciones que se llevan a cabo con ellos” (Buenrostro, 2013, p. 73). Su propuesta educativa parte del arduo trabajo que ha realizado durante varios años con niños que cursan alguno de los tres primeros grados de la escuela primaria, provienen de familias con escasos recursos económicos y que han sido canalizados al servicio de psicología porque sus maestros consideran que tienen bajo rendimiento escolar (alumnos repetidores, con bajas calificaciones o con amenaza de reprobación).

Para Buenrostro (2013) las dificultades de aprendizaje relacionadas con las matemáticas provienen de la ausencia de instrucción adecuada para desarrollar el potencial de aprendizaje de los estudiantes. De esta manera, Buenrostro (2013) propone una orientación para trabajar con niños etiquetados como alumnos con dificultades de aprendizaje o bajo rendimiento en matemáticas en su Programa de

Atención al Bajo Rendimiento Escolar. Este programa plantea: evitar caer en la patologización de los procesos de aprendizaje, proporcionar experiencias educativas que favorezcan el aprendizaje y basar las experiencias en el conocimiento que se ha derivado respecto al pensamiento numérico y las formas de favorecerlo.

Algunas de las experiencias que indica Buenrostro (2013) son:

1. **Conteo:** para comprender el pensamiento numérico es importante el concepto de numerosidad, que se define como el número de elementos que contiene un conjunto. Para saber cuántos elementos tiene un conjunto usamos el reconocimiento súbito, el conteo y la estimación.
2. **Representación numérica:** existen dos sistemas de numeración, el verbal y el escrito, y dominar cada uno requiere de diferentes acciones. Por ejemplo, para el sistema verbal, el conteo salteado es de gran utilidad (10, 100, 1000, etc.), y en el sistema escrito, el conteo salteado y luego enunciar el número de la derecha (10, 20, 30, 40 y 7 para leer el número 47) mejora la lectura de los números.
3. **Resolución de problemas:** desde el inicio es importante poner en contacto a los niños con problemas para que se familiaricen y los resuelvan con sus propias estrategias. La forma en que el adulto le puede ayudar a los niños consiste en darle claridad cognitiva, es decir, que el niño tenga conocimiento de lo que está haciendo, hacia dónde se dirige y por qué lo está haciendo.

Para Buenrostro (2013) el aprendizaje escolar no debe caer en la patologización de los estudiantes, sino que por el contrario debe centrar su atención en la comprensión de diferentes aspectos del pensamiento numérico, en los enfoques y en los procedimientos de evaluación e intervención que favorezcan el desarrollo del pensamiento matemático en los niños.

Solovieva et al. (2013) diseñaron y aplicaron un programa de formación de habilidades matemáticas basado en la Teoría de la Actividad y la representación simbólica con el objetivo de introducir el concepto del sistema decimal en niños de segundo grado de primaria de una escuela privada. El programa formativo incluyó tareas específicas de los componentes simbólico, lógico, numérico y espacial, en las

que el apoyo externo con representaciones simbólicas fue permanente. El programa estuvo constituido por las siguientes cuatro acciones:

1. Medición de altitud, anchura, volumen y longitud de muebles, líquidos, objetos, juguetes, líneas del piso, ventanas, puertas, etc., que se realizaba con lápices, líneas, piezas de papel, etc.
2. Comparación de magnitudes que fueron calculadas con la misma medida y se implementó el uso de símbolos igual ($=$), mayor ($>$) y menor ($<$).
3. Introducción de la unidad de medida.
4. Elaboración del sistema decimal representado en esquemas y tablas.

Al finalizar el programa se encontró una diferencia cualitativa pre- y post-experimento en cuanto al nivel de reflexión y comprensión teórica de las relaciones matemáticas. Solovieva et al. (2013) concluyeron que la enseñanza debe ser entendida como un proceso directo y organizado y no una configuración empírica de varias operaciones y acciones. La constante orientación con ayuda de las medidas simbólicas y preguntas específicas junto con la permanente participación del adulto, es esencial para una adecuada metodología de enseñanza.

CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

Adquisición de las capacidades matemáticas

Para Vygotski el desarrollo de las funciones psicológicas superiores se debe considerar desde el desarrollo biológico, histórico y cultural del ser humano. La génesis radica en el empleo de herramientas y el lenguaje. De hecho el desarrollo de las funciones psíquicas superiores abarca dos fenómenos fundamentales: procesos de dominio de los medios externos del desarrollo cultural y del pensamiento: el lenguaje, la escritura, el cálculo, el dibujo; y los procesos de desarrollo de las funciones psíquicas especiales: atención voluntaria, memoria lógica, formación de conceptos, etc. Es entonces complejo el proceso del desarrollo del niño (Vygotski, 2000).

Uno de los intereses de Vygotski en sus investigaciones fue el desarrollo de las operaciones aritméticas. Según Vygotski (2000) el aprendizaje de la aritmética es un momento crítico y conflictivo dado que el niño se enfrenta a su aritmética y la que le enseñan los adultos. En efecto, “la cultura fundamental en el desarrollo del cálculo radica en el paso de la percepción directa de la cantidad a la mediada, al hecho de que el niño comience a equiparar las cantidades con determinados signos, a operar con tales signos” (Vygotski, 2000, p. 208). Vygotski (2000) planteó que el desarrollo aritmético se da cuando el niño pasa de la percepción directa de la cantidad a la mediada por la experiencia y empieza a dominar signos, cifras, reglas de designación y reglas que consisten en sustituir las operaciones con objetos por operaciones con sistemas numéricos, es decir, cuando el niño pasa de la aritmética natural a la cultural. Así, la aritmética escolar constituye un momento de cambio y su enseñanza no debe darse de manera puramente mecánica, sino que los maestros deben buscar de manera activa las vías de formación de las capacidades y de actividades que no posee el alumno (Talizina, 2009).

Desde los trabajos realizados por Vigotsky se demostró que el niño aprende todo en colaboración con el adulto y “del adulto depende qué conceptos va a adquirir el niño y con qué grado de éxito y estabilidad” (Talizina, 2009, p. 8). Con una enseñanza organizada adecuadamente habrá desarrollo. El proceso de enseñanza-aprendizaje se considera una actividad única, productiva y creativa, y requiere de dos

participantes igualmente validos e importantes: el maestro y el alumno (Talizina, 2009).

Talizina (2009) plantea que existen dos tipos de conceptos: los conceptos cotidianos o empíricos que el niño preescolar adquiere en actividades como los juegos, los paseos, las observaciones, el aseo, la actividad práctica y artística, y los conceptos científicos o teóricos que no se adquieren a través de una simple interacción con los objetos sino que requieren que el maestro presente claramente los componentes o características esenciales del concepto con el que se trabaja, dado que las propiedades científicas resultan de los procesos de abstracción y generalización de las características esenciales de los objetos. Por lo tanto, el objetivo del proceso educativo es la introducción y la adquisición de los conceptos científicos de las ciencias básicas (lingüística, matemáticas, ciencias sociales y naturales) y la formación de estos conceptos requiere de organización especial por parte del maestro. Necesita una organización sistémica de enseñanza-aprendizaje que va de lo general a lo particular.

Referente al proceso de aprendizaje de las matemáticas, Talizina (2001) señala que “con frecuencia se considera a las matemáticas como una de las materias más difíciles durante la enseñanza escolar” (p. 9) debido al carácter abstracto de su contenido. Para una buena asimilación, el aprendizaje de la aritmética requiere de la relación y actividad social, siendo la actividad el proceso de interacción del hombre con el mundo externo y de solución de problemas importantes para la vida (Talizina, 2009). La aritmética no se concibe como un conjunto de funciones aisladas (atención, memoria, lenguaje, etc.), sino que es un sistema de actividad. Así, la acción es la unidad de análisis del aprendizaje porque “posee la misma estructura que la actividad: el objetivo, el motivo, el objeto hacia el cual se dirige la acción, el conjunto determinado de acciones que realizan la acción y el modelo de acuerdo al cual el sujeto realiza la acción” (Talizina, 2009, p. 16).

Talizina (2001) menciona que “una de las tareas básicas es determinar cuáles son los tipos de actividad cognoscitiva cuya asimilación influye sobre el desarrollo de manera efectiva” (p. 12). En efecto, la actividad se apoya en los conocimientos que constituyen la base de muchos contenidos de las materias escolares los cuales son

invariantes. En las matemáticas se requieren dos tipos de habilidades: las generales en las que principalmente se encuentran las estrategias lógicas del pensamiento y las específicas que dependen de las capacidades matemáticas que no se pueden formar durante el estudio de otras áreas.

Salmina y Filimonova (2010) plantean que las matemáticas elementales como cualquier área del conocimiento se deben considerar fundamentalmente como un sistema en la que la adquisición debe ir de lo más general (conceptos esenciales y primarios) a lo particular. De esta forma se plantea que el aprendizaje debe iniciar por los componentes previos necesarios para adquirir habilidades matemáticas cada vez más complejas. Según Salmina y Filimonova (2010) los componentes de las habilidades matemáticas previas que permiten a los preescolares alcanzar un nivel óptimo de preparación psicológica para el ingreso a la escuela primaria son:

- a) Componente numérico: son “los conceptos y las relaciones matemáticas elementales” (Lázaro, Solovieva, & Quintanar, 2013, p. 59). Su núcleo general es el concepto de número dentro del sistema decimal. Los aspectos para la asimilación de los conceptos matemáticos se refieren a la habilidad para identificar las características de los objetos, hacer operación de la correspondencia recíproca (correlacionar dos conjuntos entre sí y establecer si son iguales o no), comparar conjuntos, dominar los medios del conteo con el paso hacia el grado siguiente (unidades, decenas, centenas, etc.), comprender el hecho de que lo mismo se puede expresar de manera diferente y tener la habilidad para utilizar la medida y la comprensión de que la cantidad depende de la medida (señal elegida).
- b) Componente lógico: son “los conocimientos y las operaciones lógicas básicas” (Lázaro, Solovieva, & Quintanar, 2013, p. 59). Incluye en sí la habilidad para identificar las características de los objetos sobre cuya base se realizan las operaciones de la conservación (conservación de las características cuantitativas ante el cambio de las condiciones de presentación y se valora cantidad, área, volumen, nivel de agua, tiempo del movimiento de los objetos), seriación (secuencia de acontecimientos y de objetos que cambian de acuerdo a una de las características de los mismos) y clasificación (dividir los objetos

en grupos por orientación de una o dos características). En este componente se encuentra la comprensión de igual o diferente.

- c) Componente simbólico: son “los tipos necesarios de la actividad simbólica” (Lázaro, Solovieva, & Quintanar, 2013, p. 59). Utilización de símbolos, signos, diferentes terminaciones convencionales, modelos de objetos y objetos idealizados. Su asimilación requiere del desarrollo del pensamiento simbólico. Se pueden identificar algunas habilidades esenciales durante esta etapa de asimilación de las matemáticas como por ejemplo, el conocimiento de cifras, la habilidad para determinar el conjunto con una cifra, lo inverso (reversibilidad), correlacionar los números, realizar las operaciones de suma y resta, y crear acciones en el eje de números, las cuales se realizan durante el proceso de la asimilación de los conceptos matemáticos. “En la etapa posterior, la habilidad importante es la de correlacionar los números y realizar las operaciones de suma y resta” (Salmina & Filimonova, 2010, p. 13), así como las acciones en el eje de números que se realizan durante el proceso de la asimilación de los conceptos matemáticos. Referente a la habilidad para solucionar problemas, ésta se relaciona con la comprensión de textos y es la habilidad para pasar del contenido concreto al idioma de los símbolos. Inicialmente para poder solucionar los problemas es necesario ‘traducir’ el texto del problema del idioma concreto al idioma de las relaciones matemáticas (Salmina & Filimonova, 2010).
- d) Componente espacial: son “las estrategias de orientación en el espacio que rodea al niño” (Lázaro, Solovieva, & Quintanar, 2013, p. 59). Forma la orientación espacial a partir de la comparación y diferenciación de las relaciones espaciales entre los objetos, fenómenos, parámetros y características de los objetos (Solovieva, Ortiz-Moncada & Quintanar-Rojas, 2010). Se encuentran las categorías como anterior, previo, intermedio, equivalente, mayor que, menor que, entre, etc. (Lázaro, Solovieva, & Quintanar, 2013).

Durante la enseñanza de las matemáticas “la forma de presentación de la tarea (material, gráfica y verbal) también influye en el resultado de la realización de

las acciones” (Salmina & Filimonova, 2010, p. 13). Solovieva, Bonilla y Quintanar (2008) plantean que “las acciones que se introducen se trabajan inicialmente en el plano externo y gradualmente se pasa hacia el plano interno” (p. 235). Los planos de la formación de la acción serían entonces materiales, materializados, perceptivos, verbales y mentales (Tabla 1).

Tabla 1

Planos de formación de la acción

Plano de la acción	Etapas	Objetos de la acción
Material	Externa	Objetos y juguetes reales
Materializada	Externa	Sustitutos concretos de los objetos
Perceptiva concreta	Externa	Dibujos y representaciones de objetos concretos
Perceptiva generalizada	Externa	Dibujos y representaciones de los sustitutos de los objetos
Verbal externa	Verbal	Expresión verbal del adulto
Verbal externa	Verbal	Expresión verbal del niño
Verbal en silencio o para sí	Verbal	En silencio o para sí
Mental	Mental	-

Información tomada de Solovieva, Bonilla y Quintanar (2008).

Como ejemplo de lo anterior, Talizina (2009) plantea que la acción se puede asimilar de manera diferente:

Aquellas acciones sencillas como el cálculo o la adición de dos números, el alumno las puede realizar con ayuda de palitos, tocándolos con sus dedos (la forma materializada de la acción). Otro alumno puede realizar estas acciones fijándose en los objetos a través de su mirada (la forma perceptiva). Las mismas acciones se pueden realizar razonando en voz alta (la forma verbal externa), así como mentalmente cuando todas las operaciones se realizan en silencio (la forma de la acción mental) (p. 134).

Llevar a cabo acciones escolares durante la actividad de aprendizaje implica el adecuado funcionamiento cerebral. Desde la neuropsicología histórico-cultural a partir de las acciones se analizan los factores neuropsicológicos que subyacen a la acción, es decir, se determina la relación entre los componentes u operaciones de la acción y la actividad de las diferentes zonas cerebrales (Quintanar & Solovieva, 2008). Para Luria “el resultado del trabajo que realiza una zona o un conjunto de zonas cerebrales especializadas” (Quintanar & Solovieva, 2008, p. 155) es lo que constituye el factor neuropsicológico. Sin embargo, el factor neuropsicológico no se reduce solamente a las estructuras cerebrales sino que requiere de la realización de acciones para su desarrollo gradual y automatización (Quintanar & Solovieva, 2008).

Quintanar y Solovieva (2008) mencionan que los factores neuropsicológicos corticales los describió inicialmente Luria en el año 1948 en su libro *Rehabilitación de funciones después de heridas de guerra* (Tabla 2).

Tabla 2

Factores neuropsicológicos y zonas cerebrales correspondientes según Luria

Factor	Zona cerebral
Oído fonemático	Temporales
Cinestésico	Parietales
Cinético	Frontales posteriores o premotoras
Regulación consciente y voluntaria de la actividad	Lóbulos frontales
Espacial	Temporales-Parietales-Occipitales (TPO)
Memoria audio-verbal a corto plazo	Temporales inferiores
Memoria visual a corto plazo	Occipitales

Información tomada de Quintanar y Solovieva (2002).

Posteriormente Xomskaya en 1999 planteó factores corticales y subcorticales generando una nueva clasificación de los factores a partir del trabajo clínico,

experimental, rehabilitatorio, psicofisiológico y neuropsicológico de la edad infantil (Tabla 3).

Tabla 3

Factores neuropsicológicos y estructuras cerebrales correspondientes según Xomskaya

Factores	Estructural cerebral
Amodales-no específicos	Profundas
Modal-especifico	Campos secundarios de la corteza junto con sus conexiones subcorticales
Asociativos	Lóbulos frontales y TPO
Interhemisféricos	Hemisferio izquierdo y derecho como unidad
Interacción interhemisférica	Cuerpo calloso y otras comisuras mediales
Cerebrales generales	Circulación sanguínea y liquido cerebrales, procesos humorales y bioquímicos

Información tomada de Xomskaya (2002).

Cada factor neuropsicológico realiza un trabajo funcional que garantiza el proceso de ejecución de las acciones (Tabla 4).

Tabla 4

Funciones de los factores neuropsicológicos

Factor	Función del factor
Oído fonemático	Garantiza la diferenciación de sonidos verbales del idioma de acuerdo a las oposiciones fonemáticas
Análisis y síntesis cinestésica	Garantiza la sensibilidad táctil fina, la precisión de posturas y poses, y la articulación correcta del lenguaje

	por punto y modo de su producción motora
Organización secuencial de movimientos y acciones	Garantiza el paso fluente de un movimiento a otro
Regulación y control	Garantiza el proceso de ejecución de una tarea de acuerdo al objetivo, instrucción o regla establecido
Análisis y síntesis espaciales simultaneas (analítico y global)	Garantiza la percepción y producción adecuada de la forma general y de los rasgos esenciales, así como las relaciones entre los elementos
Retención audio-verbal	Garantiza la estabilidad de las huellas mnésicas audio-verbales en condiciones de interferencia homo y heterogénea
Retención visual	Garantiza la estabilidad de las huellas mnésicas visuales en condiciones de interferencia homo y heterogénea

Información tomada de Solovieva, Lázaro y Quintanar (2008).

Ahora bien, ante la adecuada realización de una tarea escolar se activan múltiples zonas cerebrales y participan distintos factores neuropsicológicos, lo que constituye el sistema funcional complejo. Este sistema se conforma a partir de las acciones y tareas que realiza el individuo (Quintanar & Solovieva, 2008). Por ejemplo, se ha especificado con detalle que en las tareas de lectura y escritura se requiere que la persona tenga una imagen visual y visuo-espacial (factores perceptivo visual y espacial), ejecute la acción (factores cinestésico, cinético y fonemático), tenga una intención (factor de regulación y control), recuerde los elementos (factores de retención audio-verbal y visuo-verbal) y exista una estabilidad en el proceso (factor neurodinámico). No obstante, con respecto al cálculo matemático no se ha descrito a profundidad cuáles son los factores neuropsicológicos que subyacen a esta actividad.

Durante la evaluación neuropsicológica cualitativa se plantean tareas y se hace un análisis detallado de las ejecuciones que se basa en la identificación de los

tipos específicos de errores, las dificultades y las particularidades de las ejecuciones del niño, así como las formas y el grado de ayuda que el niño requiere del evaluador (Solovieva, Lázaro y Quintanar, 2008). “Los errores y las dificultades que se observan durante la evaluación se pueden comprender como síntomas que manifiestan una debilidad funcional de uno u otro factor neuropsicológico” (Solovieva, Lázaro y Quintanar, 2008, p. 190). En el caso de las actividades escolares como lectura, escritura y cálculo se presentan errores típicos y frecuentes. Particularmente, para el caso de la actividad escolar de cálculo matemático se describirán los tipos de errores que se presentan (Tabla 5).

Tabla 5

Errores típicos que se pueden observar en tareas de cálculo

Factor neuropsicológico	Tipos de errores y particularidades de la ejecución (síntomas)
Regulación y control	Pérdida del objetivo del problema y sustitución del problema complejo por uno conocido y mejor ejecución de ejemplos aritméticos elementales. Dificultades en la automatización de las tablas de multiplicar
Organización motora	Dificultades motoras en la producción de signos y tendencia a las perseveraciones
Perceptivo global	Dificultades para encontrar la orientación en la hoja de papel y la dirección de la operación aritmética, problemas severos en la adquisición de todas las tareas relacionadas con matemáticas y dificultades para la automatización de las tablas de multiplicar
Perceptivo analítico y retención visual	Dificultades severas en la adquisición de todos los aspectos de las matemáticas conceptuales y problemas en la comprensión e imposibilidad para solucionar problemas aritméticos, con mejor posibilidad para solucionar ejemplos que no implican el paso a través de

	las decenas
Oído fonemático y retención audio-verbal	Dificultades en todas las acciones orales, con mejor ejecución en tareas escritas
Integración cinestésica	Menores dificultades para las acciones de cálculo, en comparación con la lectura y la escritura
Activación inespecífica	Inestabilidad en las ejecuciones y aparición de errores múltiples ante fatiga

Información tomada de Solovieva, Lázaro y Quintanar (2008).

En síntesis, el factor neuropsicológico se entiende como la unidad de trabajo cerebral y como el mecanismo psicofisiológico de la actividad. Es el nivel más elemental de la actividad humana, pues su funcionamiento está determinado por la actividad del niño y se forma durante la vida. La evaluación neuropsicológica pretende a través del análisis cualitativo de las ejecuciones identificar los errores para llegar a los mecanismos conservados y afectados en el sistema de acciones escolares como por ejemplo, del cálculo matemático.

Alteraciones en el sistema funcional del cálculo matemático

El surgimiento de la neuropsicología histórico-cultural con A. R. Luria se dio por la necesidad de restablecer las funciones perturbadas por armas de fuego en el periodo de la Segunda Guerra Mundial y en los años posguerra (Luria, 1978). Desde entonces, los neuropsicólogos han investigado cómo las alteraciones neurológicas afectan el adecuado funcionamiento cerebral y desintegran las funciones psicológicas superiores. Esto ha permitido dilucidar cuáles son los mecanismos cerebrales alterados y conservados en cada actividad.

La alteración de las operaciones de cálculo y el síndrome de acalculia aparecen ante lesiones focales en las áreas parietooccipitales, en donde se encuentran perturbaciones en el sistema de operaciones lógico-gramaticales, de las operaciones y representaciones espaciales (Luria, 2011, 1989). Históricamente las operaciones numéricas tienen carácter espacial y abstracto. Luria (2011) plantea que

“el factor espacial, que aún desempeña una función considerable en las operaciones de cálculo y en la representación de los números, hace presumir que la alteración de las síntesis espaciales ocasionadas por lesiones en los sistemas parietooccipitales [...] van asociadas a las perturbaciones numéricas y de cálculo” (Luria, 2011, p. 194), en donde se afectan determinadas síntesis espaciales y la organización de los números en el espacio.

En el síndrome que Luria (2011) denominó como acalculia parietal se presenta desintegración del sistema de relaciones matemáticas y de la estructura jerárquica del número. Aparece una perturbación de las formas complejas de análisis y síntesis espacial que se evidencian en dificultades para asimilar las formulaciones lógico-gramaticales, comprender un texto como un conjunto unido, encontrar las operaciones aritméticas convenientes y alteraciones del acto intelectual en su parte operativa (Luria & Tsvetkova, 1981). La solución de problemas aritméticos en pacientes con lesiones temporo-parieto-occipitales (TPO) se altera debido a la incapacidad para realizar operaciones concretas, expresar verbalmente el problema y comprender estructuras lógico-gramaticales, a pesar de la comprensión del sentido del problema (Escotto et al., 2013).

En contraposición, lesiones en los lóbulos frontales alteran la resolución de problemas aritméticos en la capacidad para organizar y seleccionar la información, es decir, en la función psicorreguladora (Luria & Tsvetkova, 1981). Las alteraciones que presentan los individuos con lesiones en los lóbulos frontales ante la solución de problemas, aparecen como síntomas en donde el paciente olvida la etapa indispensable de la orientación en los datos o es incapaz de formular los pasos de la resolución, simplifica los datos sustituyendo la jerarquía compleja de las operaciones por unas respuestas fragmentarias o parciales, reemplaza el sistema de razonamientos organizados por la reproducción estereotipada de respuestas dadas previamente, hay inestabilidad de los programas complejos de la actividad intelectual, no hay ningún análisis preliminar del enunciado y aparecen perseveraciones (Luria & Tsvetkova, 1981). En los casos de lesión en los lóbulos frontales los pacientes conservan la expresión verbal y la formulación gramatical, pero se altera la comprensión del sentido del problema. La incapacidad para

solucionar problemas aritméticos se da porque la alteración primaria radica en la actividad orientativa e investigativa que permite componer lo esencial, el sentido del problema planteado, su separación de los elementos no esenciales, su comparación, generalización y abstracción. La actividad intelectual dirigida al objetivo de solucionar el problema está alterada (Escotto et al., 2013).

Teniendo en cuenta lo anterior, los procedimientos de las operaciones matemáticas y la resolución de problemas aritméticos se relacionan con la integridad funcional de sectores asociativos: parieto-occipitales y frontales que conforman los factores de análisis y síntesis espaciales, y de regulación y control.

CAPÍTULO III: DESARROLLO DE LA INVESTIGACIÓN

Justificación

Las dificultades académicas que enfrentan los estudiantes cotidianamente afectan la calidad de vida de niños, familias y educadores. Los niños pierden materias, logros y años escolares, hay exclusión social y escolar, el dolor y los costos emocionales, familiares y educativos son significativos. Frecuentemente, cuando los padres buscan ayuda, llegan angustiados y desesperanzados porque no saben cómo orientar a sus hijos con dificultades. Lo único que ellos desean es encontrar apoyo y herramientas que les permitan a sus hijos adaptarse a la etapa escolar, no solo en los aspectos académicos, sino en los aspectos relacionados con su vida personal y desarrollo socio-emocional, pues la experiencia escolar es determinante en la vida de los niños y les proporciona un especial bienestar que se traslada a las demás áreas de su vida.

Un área que siempre ha sido considerada académicamente difícil son las matemáticas. En México, el desempeño en las áreas de español y matemáticas es evaluado a nivel nacional con las pruebas Evaluación Nacional del Logro Académico en Centros Escolares (ENLACE) y los Exámenes para la Calidad y el Logro Educativo (EXCALE). Específicamente, en relación con matemáticas, el Instituto Nacional para la Evaluación de la Educación (INEE) concluyó que el 49% de los niños de tercero de preescolar se ubica en el nivel básico, el 27% se sitúa en el nivel medio y el 15% alcanza el nivel avanzado (INEE, 2008). En educación primaria, el 19.7% se encuentra en nivel de logro insuficiente, el 46.4% en nivel elemental, el 25.8% en nivel bueno y el 8.1% alcanza el nivel excelente (ENLACE, 2010). El bajo desempeño en matemáticas se observa en estudiantes vinculados a instituciones educativas oficiales y privadas, rurales y urbanas, y de diferentes estratos socioeconómicos. El método de enseñanza para la formación de habilidades matemáticas en México parece no proporcionar las herramientas necesarias para responder a las demandas académicas.

Desde el punto de vista neuropsicológico se han realizado diversas investigaciones sobre la adquisición de las matemáticas, la mayoría de los estudios se han realizado desde el enfoque cognitivo y los resultados indican que se requiere

de procesos atencionales, espaciales, funciones ejecutivas, memoria y lenguaje. Desde el enfoque histórico-cultural, a partir de investigaciones realizadas por Luria y Tsvetkova (1981) con soldados heridos en guerra, se planteó que la resolución de problemas aritméticos se relaciona con la integridad funcional de áreas cerebrales terciarias y asociativas como lo son los sectores frontales y temporo-parieto-occipitales (TPO).

A pesar de que se sabe que en tareas aritméticas se requieren diversos procesos cognitivos y participan las regiones cerebrales antes mencionadas, actualmente faltan investigaciones sobre cómo los factores neuropsicológicos de regulación y control (relacionado con los lóbulos frontales) y espacial (vinculado con sectores TPO) participan y subyacen la adquisición de las habilidades matemáticas en la escuela primaria.

Planteamiento del problema

La Secretaría de Educación Pública (SEP) señala que “el mundo contemporáneo obliga a construir diversas visiones sobre la realidad y proponer formas diferenciadas para la solución de problemas usando el razonamiento como herramienta fundamental” (SEP, 2011, p. 48). Una de las formas de representar y buscar soluciones es a través del pensamiento matemático pues permite diseñar estrategias, planear, verificar, corregir, sintetizar y organizar la información.

Las habilidades matemáticas se adquieren desde temprano en la infancia con el proceso de enseñanza progresiva guiada por un adulto. A los niños pequeños se les debe enseñar a agregar, reunir, quitar, igualar y comparar, y en general, a usar operaciones matemáticas que les sirvan en la vida diaria. El aprendizaje no debe ser mecánico y de memorización, sino que es necesaria la orientación y el análisis para asimilar las operaciones aritméticas. Como consecuencia, Ortiz (2007) y Zárraga et al. (2012) diseñaron programas fundamentados en la teoría de la actividad para el desarrollo de habilidades matemáticas en niños preescolares y de primaria. Estos investigadores encontraron que sus programas formativos favorecieron la adquisición de conceptos matemáticos. Por su parte, Zárraga et al. (2012) planteó que es necesario hacer un seguimiento que permita verificar que las habilidades

matemáticas asimiladas a través del programa conllevan a un buen desempeño en posteriores ciclos escolares.

En relación con lo anterior, en el presente trabajo investigativo se trabajará con los niños y niñas vinculados durante la aplicación del programa formativo implementado por Zárraga et al. (2012), con el objetivo de esclarecer si la adquisición de habilidades matemáticas previas en la etapa preescolar es permanente o desaparece en un ulterior periodo escolar.

Conocer cómo se adquieren las habilidades aritméticas y relacionar los factores neuropsicológicos que subyacen a esta tarea resulta fundamental para orientar los métodos de formación en escolares. Desde el enfoque histórico-cultural no se ha descrito cuáles son los factores neuropsicológicos que se relacionan y garantizan el éxito en la adquisición de las habilidades básicas para el aprendizaje de las matemáticas en escolares regulares. En este sentido se plantea estudiar la posibilidad de usar métodos de evaluación para conocer los factores neuropsicológicos en la adquisición de las matemáticas iniciales. Este estudio pretende responder la siguiente pregunta ¿Qué efectos neuropsicológicos tiene un programa formativo en las habilidades matemáticas?

Preguntas

Con base en la anterior fundamentación teórica y empírica se plantean las siguientes preguntas de investigación ¿Cómo es la participación de sectores frontales y temporo-parietooccipitales (TPO) en la adquisición de habilidades matemáticas? ¿Cómo se reflejan los factores neuropsicológicos de análisis y síntesis espaciales, cinético y de regulación y control en niños que han recibido un programa formativo de habilidades matemáticas previas y en aquellos niños que no han estado vinculados durante la aplicación del programa?

Hipótesis

Las hipótesis del presente proyecto serían:

1. Existen diferencias en la consolidación de factores neuropsicológicos de análisis y síntesis espaciales, cinético y de regulación y control en la

adquisición de habilidades matemáticas entre niños que han estado vinculados a un programa formativo y aquellos que no.

2. Existen diferencias en la ejecución de pruebas neuropsicológicas entre niños que han estado vinculados a un programa formativo y aquellos que no.

Objetivos

Objetivo general.

Precisar cómo los factores neuropsicológicos de análisis y síntesis espaciales, cinético y de regulación y control están involucrados en la adquisición de habilidades matemáticas en niños escolares.

Objetivos específicos.

1. Evaluar neuropsicológicamente a un grupo de niños que se encuentra cursando segundo de primaria.
2. Caracterizar neuropsicológicamente a un grupo de niños de segundo de primaria que recibió un programa formativo de habilidades aritméticas básicas.
3. Caracterizar neuropsicológicamente a un grupo de niños de segundo de primaria que nunca ha recibido un programa formativo de habilidades aritméticas básicas.
4. Comparar neuropsicológicamente en los factores de análisis y síntesis espaciales, cinético y de regulación y control al grupo de niños que recibió el programa formativo y aquel grupo que no lo recibió.

Método

Diseño de investigación

Se utilizó un diseño cuasi-experimental, descriptivo, comparativo y transversal fundamentado en el enfoque mixto.

Participantes

Se contó con una muestra de 20 escolares (8 niñas y 2 niños del grupo experimental y 8 niñas y 2 niños del grupo control) entre los 7 y 8 años de edad,

pertenecientes a una escuela regular suburbana del municipio San Pablo del Monte, Tlaxcala, México (ver Tabla 6). Los estudiantes se encontraban cursando segundo de primaria, tenían calificaciones mayores a 8 (sobre calificación máxima de 10) y participaron de forma voluntaria con el consentimiento de sus padres. La selección de la muestra fue no probabilística por conveniencia.

Tabla 6

Características de la población

Grupos	Niños	Niñas	Total	Edad	Grado
Experimental	2	8	10	7-8 años	2° primaria
Control	2	8	10		
			20		

Como *criterios de no inclusión* se tuvieron en cuenta antecedentes de alteraciones neuropsicológicas, enfermedades neurológicas y/o psiquiátricas (ver Tabla 7).

Tabla 7

Criterios de inclusión y no inclusión

Grupo	Criterios de inclusión	Criterios de no inclusión
Experimental	Tener entre 7 y 8 años de edad	Antecedentes de alteraciones neuropsicológicas, enfermedades neurológicas y/o psiquiátricas
	Estar cursando segundo de primaria Haber participado en su tercer grado de preescolar en un programa para el desarrollo de las habilidades matemáticas previas	
Control	Tener entre 7 y 8 años de edad Estar cursando segundo de primaria	Antecedentes de alteraciones neuropsicológicas, enfermedades neurológicas

Haber seguido las actividades del y/o psiquiátricas
enfoque educativo tradicional en
tercer grado de preescolar

Se formaron dos grupos de investigación:

1. Grupo experimental: conformado por niños de segundo grado de primaria quienes durante su tercer grado de preescolar participaron en un programa para el desarrollo de las habilidades matemáticas previas (Quintanar, García & Solovieva, 2012; Zárraga et al., 2012). El programa incluyó actividades que fortalecen los componentes esenciales de preparación para el estudio de matemáticas en la escuela primaria: componente simbólico, lógico, numérico y espacial (Salmina & Filimonova, 2010; Solovieva, Lázaro & Quintanar, 2013; Solovieva, Ortiz-Moncada & Quintanar-Rojas, 2010).
2. Grupo control: conformado por niños de segundo grado de primaria quienes siguieron en su escuela las actividades del enfoque educativo tradicional.

Instrumentos

Para la presente investigación se utilizaron los siguientes instrumentos:

Entrevista a profesores y calificaciones. Se indagó sobre el desempeño académico de cada uno de los estudiantes que participaron en el estudio. Adicionalmente se tuvieron en cuenta las calificaciones académicas de los participantes obtenidas en el área de matemáticas.

Evaluación neuropsicológica infantil breve (Solovieva & Quintanar, 2009). Prueba que permite conocer el estado funcional de los factores neuropsicológicos básicos (analizador cinestésico y memoria táctil, organización cinética de los movimientos, memoria audio-verbal, memoria visual, síntesis espaciales simultáneas, regulación y control, imágenes objetales y oído fonemático) durante la ejecución de las tareas que fueron elaboradas de acuerdo a las características de la población mexicana.

Para el presente trabajo de investigación se evaluaron los factores: organización cinética de los movimientos y acciones, y regulación y control que se relacionan con el trabajo de sectores cerebrales frontales (ver Tabla 8).

Evaluación neuropsicológica de la actividad escolar (Solovieva & Quintanar, 2012). Prueba que permite conocer el éxito escolar, las funciones visuales y espaciales y la memoria. Evalúa operaciones que se basan en el trabajo de mecanismos psicofisiológicos específicos, que constituyen el resultado del trabajo de diversas estructuras cerebrales.

Para la presente tesis se evaluó específicamente el área de aritmética y las funciones visuales y espaciales (ver Tabla 8).

Tabla 8

Tareas aplicadas para cada factor neuropsicológico

Factor	Tareas	Descripción de las tareas
Organización cinética de los movimientos y acciones	1. Coordinación recíproca de las manos e intercambio de posiciones de los dedos	Cambiar posiciones: mano izquierda extendida-mano derecha cerrada y pulgar-índice
	2. Copia y continuación de una secuencia gráfica	Copiar y continuar una secuencia que implica dos eslabones gráficos
Regulación y control	3. Prueba verbal asociativa	Ante la palabra <i>rojo</i> dar un golpe y ante la palabra <i>blanco</i> dar dos golpes
Análisis y síntesis espacial simultánea	4. Comprensión de oraciones	Responder a preguntas que implican relaciones: <i>¿Quién es el hermano de la mamá?</i>
	5. Comprensión de oraciones con preposiciones espaciales en el plano perceptivo	Señalar la imagen correcta ante oraciones: <i>La caja está frente al barril</i>
	6. Copia de dibujos	Copia de dibujos de manera

		simultánea con el evaluador: <i>un cuadrado debajo de un círculo en la posición contraria al sujeto</i>
	7. Copia de una casa	Copiar una casa
	8. Dibujo de animales	Dibujar 8 animales diferentes
	9. Dibujo de verduras	Dibujar 8 verduras diferentes
	10. Dibujo de una casa real	Dibujar una casa real
	11. Dibujo de una casa imaginaria	Dibujar una casa que te imagines
	12. Dibujo de una mesa	Dibujar una mesa con 4 patas
	13. Dibujos de reloj con horas señaladas	<i>Dibuja un reloj con sus manecillas que muestre las cuatro y media</i>
	14. Ejecución de instrucciones en el plano corporal	Seguir las indicaciones del evaluador: <i>Muestra tu ojo derecho con la mano izquierda</i>
	15. Comprensión y ejecución de instrucciones con figuras geométricas	Seguir instrucciones: <i>Coloca el cuadro arriba del triángulo</i>
	16. Construcción con cubos	Construir con los cubos de kohn el mismo modelo mostrado perceptualmente
Habilidades matemáticas	• Contar	Contar del 17 al 5
	• Problemas aritméticos	Resolver problemas: <i>En el árbol había 7 pájaros. Se fueron 3. ¿Cuántos quedaron?</i>
	• Cálculo	Resolver operaciones matemáticas: $8+3=$

Procedimiento

Se contactó a la institución educativa en donde se efectuó la selección de niños y niñas que hubieran pertenecido o no al programa formativo de habilidades

matemáticas. Se habló con los padres de dichos niños y niñas para informarles sobre la investigación y preguntarles sobre la posibilidad de participación de sus hijos. Los escolares participaron de forma voluntaria y con pleno conocimiento de las actividades a realizar. La selección de participantes cumplió con los criterios de exclusión.

A cada participante se le aplicaron las pruebas enunciadas, en un ambiente tranquilo, iluminado y cómodo, cuando los niños estuvieron en óptima disposición física, mental y emocional.

Los datos obtenidos se analizaron cualitativa y cuantitativamente. Los resultados de las evaluaciones se analizaron a ciegas, pues la investigadora analizó los datos sin saber a qué grupo pertenecía cada uno de los participantes. En primer lugar, se analizó si las tareas de matemáticas estaban ejecutadas correcta o incorrectamente. Posteriormente se estudiaron los indicios de las tareas neuropsicológicas de acuerdo a los factores regulación y control, organización cinética de los movimientos y acciones, y funciones visuales y espaciales.

Análisis cualitativo.

En el análisis cualitativo se buscó caracterizar la ejecución y/o los errores de cada uno de los participantes. Para las tareas neuropsicológicas se tuvo en cuenta la ejecución de los estudiantes (2: correcto, 1: autocorrección, con errores o con dificultades, y 0: imposibilidad o incorrecto) y el tipo de errores cometidos (error de regulación y control, error por organización cinética de los movimientos, error por análisis y síntesis espaciales, y otro tipo de error) (ver Tabla 9). Los errores cualitativos son probables de acuerdo a lo reportado en la teoría de Luria.

Tabla 9

Tipos de errores por factor neuropsicológico

Factor	Tipos de errores	
Regulación y control	A	Perseveraciones orales, motoras o gráficas
	B	Pérdida del objetivo en la tarea (agregación de elementos)

		ajenos, respuesta no corresponde, desconcordancia entre pregunta y respuesta o no concluye la tarea)
	C	No hace caso a las ayudas del adulto
	D	Impulsividad (respuestas anticipadas)
	E	No tiene critica (no se interesa por éxito en sus propias ejecuciones o respuestas)
Organización cinética de los movimientos y acciones	F	Dificultad para el paso fluente de un movimiento a otro
	G	Persistencia en el eslabón anterior
	H	Simplificaciones
	I	Lentificación (pausas, latencias e interrupciones)
<i>Evidencia de dificultades de tipo global</i>		
Análisis y síntesis espacial simultánea	J	No integración de la imagen (en proporción, tamaño, metria, línea base con respecto a la hoja)
	<i>Evidencia de dificultades de tipo analítico</i>	
	K	Incorrecta ubicación (derecha-izquierda, arriba-abajo y/o adelante-atrás) en el plano gráfico, verbal o concreto
	L	Incomprensión de todas las estructuras verbales con preposiciones que implican relaciones espaciales

En el análisis para las tareas de matemáticas se tuvo en cuenta la ejecución de los estudiantes (1: Ejecución correcta y 0: Ejecución incorrecta).

Análisis cuantitativo.

En cuanto al análisis cuantitativo, los datos se analizaron en el programa estadístico informático para las ciencias sociales versión 20.0 (SPSS-20; Statistical Package for the Social Sciences, 2011). Mediante la prueba U de Mann-Whitney no paramétrica se compararon los resultados de los niños que pertenecieron al programa formativo y los que no con base a los totales de la suma de todas las tareas neuropsicológicas (2: correcto, 1: autocorrección, con errores o con dificultades, y 0: imposibilidad o incorrecto) y aritméticas (1: Ejecución correcta y 0:

Ejecución incorrecta). Mayor puntuación indicó más aciertos en la solución de las tareas y menor puntuación indicó menos aciertos en las ejecuciones.

Limites y alcances

Las limitaciones del presente trabajo de tesis, desde el enfoque investigativo, hacen referencia a la dificultad para realizar generalizaciones, puesto que no es posible determinar que se van a obtener los mismos resultados en estudiantes con diferentes características socio-demográficas, culturales y escolares.

En cuanto al diseño de la investigación es una limitante el tamaño de la muestra puesto que no es representativo de la población mexicana. Adicionalmente, la selección de los participantes fue por conveniencia, por lo que no todos los sujetos tuvieron la misma posibilidad de ser elegidos.

A través de esta investigación fue posible determinar que las habilidades matemáticas de los niños que recibieron el programa se mantienen en ciclos escolares posteriores y se pudo conocer que los factores organización cinética de los movimientos y acciones y de análisis y síntesis simultáneas subyacen a un mejor desempeño académico, específicamente en el área de matemáticas.

Consideraciones éticas

Todos los procedimientos de esta tesis fueron diseñados en conformidad a lo establecido en la Declaración de Helsinki (World Medical Association, s.f.) y el código ético para investigación y publicación de la Asociación Americana de Psicología (APA, 2010). La investigación se clasifica como de riesgo mínimo. Los participantes tuvieron derecho al respeto, autodeterminación y a tomar decisiones informadas. Se contó con el consentimiento informado verbal de quien tiene la patria potestad o es el representante legal del niño, en el que autorizó la participación en la investigación, con pleno conocimiento de la naturaleza de los procedimientos de evaluación con pruebas neuropsicológicas, beneficios y riesgos a que se sometió. Se tuvo absoluta confidencialidad de la información para proteger la privacidad de los participantes.

CAPÍTULO IV: RESULTADOS

Análisis cualitativo

En las figuras 1, 2, 3 y 4 se presenta el porcentaje de los tipos de errores encontrados por cada factor neuropsicológico. A partir de estos datos es posible conocer cuál fue el error más común en cada uno de los factores neuropsicológicos evaluados. En el factor de regulación y control se encontró que los estudiantes de ambos grupos cometieron el mismo tipo de error durante la tarea verbal asociativa. El 70% de los participantes perdió el objetivo en la tarea, agregó elementos ajenos y/o dio respuestas que no correspondían con la pregunta realizada (ver Figura 1).

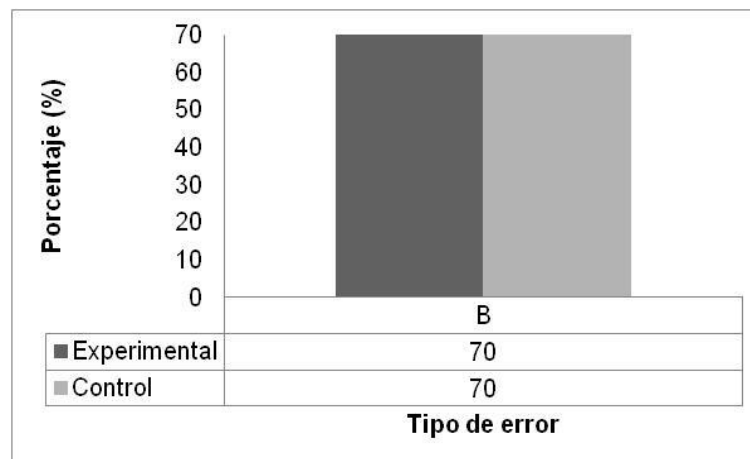


Figura 1. Porcentaje de cada tipo de error encontrado en el factor de regulación y control.

En el factor de organización cinética de los movimientos y acciones se encontró que el 45% del grupo experimental presentó dificultad para el paso fluente de un movimiento a otro en contraposición al grupo control. En cuanto a simplificaciones durante las tareas se encontró que el grupo experimental no presentó este tipo de error en contraste con el 20% de errores que cometió el grupo control. Por otra parte, el grupo experimental presentó 45% de errores denominado como lentificaciones, pausas, latencias y/o interrupciones en oposición con el 60% del grupo control (ver Figura 2).

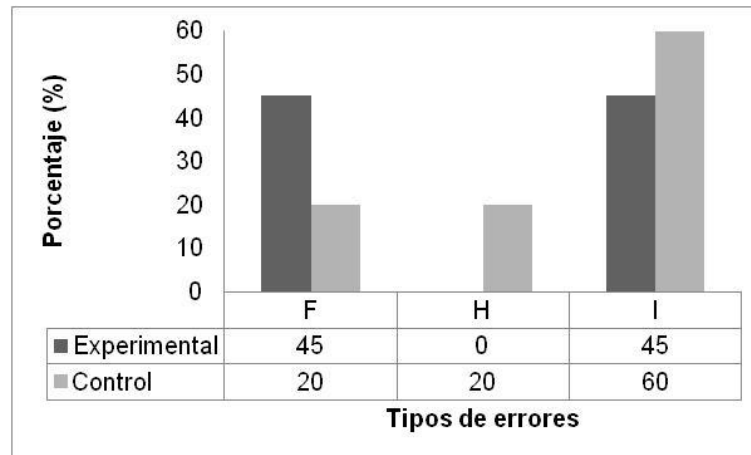


Figura 2. Porcentaje de cada tipo de error encontrado en el factor de organización cinética de los movimientos y acciones.

En el factor de análisis y síntesis espacial simultánea se encontró que el grupo experimental tuvo 48% y el grupo control evidenció 38% del tipo de error de desintegración de la imagen en proporción, tamaño, metría y/o línea base con respecto a la hoja. En el error de incorrecta ubicación de derecha-izquierda, arriba-abajo y/o adelante-atrás en el plano concreto, gráfico o verbal se encontró que el grupo experimental cometió un 67% y el grupo control un 28% de este tipo de error. En cuanto a la incomprensión de estructuras verbales con preposiciones que implican relaciones espaciales se encontró que el grupo experimental evidenció en un 19% y el grupo control un 20% de este tipo de error.

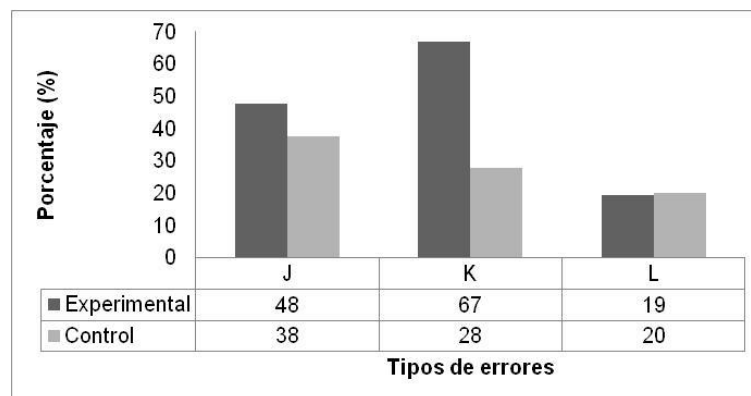


Figura 3. Porcentaje de cada tipo de error encontrado en el factor de análisis y síntesis espacial simultánea.

En las tareas matemáticas se encontró que el grupo experimental comete menos errores que el grupo control en las tareas de conteo y cálculo (60% y 50% respectivamente contra un 80%) y en las tareas de problemas aritméticos ambos grupos aciertan la misma cantidad de veces.

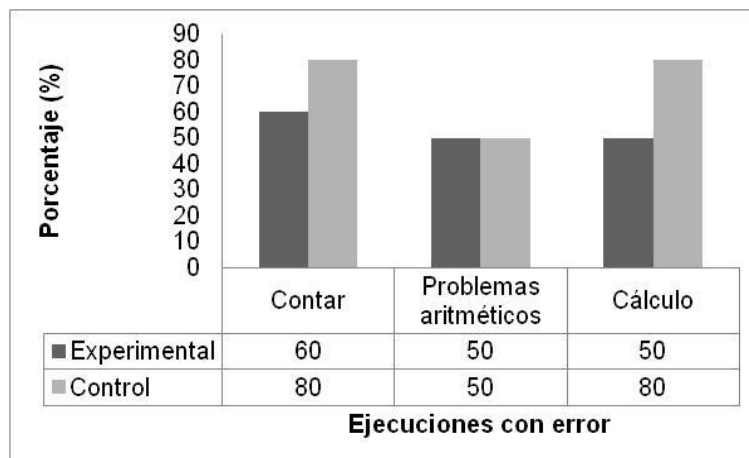


Figura 4. Porcentaje de cada tipo de error encontrado en las tareas de matemáticas.

En relación con el tipo de error que los participantes cometieron en cada una de las tareas aplicadas, se encontró que no hay diferencias entre grupos en las tareas verbal asociativa (7 de 10 participantes cometieron error tipo B), copia de dibujos (10 de 10 estudiantes cometieron el error tipo K), dibujo de una casa real (10 de 10 participantes cometieron error tipo J), dibujos de un reloj con las horas señaladas (10 de 10 participantes cometieron error tipo K), construcción con cubos (10 de 10 estudiantes cometieron error tipo K) y problemas aritméticos (5 de 5 participantes no pudieron realizar la tarea) (ver Figura 5).

En el grupo experimental los participantes cometieron menos errores que el grupo control en las tareas de coordinación recíproca de las manos (0 de 10 participantes cometieron error tipo H y 2 de 10 cometieron error tipo I), intercambio de posiciones de los dedos (0 de 10 cometieron error tipo H y 7 de 10 cometieron error tipo I), comprensión de oraciones en el plano verbal (9 de 10 cometieron error tipo L) y perceptivo (7 de 10 cometieron error tipo L), copia de una casa (8 de 10

cometieron error tipo J), conteo (6 de 10 no pudieron realizar la tarea) y cálculo (5 de 10 no pudieron realizar la tarea (ver figura 5).

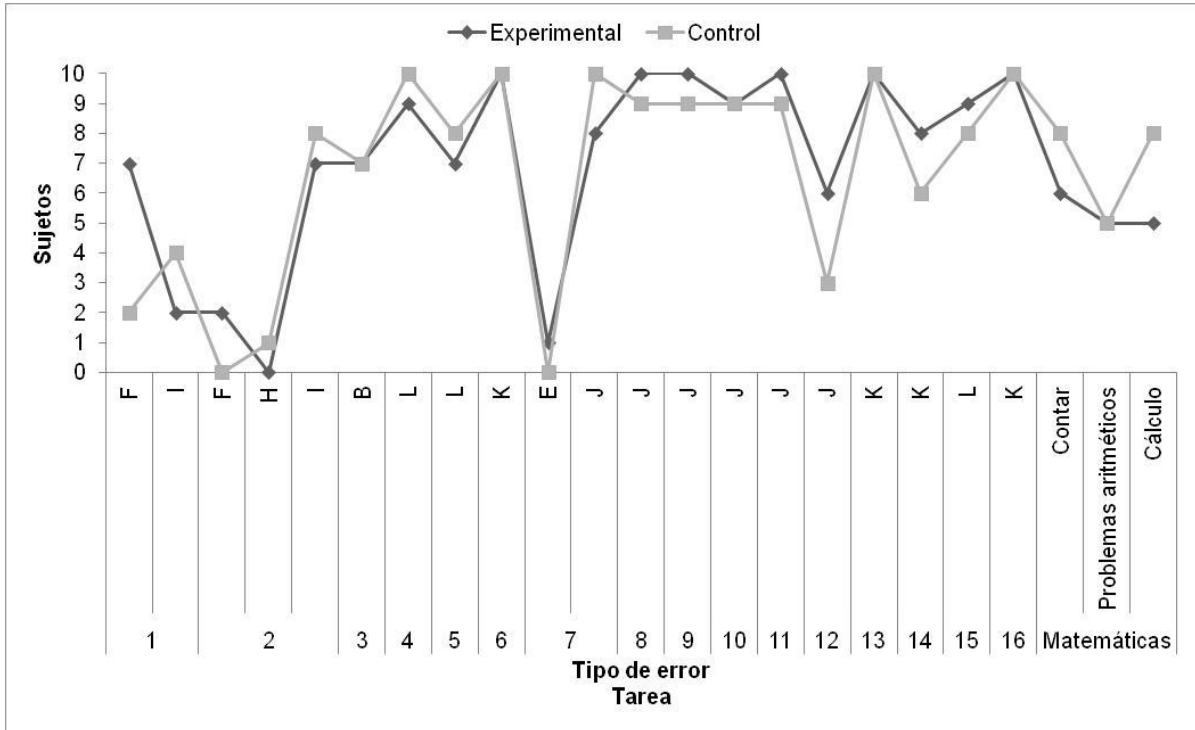


Figura 5. Número de participantes que presentaron errores en cada tarea.

Dentro de la evaluación cualitativa se pueden observar algunos ejemplos de ejecuciones gráficas de las evaluaciones del grupo experimental y del grupo control (ver tablas 10, 11, 12 y 13). En la tarea de copia y continuación de una secuencia gráfica el grupo control presenta simplificaciones en contraposición al grupo experimental. Por otra parte, en la copia de una casa ambos grupos presentaron el mismo tipo de ejecuciones en las que se ve integrada la imagen guardando la proporción del estímulo. En la tarea de dibujos de reloj ambos grupos ejecutaron la tarea cometiendo errores y con incorrecta integración de la imagen y ubicación de los detalles.

Tabla 10

Ejemplos de ejecuciones de los grupos control y experimental en tareas de organización cinética de movimientos y acciones




Estimulo	Control	Experimental
Coordinación recíproca de las manos e intercambio de posiciones de los dedos	Aparecieron simplificaciones, dificultad para automatizar movimientos, fragmentación entre los movimientos y lentificación en la ejecución	Aparecieron simplificaciones, fragmentación entre los movimientos y lentificación en la ejecución
Copia y continuación de una secuencia gráfica 		

Tabla 11

Ejemplos de ejecuciones de los grupos control y experimental en tareas de regulación y control

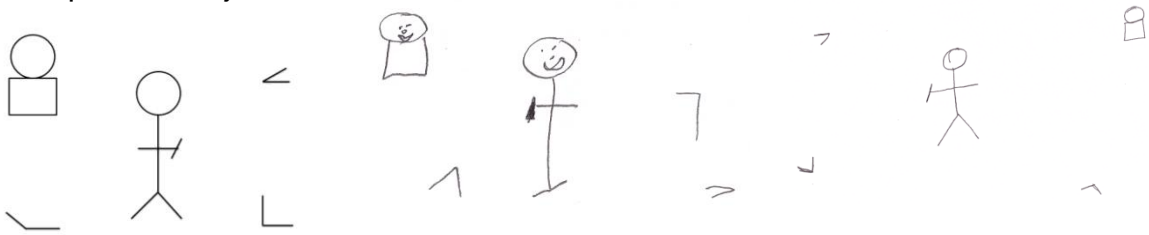
Estimulo	Control	Experimental
Prueba verbal asociativa	Los estudiantes requirieron de la repetición de la instrucción y dieron dos golpes cuando debían dar uno y viceversa	Los estudiantes requirieron de la repetición de la instrucción, dieron dos golpes cuando debían dar uno y viceversa, y uno de los niños requirió de regulación verbal por parte del adulto para ejecutar la tarea

Tabla 12

Ejemplos de ejecuciones de los grupos control y experimental en tareas de análisis y síntesis espacial simultánea

Estimulo	Control	Experimental
Comprensión de oraciones	Presentaron fallas cuando la complejidad en el análisis aumentaba, dieron respuestas concretas relacionadas con su entorno inmediato (por ejemplo, nombres de familiares), algunos no dieron respuesta y a pesar de la repetición de las oraciones no podían generar la respuesta correcta	Presentaron fallas cuando la complejidad en el análisis aumentaba, dieron respuestas concretas relacionadas con su entorno inmediato (por ejemplo, nombres de familiares) y algunos requirieron repetición de las oraciones
Comprensión de oraciones con preposiciones espaciales en el plano perceptivo	Generaron respuestas incorrectas (por ejemplo, en “El barril está bajo la caja” señalaban “El barril encima de la caja”) y hubo un caso en el que se presentó completa incomprensión de estructuras gramaticales con preposiciones que indicaban las relaciones espaciales	Generaron respuestas incorrectas (por ejemplo, en “La caja está dentro del barril” señalaban “El barril encima de la caja”)

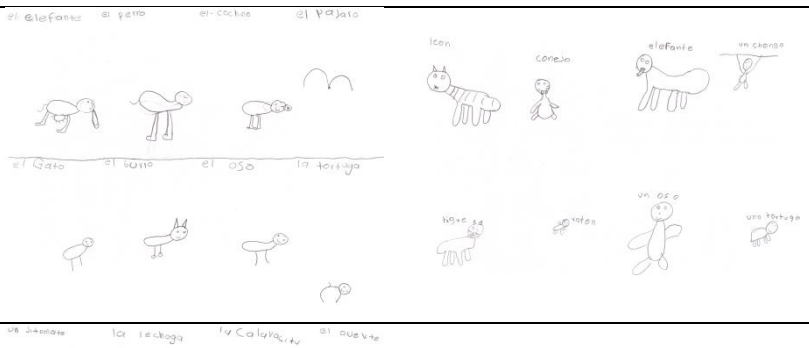
Copia de dibujos



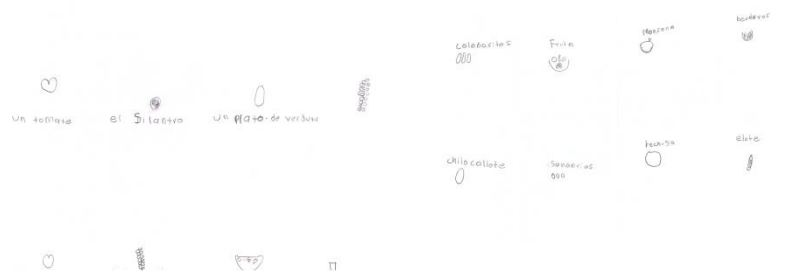
Copia de una casa



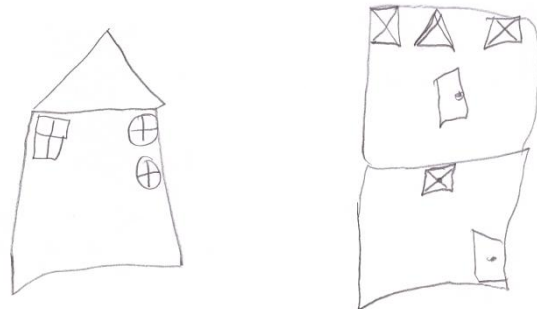
Dibujo de animales



Dibujo de verduras



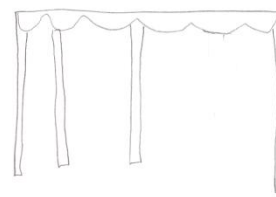
Dibujo de una casa real



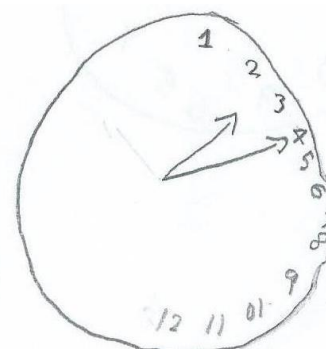
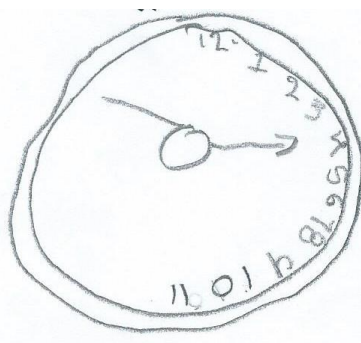
Dibujo de una casa imaginaria



Dibujo de una mesa



Dibujos de reloj con horas señaladas:
Dibujo de un reloj que marca la hora 4:30



Ejecución de instrucciones en el plano corporal

Se evidenció dificultad para identificar correctamente derecha-izquierda, hubo reproducciones en espejo, fue necesario fragmentar y repetir las instrucciones que implicaban secuencias de acciones con componente espacial

Se evidenció dificultad para identificar correctamente derecha-izquierda, hubo reproducciones en espejo, fue necesario fragmentar y repetir las instrucciones que implicaban secuencias de acciones con componente espacial, en algunos casos los

		estudiantes no corrigieron ante el modelo del adulto y en un caso hubo confusión de partes corporales (por ejemplo, ceja por pestaña)
Comprensión y ejecución de instrucciones con figuras geométricas	Dificultad para comprender preposiciones “arriba, entre, detrás, debajo”	Dificultad para comprender preposiciones “arriba, entre, detrás, debajo”
Construcción con cubos	Los estudiantes en su mayoría usan la estrategia de ensayo y error, su ejecución evidencia desintegración en la ubicación de los cubos, a pesar de fragmentar el estímulo como ayuda no logran ejecutar la tarea correctamente y en un caso hay imposibilidad para realizar la tarea	Los estudiantes en su mayoría usan la estrategia de ensayo y error, su ejecución evidencia desintegración en la ubicación de los cubos y a pesar de fragmentar el estímulo como ayuda no logran ejecutar la tarea correctamente

Tabla 13

Ejemplos de ejecuciones de los grupos control y experimental en tareas de habilidades matemáticas

Estímulo	Control	Experimental
Contar	En el conteo pierden el objetivo (por ejemplo, continúan contando hasta 1 en lugar de detenerse en 5), sustitución de un	En el conteo pierden el objetivo (por ejemplo, continúan contando hasta 1 en lugar de detenerse en 5), sustitución de un

	<p>problema complejo (serie inversa) por uno conocido (serie directa), fue necesario repetir la instrucción, así como recordarles en que número iba la cuenta, tuvieron dificultad para iniciar la actividad y en algunos casos la secuencia numérica no estaba consolidada (por ejemplo decían diez y tres en lugar de trece)</p>	<p>problema complejo (serie inversa) por uno conocido (serie directa) y en algunos casos la secuencia numérica no estaba consolidada (por ejemplo decían diez y cuatro en lugar de catorce)</p>
Problemas aritméticos	<p>Para realizar los problemas en su mayoría se apoyan con el conteo dactilar, requieren repetición del problema y se apoyan en la verbalización del problema durante la ejecución</p>	<p>Para realizar los problemas en su mayoría se apoyan con el conteo dactilar y requerían repetición del problema</p>
Cálculo	<p>No se evidenció un uso claro de estrategias para resolver las operaciones, se apoyaban con los dedos para hacer las operaciones, no se fijaban en el signo matemático para realizar la operación</p>	<p>Las operaciones en su mayoría las realizaron mediante cálculo mental y autocorregían las respuestas. No obstante, usaron también los dedos para hacer las operaciones y no se fijaban en el signo</p>

(suma o resta) y en un de la operación para caso se vio inversión de proceder a la tarea (suma los números escritos (por o resta) ejemplo, 1ε por 13)

Análisis cuantitativo

En la comparación entre los grupos no se evidencian diferencias significativas en los totales de tareas neuropsicológicas y de aritmética. El grupo control ($Mdn=9.95$) parece no diferir del grupo experimental ($Mdn=11.05$) en las tareas neuropsicológicas, $U=44.50$, $z=-.423$, $p<.05$. Por otra parte, el grupo control ($Mdn=11.85$) parece no tener diferencias con respecto al grupo experimental ($Mdn=9.15$) en las tareas de aritmética, $U=36.50$, $z=-1.02$, $p<.05$ (ver tablas 11 y 12).

Tabla 11

Resultados de los rangos promedio y suma de rangos del grupo experimental y grupo control para el total de tareas neuropsicológicas y de aritmética

	Grupo	N	Rango promedio	Suma de rangos
Total tareas	Control	10	11.85	118.50
	Experimental	10	9.15	91.50
	Total	20		
Total aritmética	Control	10	9.95	99.50
	Experimental	10	11.05	110.50
	Total	20		

Tabla 12

Comparación de los resultados entre el grupo experimental y el grupo control para el total de tareas neuropsicológicas y de aritmética

	U Mann-Whitney	z	p^*	p^{**}
Total tareas	36.50	-1.02	.315	.307
Total aritmética	44.50	-.423	.684	.672

$p^* \leq .05$ (una cola) $p^{**} \leq .05$ (dos colas)

CAPÍTULO V: DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

En la presente investigación se analizaron, describieron y compararon los resultados de los niños que participaron en el programa formativo y los que no a partir de los factores de regulación y control, organización cinética de los movimientos y acciones, y análisis y síntesis espacial simultánea. Se encontraron diferencias cualitativas en el estado funcional de organización cinética de los movimientos y acciones y comprensión de estructuras gramaticales con preposiciones en el componente espacial y lógico para los dos grupos de alumnos siendo estas favorables al grupo que asistió al programa formativo en la edad preescolar. No se encontraron diferencias en el estado funcional de otros mecanismos cerebrales. En el grupo experimental se observó mayor éxito en la ejecución de las tareas propiamente matemáticas de conteo y cálculo. Consideramos que el programa formativo logró consolidar el conocimiento de aspectos lógicos y simbólicos (aspectos operativos) favoreciendo la adquisición de habilidades matemáticas.

El análisis cualitativo de los datos entre los grupos muestra que el grupo experimental tuvo diferencias positivas en el factor de organización cinética de los movimientos que podría corresponder con tareas del componente lógico aplicadas por Zárraga et al. (2012). Según Lázaro et al. (2013) los tipos de acciones (tareas) que implican la participación de este componente son: identificación de diversas características de los objetos, diferencias y semejanzas generales y de acuerdo a una característica dada, necesidad de comparación sólo de acuerdo a un parámetro establecido y tareas de conservación con diverso contenido como cuerpos, líquidos, distribución del espacio, área, etc. Es decir, tareas que hacen referencia a la correspondencia recíproca de uno a uno, la seriación y la clasificación, y que corresponden con el orden de los objetos de acuerdo a una base determinada.

El grupo experimental también evidenció diferencias cualitativas positivas en la comprensión de estructuras gramaticales con preposiciones del factor de análisis y síntesis espacial simultánea que se podría relacionar con la capacidad de los niños para codificar y decodificar los símbolos y habilidades de abstracción (Zárraga et al., 2012) relacionadas con tareas de simbolización de relaciones espaciales (por

ejemplo, más alto que, menos ancho que, etc.) y uso de preposiciones relativas, temporales y de causa-efecto en el lenguaje (Lázaro et al., 2013).

En cuanto al éxito del grupo experimental en las tareas propiamente matemáticas de conteo y cálculo, esto se puede relacionar con el componente matemático o numérico contenido en el programa aplicado por Zárraga et al. (2012). En este caso, se trabajaron habilidades que simulan las relaciones matemáticas generales (más, menos que, igual, desigual, tanto como) sobre la base del establecimiento de la mutua correlación (inmediata y mediatizada con ayuda de la señalización). Este componente tiene tareas de elaboración de operaciones de seriación, organización de seriación de acuerdo a diversos parámetros, elaboración de operaciones de correspondencia, operación de correspondencia recíproca entre elementos de conjuntos ordenados y entre elementos de conjuntos desordenados, y comprensión de relaciones como “falta uno”, “sobra uno”, “es igual”, etc. (Lázaro et al., 2013).

Desde el punto de vista neuropsicológico y cuantitativo no es posible observar diferencias significativas entre los grupos dado que los datos son difusos y no hay un cuadro determinantemente claro en cuanto al estado funcional de los factores neuropsicológicos. Sin embargo, la ausencia de diferencias entre los grupos experimental y control podría ser explicada a partir del tipo de programa que se aplicó dado que no fue un trabajo de corrección neuropsicológica, sino un programa formativo en niños regulares en el que la duración del programa y factores del desarrollo, sociales y ambientales pudieron influir sobre los resultados.

La misma cantidad de errores cometidos por ambos grupos en el factor de regulación y control y la tarea de problemas aritméticos podría indicar dificultad de los niños para plantearse objetivos claros y/o sustituir los problemas complejos a una forma más sencilla de solución. El lóbulo frontal que es el encargado de regular y controlar la actividad está implicado en funciones como el mantenimiento y manipulación simultánea de elementos, la planificación, el orden temporal de las secuencias, la comprobación de los resultados y la corrección de errores y, particularmente en la resolución de problemas complejos (Serra-Grabulosa, et al., 2010). Este tipo de procesamiento se va dando a medida que los niños crecen, bajo

buenas condiciones de aprendizaje permanentes y en un contexto social favorable (Flores, 2013).

Con relación al factor de organización cinética de los movimientos y acciones que pertenece a zonas frontales posteriores o premotoras (Quintanar y Solovieva, 2002), Ardila (2010) señala que la corteza premotora bilateral, el área motora suplementaria, la corteza temporal posterior y el tálamo, constituyen una red de áreas involucradas en la enumeración de pequeñas cantidades de estímulos auditivos, visuales y somatosensoriales. Además, la activación más significativa y consistente a lo largo de las condiciones sensoriales y motoras del conteo se ha observado en la corteza premotora lateral. Este autor también señala que las habilidades de cálculo fueron derivadas de la secuencia dactilar que finalmente dieron lugar a la construcción del concepto de correspondencia. Es importante mencionar que hacen falta investigaciones que se encarguen de establecer claramente la participación de los sectores premotores en las habilidades matemáticas.

Por otra parte, los resultados de esta investigación concuerdan con lo encontrado por Solovieva, Ortiz-Moncada y Quintanar-Rojas (2010) dado que los estudiantes del grupo experimental que participaron en el programa de actividades formativas mejoraron posttest en tareas que implicaban construcciones lógico-gramaticales complejas. Esto indica que la inclusión de las acciones formativas del componente espacial mejora las ejecuciones de los niños en ciclos escolares posteriores.

El factor de análisis y síntesis espacial simultánea corresponde con zonas cerebrales asociativas temporoparietoccipitales (TPO) que se encargan de percibir y producir adecuadamente la forma general y los rasgos esenciales, así como de establecer las relaciones entre los elementos (Quintanar y Solovieva, 2002). Investigadores han señalado que regiones parietales izquierdas y occipito-temporales están relacionadas con el cálculo matemático (Ardila, 2010) y más específicamente, regiones parietales se activan durante tareas numéricas, procesamiento de información numérica, solución de problemas aritméticos,

comparaciones de magnitudes, procesamiento viso-espacial (Ardila, 2010; Butterworth et al., 2005; Dehaene et al., 2003; Serra-Grabulosa, et al., 2010).

Los resultados obtenidos en esta investigación demuestran la importancia de integrar la neuropsicología, psicopedagogía y psicología general a lo largo del ciclo preescolar e inclusive en los primeros grados escolares para el desarrollo de programas que favorezcan la adquisición de habilidades matemáticas previas necesarias. Lo anterior permitiría a los estudiantes un mayor grado de generalización de las habilidades de cálculo, así como de conceptualización y abstracción.

Igualmente, si los programas formativos se aplicaran por un periodo de tiempo mayor al de un solo ciclo escolar probablemente se podrían ver resultados más estables en el estado funcional de los factores neuropsicológicos. No se fortalecerían únicamente los factores de organización cinética de movimientos y acciones, y de análisis y síntesis espaciales, sino que se podría fortalecer el factor de regulación y control que implica zonas cerebrales prefrontales y que garantizan el proceso de ejecución de una tarea de acuerdo al objetivo, instrucción o regla establecido.

Es importante considerar para futuras investigaciones que el estudio podría verse enriquecido con un análisis de todos los factores neuropsicológicos (regulación y control, organización motora, perceptivo global, perceptivo analítico y retención visual, oído fonemático, retención audio-verbal, integración cinestésica y activación inespecífica) con el fin de identificar el efecto sistémico y dinámico que tienen los programas formativos de habilidades previas implementados en la etapa preescolar.

Conclusiones

A partir de la investigación realizada se pueden plantear las siguientes conclusiones:

- No se encontraron diferencias estadísticamente significativas en tareas neuropsicológicas y matemáticas entre el grupo que participó en su tercer grado de preescolar en un programa para el desarrollo de las habilidades matemáticas previas (grupo experimental) y el que siguió las actividades del enfoque educativo tradicional en tercer grado de preescolar (grupo control).

- Se encontraron diferencias cualitativas en el estado funcional de organización cinética de los movimientos y acciones y comprensión de estructuras gramaticales con preposiciones en el componente espacial y lógico para los dos grupos de alumnos siendo estas favorables al grupo que asistió al programa formativo en la edad preescolar.
- En el grupo experimental se observó mayor éxito en la ejecución de las tareas propiamente matemáticas de conteo y cálculo.
- El programa formativo logró consolidar el conocimiento de aspectos lógicos y simbólicos (aspectos operativos) favoreciendo la adquisición de habilidades matemáticas.
- La inclusión de las acciones formativas de los componentes lógico, simbólico, numérico y espacial mejora las ejecuciones de los niños en ciclos escolares posteriores.
- Resulta fundamental integrar la neuropsicología, psicopedagogía y psicología para el diseño e implementación de programas formativos de las habilidades matemáticas básicas.
- Los programas formativos deberían ser aplicados por un periodo mayor al de un solo ciclo escolar para obtener resultados más estables en el estado funcional de los factores neuropsicológicos.

REFERENCIAS

- Anderson, U. (2007). The contribution of working memory to children's mathematical word problem solving. *Applied Cognitive Psychology, 21*, 1201-1216.
- American Psychological Association (APA). (2010). *Ethical principles of psychologists and code of conduct*. Recuperado el 2 de Mayo de 2012 de, <http://www.apa.org/ethics/code/index.aspx#>
- Ardila, A. (2010). On the evolution of calculation abilities. *Frontiers in evolutionary neuroscience, 2*, 1-7.
- Ardila, A., & Rosselli, M. (2002). Acalculia and Dyscalculia. *Neuropsychology review, 12* (4), 179-231.
- Aronen, E. T., Vuontela, V., Steenari, M. R., Salmi, J., & Carlson, S. (2005). Working memory, psychiatric symptoms, and academic performance at school. *Neurobiology of Learning and Memory, 83*, 33-42.
- Backhoff, E., Andrade, E., Sánchez, A., & Peon, M. (2008). El aprendizaje en tercero de preescolar en México. Lenguaje y Comunicación. Pensamiento matemático. Recuperado el 12 de Mayo de, http://www.inee.edu.mx/archivosbuscador/2007/04/INEE-20070466-preescolar08_completoa.pdf
- Backhoff, E., Andrade, E., Sánchez, A., & Peon, M. (2007). El aprendizaje en tercero de primaria en México: Español, matemáticas, ciencias naturales y ciencias sociales. Recuperado el 12 de Mayo de, http://www.inee.edu.mx/images/stories/Publicaciones/Resultados_aprendizaje/tercero_primaria/Completo/tercerocompletoa.pdf
- Buenrostro, A. (2013). Dificultades en el aprendizaje de las matemáticas en los primeros grados escolares. En J. G. Sánchez Ruiz & E. A. Escotto Córdova (Eds.). *Dificultades en el aprendizaje de las matemáticas: Factores neuropsicológicos, afectivos y socioepistemológicos*. (pp. 73-87). México: UNAM, FES Zaragoza.
- Bull, R., Andrews, K., & Wiebe, S. A. (2008). Short-term memory, working memory, and executive functioning in preschoolers: Longitudinal predictors of

- mathematical achievement at age 7 years. *Developmental Neuropsychology*, 33, (3), 205-228.
- Bull, R., & Scerif, G. (2001). Executive functioning as a predictor of children's mathematics ability: Inhibition, switching, and working memory. *Developmental Neuropsychology*, 19 (3), 273-293.
- Butterworth, B. (2005). The development of arithmetical abilities. *Journal of Child Psychology and Psychiatry*, 46 (1), 3-18.
- Cantoral, R. (2013). Tendencias de la investigación en matemática educativa: Del estudio centrado en el objeto al examen de las prácticas. En J. G. Sánchez Ruiz & E. A. Escotto Córdova (Eds.). *Dificultades en el aprendizaje de las matemáticas: Factores neuropsicológicos, afectivos y socioepistemológicos*. (pp. 11-26). México: UNAM, FES Zaragoza.
- Castillo-Parra, G., Gómez, E., & Ostrosky-Solís, F. (2009). Relación entre las funciones cognitivas y el nivel de rendimiento académico en niños. *Revista Neuropsicología, Neuropsiquiatría y Neurociencias*, 9 (1), 41-54.
- Dehaene, S., Piazza, M., Piner, P., & Cohen, L. (2003). Three parietal circuits for number processing. *Cognitive neuropsychology*, 20 (3/4/5/6), 487-506.
- ENLACE (2010). *Manual técnico*. Recuperado el 12 de Mayo de 2012 de, http://www.dgep.sep.gob.mx/LnkDgep/manual_tecnico_enlace10.pdf
- Escotto, E. A., Sánchez, J. G., Baltazar, A. M., Contreras, M. S., Becerra, J., & García, J. M. L. (2013). Acalculia. En J. G. Sánchez Ruiz & E. A. Escotto Córdova (Eds.). *Dificultades en el aprendizaje de las matemáticas: Factores neuropsicológicos, afectivos y socioepistemológicos*. (pp. 41-56). México: UNAM, FES Zaragoza.
- Espy, Kimberly., McDiarmid, M., Cwik, M., Meade, M., Hamby, A., & Senn, T. (2004). The contribution of executive functions to emergent mathematic skills in preschool children. *Developmental neuropsychology*, 26 (1), 465-486.
- Flores, J. C. (2013). Las funciones ejecutivas en el aprendizaje. En J. G. Sánchez Ruiz & E. A. Escotto Córdova (Eds.). *Dificultades en el aprendizaje de las matemáticas: Factores neuropsicológicos, afectivos y socioepistemológicos*. (pp. 41-56). México: UNAM, FES Zaragoza.

- Geary, D. C. (2000). From infancy to adulthood: the development of numerical abilities. *European child & adolescent psychiatry*, 9, 11-16.
- Geary, D. C. (2007). An evolutionary perspective on learning disability in mathematics. *Developmental Neuropsychology*, 32 (1), 471-519.
- Grimm (2008). Longitudinal associations between Reading and mathematics achievement. *Developmental neuropsychology*, 33 (3), 410-426.
- Hoard, M. K., Geary, D. C., Byrd-Craven, J., & Nugent, L. (2008). Mathematical cognition in intellectually precocious first graders. *Developmental Neuropsychology*, 33 (3), 251-276.
- Houdé, O., & Tzourio-Mazoyer, N. (2003). Neural foundations of logical and mathematical cognition. *Nature reviews*, 4, 507-514.
- INEE (2008). *El aprendizaje en tercero de preescolar en México. Lenguaje y comunicación/Pensamiento matemático*. Recuperado el 12 de Mayo de 2012 de, <http://www.inee.edu.mx/index.php/publicaciones/informes-institucionales/resultados-de-aprendizaje/3427>
- Lázaro, E., Solovieva, Y., & Quintanar, L. (2013). Premisas psicológicas para la adquisición del cálculo. En J. G. Sánchez Ruiz & E. A. Escotto Córdova (Eds.). *Dificultades en el aprendizaje de las matemáticas: Factores neuropsicológicos, afectivos y socioepistemológicos*. (pp. 57-71). México: UNAM, FES Zaragoza.
- Luria, A. R. (1978). *Cerebro y lenguaje. La afasia traumática: síndrome, exploración y tratamiento*. (L. Flaquer, Trad.). España: Fontanella, S. A. (Primera edición publicada en 1974).
- Luria, A. R. (1989). *El cerebro en acción*. (M. Torres, Trad.). España: Roca S. A. (Primera edición publicada en 1984).
- Luria, A. R. (2011). *Las funciones corticales superiores del hombre*. (C. Pérez, Trad.). México: Distribuciones Fontamara, S. A. (Primera edición publicada en 1986).
- Luria, A. R. & Tsvetkova, L. S. (1981). *La resolución de problemas y sus trastornos*. (M. Cervera, Trad.). España: Fontanella, S. A.
- Nieder, A. (2005). Counting on neurons: The neurobiology of numerical competence. *Nature reviews neuroscience*, online publication.

- Ortiz, G. (2007). *La formación del concepto de número en escolares de una comunidad de habla náhuatl-castellana*. Tesis de maestría no publicada. Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, Puebla, México.
- Passolunghi, M. C., Mammarella, I. C., & Altoè, G. (2008). Cognitive abilities as precursors of early acquisition of mathematical skills during first through second grades. *Developmental neuropsychology*, 33 (3), 229-250.
- Quintanar, L., & Solovieva, Y. (2002). Análisis neuropsicológico de las alteraciones del lenguaje. *Revista de psicología general y aplicada*, 55 (1), 67-87.
- Quintanar, L., & Solovieva, Y. (2008). Aproximación histórico-cultural: Fundamentos teóricos-metodológicos. En J. Eslava Cobos, L. Mejía, L. Quintanar, & Y. Solovieva. *Los trastornos del aprendizaje* (pp. 145-181). Bogotá: Cooperativa Editorial Magisterio, Instituto Colombiano de Neurociencias, Benemérita Universidad Autónoma de Puebla.
- Secretaría de Educación Pública (SEP) (2011). *Plan de estudios 2011. Educación básica*. (2011). <http://basica.sep.gob.mx/dgdc/sitio/pdf/PlanEdu2011.pdf>
- Rosselli, M., Jurado, M. B., & Matute, E. (2008). Las funciones ejecutivas a través de la vida. *Revista Neuropsicología, Neuropsiquiatría y Neurociencias*, 8 (1), 23-46.
- Rosselli, M., Matute, E., Pinto, N., & Ardila, A. (2006). Memory abilities in children with subtypes of dyscalculia. *Developmental Neuropsychology*, 30 (3), 801-828.
- Salmina, N. G., & Filimonova, O. G. (2010). *Problemas en el aprendizaje de las matemáticas básicas y su corrección*. Puebla, México: Instituto Universitario de Estudios avanzados. Centro regional para el desarrollo de las habilidades cognitivas.
- Serra-Grabulosa, J. M., Adan, A., Pérez-Pàmies, M., Lachica, J., & Membrives, S. (2010). Bases del procesamiento numérico y del cálculo. *Revista de neurología*, 50, 39-46.
- Solovieva, Y., Bonilla, M., & Quintanar, L. (2008). Aproximación histórico-cultural: Intervención en los trastornos del aprendizaje. En J. Eslava Cobos, L. Mejía, L. Quintanar, & Y. Solovieva. *Los trastornos del aprendizaje* (pp. 227-266).

- Bogotá: Cooperativa Editorial Magisterio, Instituto Colombiano de Neurociencias, Benemérita Universidad Autónoma de Puebla.
- Solovieva, Y., Lázaro, E., & Quintanar, L. (2008). Aproximación histórico-cultural: Evaluación de los trastornos de aprendizaje. En J. Eslava Cobos, L. Mejía, L. Quintanar, & Y. Solovieva. *Los trastornos del aprendizaje* (pp. 145-181). Bogotá: Cooperativa Editorial Magisterio, Instituto Colombiano de Neurociencias, Benemérita Universidad Autónoma de Puebla.
- Solovieva, Yu., Lázaro E., & Quintanar, L. (2013). Evaluación de las habilidades matemáticas en niños preescolares urbanos y rurales. *Cultura y Educación*, 25 (2), 199-212.
- Solovieva, Y., Ortiz-Moncada, G., & Quintanar-Rojas, L. (2010). Formación de conceptos numéricos iniciales en una población de niños mexicanos. *Cultura y educación*, 22 (3), 345-361.
- Solovieva, Y. & Quintanar, L. (2009). *Evaluación neuropsicológica infantil breve*. México: Benemérita Universidad Autónoma de Puebla.
- Solovieva, Y. & Quintanar, L. (2012). *Evaluación neuropsicológica de la actividad escolar*. México: Benemérita Universidad Autónoma de Puebla.
- Solovieva, Y., Rosas Rivera, Y., Quintanar, L., & García, M. A. (2013). Symbolic representation for introduction of concept of decimal system in mexican school children. *International Education Studies*, 6 (10), 102-111.
- Talizina, N. F. (2009). *La teoría de la actividad aplicada a la enseñanza*. (Y. Solovieva & L. Quintanar. Trads.). México: Benemérita Universidad Autónoma de Puebla.
- Talizina, N. F. (2001). *La formación de las habilidades del pensamiento matemático*. San Luis Potosí, México: Universidad Autónoma de San Luis Potosí.
- Vygotski, L. S. (2000). *Obras escogidas III: Problemas del desarrollo de la psique*. (L. Kuper, Trad.). España: Aprendizaje Visor. (Trabajo original publicado en 1983).
- World Medical Association (s.f.). *WMA Declaration of Helsinki - Ethical Principles for Medical Research Involving Human Subjects*. Recuperado el 2 de Mayo de 2012 de, <http://www.wma.net/en/30publications/10policies/b3/index.html>

Xomskaya, E. (2002). El problema de los factores en la neuropsicología. *Revista española de neuropsicología*, 4 (2-3), 151-167.

Zárraga S., Quintanar, L., García, M., & Solovieva, Yu. (2012). Formación de las habilidades matemáticas básicas en preescolares mayores de una comunidad suburbana. *Revista Educação e Filosofia*, 26, 157-178.