

**UNIVERSIDAD CATÓLICA DE LA SANTÍSIMA CONCEPCIÓN
FACULTAD DE EDUCACIÓN**



**EVOLUCIÓN DE LAS HABILIDADES NUMÉRICAS EN NIÑOS
CON Y SIN RIESGO DE PRESENTAR DIFICULTADES DE
APRENDIZAJE EN MATEMÁTICA**

POR

BÁRBARA GUZMÁN GÓMEZ

**Tesis presentada a la Facultad de Educación de la Universidad Católica de la
Santísima Concepción para optar al grado académico de Magíster en
Psicopedagogía y Educación Especial.**

**DIRECTOR DE TESIS: Dra. CRISTINA RODRIGUEZ
RODRIGUEZ**

**COMISIÓN INFORMANTE: Dr. Felipe Sepúlveda López
Dr©. Carlos Oyarzún Burgos**

Concepción, Diciembre 2017

AGRADECIMIENTOS

Agradecimientos especiales a la Dra. María Cristina Rodríguez por su profesionalismo, dedicación y entrega en el desarrollo de esta investigación. Especialmente por el compromiso y preocupación que va más allá de lo profesional.

Por otra parte, agradecer a los profesores informantes Dr. Felipe Sepúlveda y Dr. © Carlos Oyarzún, por sus aportes y sugerencias que permitieron mejorar aspectos metodológicos del trabajo.

Finalmente, agradecer a la Universidad y en particular a la coordinación del programa de Magister en Psicopedagogía y Educación Especial por generar espacios de desarrollo investigativo y profesional en el área de las dificultades de aprendizaje.

ÍNDICE DE CONTENIDO

AGRADECIMIENTOS	2
ÍNDICE DE TABLAS	5
ÍNDICE DE FIGURAS.....	5
RESUMEN.....	6
ABSTRACT	7
INTRODUCCIÓN	8
CAPÍTULO I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	12
1.1 Competencia matemática de acuerdo a mediciones nacionales e internacionales	13
1.2 Identificación de estudiantes con dificultades específicas del aprendizaje de las matemáticas (DAM) y detección de estudiantes en riesgo	15
1.3 Principales interrogantes de investigación	19
1.4 Objetivos	19
1.4.1 Objetivo General	20
1.4.2 Objetivos Específicos.....	20
1.5 Hipótesis.....	20
CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO	21
2.1 Desarrollo de la cognición numérica.....	22
2.1.1 Modelos de procesamiento numérico.....	23
2.1.2 Aportes desde la neuroimagen	27
2.1.3 Constructo sentido numérico y modelo de cuatro pasos.....	30
2.2 Dificultad del aprendizaje de las matemáticas (DAM)	35
2.2.1 Definición y etiología.....	35
2.2.2 Criterios diagnósticos.....	41
2.2.3 Perfil cognitivo-conductual de los niños con DAM.....	47
2.3 Medidas dinámicas de detección en el contexto de la prevención de las dificultades del aprendizaje	50
2.4 Componentes cognitivos involucrados en las habilidades numéricas.....	54
2.4.1 Velocidad de procesamiento y habilidades numéricas	56
2.4.2 Memoria de trabajo y habilidades numéricas.....	58

CAPÍTULO III. MARCO METODOLÓGICO	62
3.1 Enfoque y Diseño	63
3.2 Población objetivo y diseño muestral.....	65
3.3 Estrategias de recopilación de información.....	66
3.4 Instrumentos para la recogida de datos	66
3.4.1 Instrumentos de evaluación numérica:.....	66
3.4.2 Instrumentos de evaluación cognitiva.....	68
3.5 Procedimiento.....	70
3.6 Técnicas para el Análisis de la Información.....	70
CAPÍTULO IV. RESULTADOS.....	72
4.1 Resultados Estudio 1	73
4.2 Resultados Estudio 2	76
4.2.1 Estudio 2.a.....	76
4.2.2 Estudio 2.b	78
CAPITULO V. CONCLUSIONES Y DISCUSIÓN	82
REFERENCIAS.....	89

ÍNDICE DE TABLAS

III - 1, Distribución de los grupos de rendimiento.	66
III - 2, Tabla de correlaciones entre las tareas de ASPENS y EVAMAT-1.	68
III - 3, Estadísticos descriptivos para cada una de las variables en estudio en los tres momentos medidos.	70
IV - 1, Distribución de cada una de las variables en estudio.	75
IV - 2, Distribución de los grupos de rendimiento para cada variable en estudio.	76
IV - 3, Correlación entre MT y tareas de ASPENS.	81

ÍNDICE DE FIGURAS

2-1, Modelo de Procesamiento Numérico de McCloskey, Caramazza y Basili (1985). Extraído de Blanco, 2009, p. 94.....	25
2- 2, Modelo causal de posibles interrelaciones entre factores biológicos, cognitivos, conductuales y contexto educacional (Butterworth et al., 2011, p. 1050).	29
2- 3, Modelo de cuatro pasos de Von Aster y Shalev (2007).	34
4- 1, Evolución del rendimiento en CN en los diferentes puntos de medida	73
4- 2, Evolución del rendimiento en NF en los diferentes puntos de medida	74
4- 3, Evolución de los grupos en el rendimiento en CN en las diferentes medidas ...	77
4- 4, Evolución de los grupos en el rendimiento en NF en las diferentes medidas ...	78
4- 5, Gráfico de efecto de mediación de la variable RAN_N en la diferenciación de los grupos en la variable CN_F.....	79
4- 6, Gráfico de efecto de mediación de la variable RAN_N en la diferenciación de los grupos en la variable NF_F	80

RESUMEN

La identificación de estudiantes con dificultades específicas de aprendizaje (DEA), y en particular, aquellos con dificultades de aprendizaje en matemáticas (DAM), actualmente se conceptualiza desde un modelo preventivo basado en la respuesta del alumno a la intervención (Response to Intervention Model, RtI). En este contexto, las medidas basadas en el currículum (CBM) permiten monitorear el desarrollo de habilidades previo a un diagnóstico. Existe evidencia empírica de las diferencias de rendimiento que se presentan tempranamente entre estudiantes con rendimiento promedio y estudiantes en riesgo de presentar DAM. Sin embargo, aún no hay consenso en si estas diferencias pueden o no estar influenciados por habilidades de carácter cognitivo. En este estudio se analizó el desarrollo diferencial en habilidades numéricas, medido con instrumentos CBM, en niños de primer año básico con y sin riesgo de presentar DAM y la influencia de la memoria de trabajo (MT) y la velocidad de procesamiento (RAN) en esta diferenciación. Para ello se evaluó el rendimiento de 143 estudiantes clasificados en dos grupos, sujetos en riesgo de DAM (R_DAM) y estudiantes con desarrollo promedio (N_DAM). Los resultados mostraron diferencias significativas entre los grupos en el desarrollo de habilidades numéricas a lo largo del año, principalmente en la tarea de comparación de cantidades planteándose esta tarea como un buen predictor de rendimiento en matemáticas. Además, los resultados indican que los procesos cognitivos influyen moderadamente en el rendimiento de tareas numéricas simples en la primera etapa escolar. Específicamente la velocidad de procesamiento de números (RAN_N) predice significativamente el nivel de rendimiento en las tareas numéricas, y el componente ejecutivo de la memoria de trabajo (MT) tiene una fuerte implicación en las tareas numéricas simples y no así el componente fonológico.

Palabras clave: Dificultades del aprendizaje de las matemáticas, medidas basadas en el currículum, habilidades numéricas, procesos cognitivos.

ABSTRACT

The identification of students with specific learning difficulties (SLD), and in particular, those with learning difficulties in mathematics (MLD), is currently conceptualized from a preventive model based on the response of the student to the intervention (Response to Intervention Model, RtI). In this context, the curriculum-based measures (CBM) allow to monitor the development of skills prior to a diagnosis. There is empirical evidence of performance differences that occur early between students with average performance and students at risk of presenting MLD. However, there is still no consensus on whether these differences may or may not be influenced by cognitive skills. In this study we analyzed the differential development in numerical skills, measured with CBM instruments, in first year children with and without risk of presenting MLD and the influence of working memory (WM) and Rapid Automatized Naming (RAN) in this differentiation. For this, the performance of 143 students classified in two groups, subjects at risk of MLD (R_DAM) and students with average development (N_DAM) was evaluated. The results showed significant differences between the groups in the development of numerical skills throughout the year, mainly in the task of comparison of quantities considering this task as a good predictor of performance in mathematics. In addition, the results indicate that cognitive processes moderately influence the performance of simple numerical tasks in the first stage of school. Specifically, the speed of number processing (RAN_N) significantly predicts the level of performance in numerical tasks, and the executive component of working memory (WM) has a strong implication in simple numerical tasks and not the phonological component.

Keywords: Learning difficulties in math, curriculum-based measurement, Response to intervention model, arithmetic abilities, number sense, cognitive processes.

INTRODUCCIÓN

Las dificultades específicas de aprendizaje (DEA) y sus respectivas definiciones conceptual y operativa han evolucionado en la última década. Los criterios de especificidad, exclusión y discrepancia tradicionalmente utilizados en el diagnóstico, y por tanto, en las investigaciones del área, cuentan con diversos cuestionamientos producto de los hallazgos que indican que existe una alta comorbilidad de las DEA (Kauffman y Von Aster, 2012) y que las dificultades presentadas pueden incrementarse con las exigencias curriculares (Blanco, 2009). Por ello, una de las principales modificaciones en el diagnóstico se debe, en gran medida, a la actualización de los criterios propuestos por la última versión del manual estadístico de trastornos mentales DSM- V (Asociación americana de psiquiatría, 2015), en el cual se plantea que los síntomas deben persistir por más de seis meses a pesar de contar con intervenciones especializadas. En este sentido, principalmente el criterio de discrepancia CI- rendimiento ha evolucionado a un modelo de respuesta a la intervención (Jiménez, et al., 2011) y por tanto se espera que el concepto de DEA se restrinja a estudiantes que presenten dificultades severas resistentes a un periodo de intervención previa.

Específicamente el estudio de las dificultades del aprendizaje de las matemáticas (DAM) cuenta con desafíos adicionales dadas las diferencias diagnósticas e incluso conceptuales con las que se aborda la investigación, además de la cantidad de estudios que abordan la temática en comparación a las dificultades de la lectura. Por ello, los principales desafíos que se plantean en la disciplina implican, por una parte, abordar la investigación desde una evaluación formativa a fin de responder a las necesidades educativas de los estudiantes, y por otro lado, identificar predictores tempranos de desempeño que faciliten su identificación preventiva. Respecto a estos últimos, la literatura del área propone principalmente dos modelos explicativos de las DAM, sin embargo, se observa en la última década la intención de abordar ambos modelos entendiendo que tanto los modelos de déficit específicos y de propósito general pueden aportar en la definición de estas (e.g. Cowan y Powell, 2014; Geary, 2011; Träff, Olsson,

Östergren, y Skagerlund, 2016). Todos estos antecedentes en el contexto nacional cobran gran relevancia dado que la normativa vigente recoge estos planteamientos por medio del Decreto Supremo N°170/09 en uno de sus artículos, sin embargo, en la práctica carece de procedimientos que permitan evaluar progresivamente a los estudiantes que se encuentran en riesgo de presentar DEA. En este sentido, el actual paradigma de respuesta a la intervención, resulta relevante incluirlo en las políticas nacionales ya que permitiría obtener estadísticas en relación a los sujetos con DAM y en riesgo, y además responder a los lineamientos de la normativa que rige el diagnóstico de los sujetos con necesidades educativas especiales (NEE) de carácter transitorio. Específicamente una de las exigencias definidas en el marco legal del DS N°170/09 implica la “aplicación de evaluaciones para identificar áreas deficitarias y en las que el estudiante presenta mayor habilidad” (Decreto 170, 2009, p.8), lo que asume la existencia de ciertas habilidades a la base del aprendizaje formal de las matemáticas, pero lamentablemente no las explicita. Por tanto, delimitar las habilidades o el constructo que se requiere evaluar para definir la población de estudiantes que se encuentran en riesgo de presentar DAM, constituye una oportunidad para cumplir con los requerimientos de la normativa vigente en Chile, prevenir la prevalencia de la dificultad y desde una perspectiva aplicada, puede resultar importante para un adecuado diseño del aprendizaje (Raghubar, Barnes y Hecht, 2010). Además, generar investigaciones en niños de habla hispana que estén enfocadas en las habilidades numéricas y sus componentes cognitivos involucrados, puede ser un aporte a la cantidad de estudios y caracterización de las habilidades y necesidades de sujetos chilenos que por lo demás hasta donde tenemos conocimiento, no contamos con estudios de este tipo a nivel longitudinal.

De acuerdo a los antecedentes expuestos y a las necesidades detectadas, este estudio se planteó como objetivo principal “Investigar la relación entre el desarrollo de las habilidades numéricas y el rendimiento en procesos cognitivos en estudiantes chilenos que cursan primer año básico”. Para el cumplimiento de ello, se generaron tres objetivos específicos los que apuntan en primer lugar al estudio del nivel de desempeño en habilidades numéricas en tres momentos del periodo escolar. En segundo lugar, se planteó analizar diferencias de desempeño

entre estudiantes en riesgo de presentar DAM y niños con rendimiento promedio. Finalmente, se propuso analizar la influencia de la memoria de trabajo y la velocidad de procesamiento en el rendimiento de las habilidades numéricas. El logro de estos objetivos requirió de la definición de un marco conceptual que consideró los principales antecedentes teóricos, empíricos y legislativos del área para dar sustento y fundamento a las variables en estudio. Concretamente se abordó en primer lugar el desarrollo de la cognición numérica por medio de los principales modelos de procesamiento numérico, los aportes de la neuroimagen, el constructo sentido numérico y modelo de cuatro pasos de Von Aster y Shalev (2007). En lo que respecta específicamente a las DAM, se consideraron las diversas definiciones y terminologías utilizadas, la etiología, los criterios diagnósticos y el perfil cognitivo-conductual de los niños con DAM. Por otra parte, se incluyeron antecedentes referentes a las medidas dinámicas de detección en el contexto de la prevención y por último se analizaron los componentes cognitivos involucrados en las habilidades numéricas, específicamente la memoria de trabajo y la velocidad de procesamiento.

Los objetivos propuestos fueron abordados bajo un enfoque cuantitativo por medio de un diseño no experimental de tipo longitudinal. Se aplicaron instrumentos de evaluación numérica como cognitiva, en coherencia con las variables en estudio. En lo que respecta al estudio numérico, se aplicó en tres momentos del periodo escolar la evaluación de manejo de habilidades numéricas tempranas (Assessing Student Proficiency in Early Number Sense, ASPENS) (Clarke, Gersten, Dimino y Rolfhus, 2012) y al final del año escolar la Prueba para la evaluación de la competencia matemática EVAMAT-1 (versión 2.0) (García, V., García, González, 2013). Por el lado de las evaluaciones de carácter cognitivo, se aplicó la prueba factor G (Gattell y Catell, 1989), velocidad de nombrado (Rapid Automated Naming, RAN) y el subtest de la escala de recuerdo directo e inverso de dígitos (Escala de Weschler, 1991, 1997).

Para el análisis de los datos obtenidos se utilizó para el primer objetivo un diseño de medidas repetidas siguiendo el Modelo Lineal General (MLG) tomando como factor intrasujeto los momentos (Inicio, Medio, Fin) para cada una de las variables dependientes medidas a partir de las tareas asociadas al sentido

numérico por medio del instrumento ASPENS. Para el segundo objetivo un diseño mixto de medidas repetidas (2x3) siguiendo el MLG, con factor intersujeto Grupo (R_DAM, N_DAM) y variable intrasujeto, los momentos (Inicio, Medio, Fin) para cada una de las variables de análisis de mediación cuyas variables mediadoras fueron las variables cognitivas y la variable a predecir el rendimiento diferencial en la prueba EVAMAT. Y para el tercer objetivo un análisis de mediación cuyas variables mediadoras se consideraron las variables cognitivas y la variable a predecir el rendimiento diferencial en la prueba EVAMAT.

Finalmente la interpretación de los resultados así como la reflexión en relación al rechazo o no de las hipótesis planteadas se desarrolla en el apartado de discusión en el que se retoman aspectos mencionados en el marco teórico de este trabajo.

CAPÍTULO I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Los principales antecedentes teóricos, empíricos y legislativos que dan sustento a la problematización del estudio corresponden a: los resultados nacionales e internacionales en matemática, el diagnóstico y prevención de las dificultades de aprendizaje en el área, las principales normativas vigentes y los actuales cuestionamientos referente a los criterios de identificación, la detección temprana de estudiantes en riesgo a partir del enfoque de respuesta a la intervención basado en un proceso dinámico de evaluación, y la participación de procesos cognitivos en el desarrollo de habilidades numéricas.

1.1 Competencia matemática de acuerdo a mediciones nacionales e internacionales

La competencia matemática desde la definición de parámetros internacionales por la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE), organización de la cual Chile forma parte desde el año 2010, se entiende como

La capacidad del individuo para formular, emplear e interpretar las matemáticas en distintos contextos. Incluye el razonamiento matemático y la utilización de conceptos, procedimientos, datos y herramientas matemáticas para describir, explicar y predecir fenómenos. Ayuda a los individuos a reconocer el papel que las matemáticas desempeñan en el mundo y a emitir los juicios y las decisiones bien fundadas que los ciudadanos constructivos, comprometidos y reflexivos necesitan. (OECD, 2012, p. 9)

Los resultados de la última evaluación aplicada el año 2012 del Programa para la Evaluación Internacional de Estudiantes (PISA), dirigido por esta misma organización, expone que en Chile un 52% de los estudiantes se encuentra bajo el nivel 2, umbral que se define como competencia básica y que implicaría que estos no cuentan con las competencias mínimas requeridas para participar completamente en una sociedad moderna (MINEDUC, 2012).

En el análisis comparativo de estos resultados frente a los países que forman parte de la OCDE, el rendimiento se encuentra sobre los países de

Latinoamérica, no obstante, resultan significativamente inferiores a los del promedio, lo que hace necesario compararse con niveles educacionales de alto desempeño a fin de evaluar las mejoras que se requieren implementar en el sistema educacional chileno. Estas cifras resultan igualmente adversas cuando se analizan los resultados respecto a las brechas de género y dependencia educativa, ya que Chile, Colombia y Costa Rica presentan la mayor brecha de género del continente, además de las significativas brechas en el desempeño de estudiantes de educación municipal, particular subvencionada y particular pagada (OCDE, 2013).

Por otra parte, el Sistema nacional de evaluación de resultados de aprendizaje del Ministerio de Educación de Chile (SIMCE) arroja resultados en matemática que indican que, en cuarto año básico, primer nivel educativo evaluado a nivel nacional en el área, se observa un incremento de doce puntos en los últimos 10 años, sin embargo, el promedio nacional de 260 puntos sigue siendo inferior a los de comprensión de lectura. En lo referente a la brecha de género que se ha evidenciado en matemática en la mayoría de las evaluaciones anteriores donde los varones han obtenido permanentemente mejores desempeños al igual que en PISA, ésta se ha reducido significativamente incluso obteniendo el mismo promedio hombres y mujeres en la prueba rendida el año 2015. Estos datos contrastan en cierta medida con todas las otras pruebas en las que las mujeres mantienen un desempeño superior al de los hombres. En el análisis más específico, los resultados no son tan positivos ya que los estándares de aprendizaje definidos por el ministerio de educación como los niveles de aprendizaje de acuerdo a la realidad nacional, indican que solo un 24% de los estudiantes se encuentra en un nivel adecuado. Es decir, sólo un 24% logran los aprendizajes curriculares del nivel, mientras que el 39% obtiene un nivel elemental, adquiriendo de manera parcial los conocimientos y habilidades, y finalmente un 37% se encuentra en un nivel insuficiente, lo que significa que

En la prueba SIMCE, estos estudiantes muestran escasa evidencia de que comprenden los conceptos y procedimientos más elementales de números y operaciones, patrones y álgebra, geometría, medición, y datos y probabilidades propios del periodo; así como un escaso dominio de las habilidades matemáticas de resolver problemas, representar, modelar y

argumentar. Por lo general, solo logran aplicar algunos conocimientos y habilidades en situaciones directas y en problemas que se han practicado extensivamente y que presentan algún tipo de mediación y apoyo (MINEDUC, 2013, p. 11).

En síntesis, los resultados de PISA a nivel internacional y SIMCE en el contexto nacional, exponen el deficiente escenario en el que se encuentran los estudiantes en lo que respecta al dominio de competencias básicas en matemáticas, lo que plantea la necesidad de un análisis explícito de factores que pueden estar afectando el rendimiento. Un ejemplo de este análisis lo constituyen las iniciativas de países como Canadá e Irlanda, quienes han implementado un estudio que ha permitido obtener perfiles de sujetos con alto desempeño y asociar a variables compartidas entre ellos, las cuales no incluyen solo características socioculturales sino que incorporan componentes personales como la motivación, habilidades metacognitivas y percepción de autoeficacia (Salvo, 2012). Estos componentes requieren abordarse tempranamente, ya que los efectos que pueden generar las experiencias escolares negativas en las diversas áreas cognitivas afectan el rendimiento posterior de los estudiantes (Bermejo y Blanco, 2009). De hecho, los antecedentes respecto a la ansiedad matemática, manifestándose por medio de pensamientos negativos y obsesivos, puede generar una confianza limitada en sí mismo para aprender (Jain y Dowson, 2009), e incluso afectar dominios cognitivos generales como la capacidad de memoria (Prevatt, Welles, Li y Proctor, 2010).

1.2 Identificación de estudiantes con dificultades específicas del aprendizaje de las matemáticas (DAM) y detección de estudiantes en riesgo

Una de las principales modificaciones de la normativa internacional para definir los trastornos del aprendizaje corresponde a la incorporación de un requisito en uno de sus criterios, que implica considerar 6 meses de intervención previa al diagnóstico (DSM-V-TR, 2013). Esta medida es producto de las evidencias de estudios del área y consideraciones frente a la dinámica de múltiples

variables intervinientes en el desarrollo del aprendizaje de un sujeto, lo que sugiere explicar y analizar el desarrollo antes de asegurar que se presenta un trastorno neurobiológico de base, y que no se debe a una pobre instrucción educacional. Por ello, a nivel internacional se establece la importancia del actual paradigma preventivo que vincula el diagnóstico a la respuesta que el alumno da en base a la intervención propuesta previamente. Este modelo conocido como Modelo de Respuesta a la Intervención (RtI) genera múltiples interrogantes respecto a la realidad chilena, que si bien, establece criterios de diagnóstico preventivos, carece de directrices para cumplir con las exigencias propuestas.

En Chile desde la puesta en marcha de la normativa que impulsa el Decreto Supremo N° 170/2009, específicamente en el artículo N° 26 se plantea que, para la identificación y posterior derivación, se deben demostrar por parte de los establecimientos educacionales acciones pedagógicas desarrolladas en primer y segundo año de educación básica tanto para todos los estudiantes de un curso como para los que presentan mayores dificultades en comparación a sus pares. En esta misma normativa, se manifiesta implícitamente la necesidad de contar con un enfoque de evaluación dinámico, como alternativa a las mediciones estáticas con las que se ha llevado la educación especial, dado que dentro de las medidas pedagógicas se expone lo siguiente

- Evaluación continua basada en el currículum y monitoreo constante del progreso de los aprendizajes.
- Apoyo personalizado a los y las alumnas conforme a los resultados de las evaluaciones aplicadas.
- Aplicación de evaluaciones para identificar áreas deficitarias y en las que él o la estudiante presenta mayor habilidad.
- Evaluación sistemática a fin de verificar los resultados de los apoyos implementados. (Decreto Supremo 170/2009, p. 7-8)

De acuerdo a estas consideraciones, ambas normativas recogen la relevancia de asegurar que los niños cuenten con un periodo de intervención previo al diagnóstico y que además cuenten con evaluaciones que monitoreen el desempeño a partir de las medidas estratégicas definidas. Sin embargo, los documentos nacionales carecen de los procedimientos y/o seguimiento necesario para dar cumplimiento a ello. Este escenario no es nuevo, ya que según

Bermeosolo (2005) existen deficiencias en los procesos de enseñanza-aprendizaje principalmente en estudiantes en riesgo de presentar DEA.

El ministerio de educación pone a disposición de los establecimientos educacionales diversas orientaciones técnicas para programas de integración escolar (PIE) dirigido a sostenedores, directores y profesionales del área. Específicamente el año 2013 entrega una actualización de estas orientaciones en las que define criterios de detección y evaluación de Necesidades Educativas Especiales (NEE), donde propone un recorrido de identificación que comienza con la evaluación general del curso, continúa con medidas de acción a partir de los resultados de la evaluación inicial y finaliza con la evaluación desde el marco de la normativa del DS N° 170/09 (Mineduc, 2013). No obstante, y a pesar de los esfuerzos de clarificar el proceso de identificación, presenta ambigüedades que no permiten definir líneas de trabajo en base a un modelo que regule la prevención de las DEA, defina iniciativas asociadas y/o medidas para cumplir con los requisitos de la normativa. Uno de los principales obstáculos que se presenta corresponde a la medición de áreas que resulten deficitarias e indiquen los estudiantes que requieren intervención previa, la ley no regula los instrumentos adecuados para evaluar las DEA, a diferencia de los trastornos del lenguaje donde se explicita claramente los instrumentos de medición que se deben aplicar a los estudiantes. Específicamente en el área de las alteraciones de las matemáticas, Chile presenta “escasez de estudios de amplia cobertura y escasez de instrumentos de evaluación de conocimientos matemáticos tempranos” (Cerdea et al., 2012, p. 236) que permitan evaluar el progreso mediante medidas dinámicas y que a la vez definan los criterios o aspectos específicos sobre los que se orienten la intervención temprana como medida preventiva. Una de las excepciones corresponde a la adaptación y validación de la versión española del Test de Evaluación Matemática Temprana de Utrecht en Chile para una población de 1436 estudiantes de primer nivel de transición a segundo año básico realizada por Cerde et al. (2012), sin embargo, las actualizaciones de la normativa no recogen esta iniciativa ni sus resultados. En consecuencia, se obtiene una atención tardía de espera al fracaso, un desfase en el curriculum evidente, necesidades educativas posteriores

persistentes a las medidas pedagógicas como lo plantea Blanco (2009) y un vacío de conocimiento referente a las diferencias de desarrollo en las habilidades de los sujetos de un curso inicial.

Por otro lado, las normativas y literatura especializada exponen la necesidad de evaluar predictores de un adecuado desempeño aritmético, producto de un cierto consenso respecto a la presencia de habilidades básicas de representación numérica simbólica y no simbólica que se encuentran a la base del aprendizaje de la aritmética (e.g. Desoete, Stock, Schepens, Baeyens, y Roeyers, 2009; Jordan, Kaplan, Locuniak, y Ramineni, 2007). Por ello, las tareas que miden el sentido numérico entendido como “la capacidad para representar y manipular magnitudes numéricas no verbales en una línea numérica interna” (Von Aster y Shalev, 2007, p.1) podrían dar cuenta de un déficit más o menos específico en los estudiantes que presentan DAM. No obstante, hay inconsistencias al respecto, los avances del área aún no permiten obtener criterios diagnósticos que permitan aplicar definiciones operativas compartidas a nivel internacional. De hecho no hay acuerdo respecto a la definición de áreas de desempeño que puedan predecir un buen rendimiento posterior, dado que existen otras hipótesis que vinculan las DAM a múltiples déficits cognitivos como déficits en la memoria de trabajo, velocidad de procesamiento o las habilidades de procesamiento fonológico.

Por otra parte, aún existe discusión respecto a la terminología utilizada. En términos generales las DAM se conceptualiza como un trastorno heterogéneo de origen multifactorial, que se evidencia clínicamente como un grave déficit en las habilidades numéricas y aritméticas básicas, con un alto grado de comorbilidad y una prevalencia de un 5% aproximado en niños en edad escolar (Balbi y Dansilio, 2010; Butterworth et al., 2011; Kaufmann y Von Aster, 2012; Von Aster y Shalev, 2007). Sin embargo, se encuentran diversidad de estudios que abordan las DAM como dificultades de aprendizaje más generales mientras otros son más rigurosos en la detección de estudiantes. En cualquier caso, existe la necesidad de focalizar la atención en los componentes asociados a las DAM a fin de que el diagnóstico cumpla con el carácter preventivo y orientador que se requiere. Por

ello, actualmente la investigación internacional en el área ha centrado su interés en la identificación de predictores, identificación temprana y prevención de las dificultades. En síntesis, el estudio temprano del desarrollo típico y atípico de las habilidades numéricas podría entregar nuevos aportes a la investigación del área (Rubinsten, 2015).

1.3 Principales interrogantes de investigación

De acuerdo a los antecedentes descritos, surgen las siguientes interrogantes de investigación:

1. ¿Cuál es el nivel de desempeño de los estudiantes chilenos de primer año básico en las tareas que miden sentido numérico?
2. ¿Existen diferencias en la evolución de las habilidades que miden sentido numérico en niños chilenos en riesgo de presentar DAM y niños con rendimiento promedio?
3. ¿Las diferencias en el desarrollo de las habilidades matemáticas que miden el sentido numérico están mejor explicadas por el déficit en ciertas habilidades cognitivas?

1.4 Objetivos

Atendiendo al problema y las interrogantes se plantean los siguientes objetivos de investigación:

1.4.1 Objetivo General

- Investigar la relación entre el desarrollo de las habilidades numéricas y el rendimiento en procesos cognitivos en estudiantes que cursan primer año básico.

1.4.2 Objetivos Específicos

- Estudiar la evolución del nivel de desempeño de las habilidades numéricas de estudiantes chilenos que cursan primer año básico en tres momentos del período escolar.
- Analizar las diferencias en el desarrollo de habilidades numéricas entre estudiantes chilenos en riesgo de presentar DAM y niños con rendimiento promedio que cursan primer año básico.
- Analizar la influencia de las habilidades cognitivas en el rendimiento de las habilidades numéricas en estudiantes chilenos que cursan primer año básico.

1.5 Hipótesis

H1. Los estudiantes de primer año básico muestran un incremento significativo de las habilidades numéricas medidas a lo largo del periodo estudiado.

H2. Existen diferencias significativas entre los niños en riesgo de presentar DAM y rendimiento promedio en matemática en cada una de las medidas del sentido numérico y los momentos estudiados (inicio, medio y final del curso).

H3. Existe una correlación positiva entre procesos cognitivos y habilidades numéricas en los estudiantes que cursan primer año básico en riesgo de presentar DAM y con un rendimiento promedio.

CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO

2.1 Desarrollo de la cognición numérica

El estudio de la cognición numérica ha estado en desventaja sobre la cognición en general o cognición lectora. Concretamente, la investigación se ha abordado desde diversas disciplinas y campos del conocimiento con un énfasis en la memoria, atención, lenguaje, entre otros. Lamentablemente esta situación se debe en parte, a la concepción de que el conocimiento matemático básico se encuentra biológicamente determinado (Jacubovich, 2006), y por tanto se espera que las dificultades se presenten en conocimientos más avanzados y profundos. Asociado a esto, la concepción piagetana al considerar que las capacidades cuantitativas de los niños antes de los seis años son muy básicas, ha relegado la investigación por otras áreas de desempeño cognitivo (Geary, 1994). Por otra parte, la visión de la alfabetización como una habilidad que permite desenvolverse adecuadamente en la vida y las características asociadas a la cantidad de aprendizajes que surgen posteriores a ella como el vocabulario, gramática, ortografía y comprensión, han resultado de gran interés para el mundo científico. A diferencia de las matemáticas, donde cada aprendizaje constituye una categoría conceptual distinta como la geometría y el cálculo, aun cuando ambos requieren de la aritmética como base conceptual. Por tanto, se podría pensar que la lectura permite aprender más, como una disciplina integral que se considera un todo, mientras que las matemáticas corresponden a dominios más bien específicos, lo que puede generar que la investigación del área sea más heterogénea.

Lo anterior, también se ve reflejado en la investigación y desarrollo del conocimiento de los trastornos de las matemáticas. De acuerdo a una revisión de artículos en PsychInfo se han incrementado los estudios vinculados con la discalculia y su tratamiento, pero aún es insuficiente en comparación con la cantidad de artículos publicados sobre dislexia (Kaufmann et al., 2013), a pesar de las evidencias sobre la importancia de la cognición numérica y el estudio de la discalculia para “la gestión de la salud, la educación, la vida cotidiana y el empleo” (Rubinsten y Henik, 2009, p.1). Al respecto, Baroody (2005) plantea que

“El conocimiento de las matemáticas básicas es un instrumento indispensable en nuestra sociedad. Contar objetos, leer y escribir números,

realizar cálculos aritméticos y razonar con números son aspectos de muchas de las tareas más sencillas con que se enfrentan cada día las personas adultas” (p. 13).

En este sentido, las matemáticas actualmente son consideradas un elemento importante para el desarrollo y comprensión de otras áreas de desempeño para el mundo de hoy, como las ciencias, finanzas y computación (Lembke, Hampton y Beyers, 2012). Además, en las últimas décadas se han producido avances y un incremento de las investigaciones en el área otorgando mayor conocimiento sobre las habilidades numéricas y distintos sustratos neurales involucrados en el procesamiento numérico (Rubinsten, 2015), siendo abordado el estudio de la representación numérica como el foco de la investigación desde múltiples paradigmas (Landerl y Kölle, 2009). Las principales evidencias de ello, corresponden a los modelos de procesamiento numérico que han analizado el desarrollo de la cognición numérica desde la normalidad a fin de otorgar direcciones y delimitaciones para entender los trastornos numéricos.

2.1.1 Modelos de procesamiento numérico

El modelo teórico y cognitivo sobre la cognición numérica propuesto por McCloskey, Caramazza y Basili (1985) entrega consideraciones relevantes para explicar la representación numérica desde un modelo multi-ruta. Este modelo intenta explicar las alteraciones que presentaban los pacientes acalcúlicos, por medio de una propuesta teórica que expone el funcionamiento normal de la cognición numérica. Por ello, más tarde investigadores como Macaruso, Harley y McCloskey (1992), Temple (1997) y Macaruso y Sokol (1998) han utilizado el modelo para estudiar trastornos numéricos. La propuesta teórica que se planteaba se corroboró con dos pacientes con lesiones cerebrales. Uno de ellos presentaba una alteración específica en la conversión arábigo al nombre oral, es decir, sustituía los nombres de los números, pero contaba con la competencia para reconocer dígitos y sus respectivas cantidades. El segundo paciente en cambio, comprendía los números y resolvía cálculos, pero manifestaba un daño específico

en la recuperación de las tablas de multiplicar, lo que generaba problemas en la resolución de operaciones que las involucraban (Jacubovich, 2006).

Específicamente el modelo propone que los estímulos son captados por distintas vías y llevados a una representación abstracta para ser procesados y posteriormente producir una respuesta ya sea verbal o aritmética (ver figura 1). En él se incluyen dos componentes, un sistema para procesar los números y otro para el cálculo, cada uno de ellos divididos en subsistemas. El primer componente, el mecanismo para procesar los números, presenta dos subsistemas, el de comprensión donde se “convierte las entradas numéricas en representaciones semánticas centrales para poder ser usadas en un procesamiento posterior” (Blanco, 2009, p. 93) y el subsistema de producción del número. Tanto la comprensión como producción del número se subdividen en el procesamiento del código verbal y el código arábigo. Para el código verbal se consideran sus dimensiones oral y escrita para el procesamiento léxico, pero sin distinción en el mecanismo de sintáxis, ya que considera que es el mismo. Por su parte, el código arábigo se divide en sus dimensiones léxica (número) y sintáctica (línea numérica). Es decir, la comprensión del número requiere de un procesamiento léxico para acceder al significado y el procesamiento sintáctico para comprender las relaciones entre los dígitos a partir de su posición.

El segundo componente, el sistema de cálculo se divide en tres mecanismos tanto para el cálculo mental como para el cálculo escrito. El primer mecanismo incluye la comprensión de los signos de las operaciones y las palabras que involucran, el siguiente considera los procedimientos de las operaciones y el último el recuerdo de hechos numéricos. Todas estas funciones se realizarían por medio de una representación abstracta de las cantidades sin importar el código en que se presenten los estímulos (López, 2009). En definitiva, para McCloskey y sus colaboradores la representación semántica tiene un papel central en el procesamiento aritmético en que “las distintas formas superficiales del número (dígitos o numeral) son traducidas internamente o se derivan de un código abstracto simple modularmente independiente. Este código sustenta las tareas numéricas y permite la traducción de un código a otro” (Blanco, 2009, p. 95).

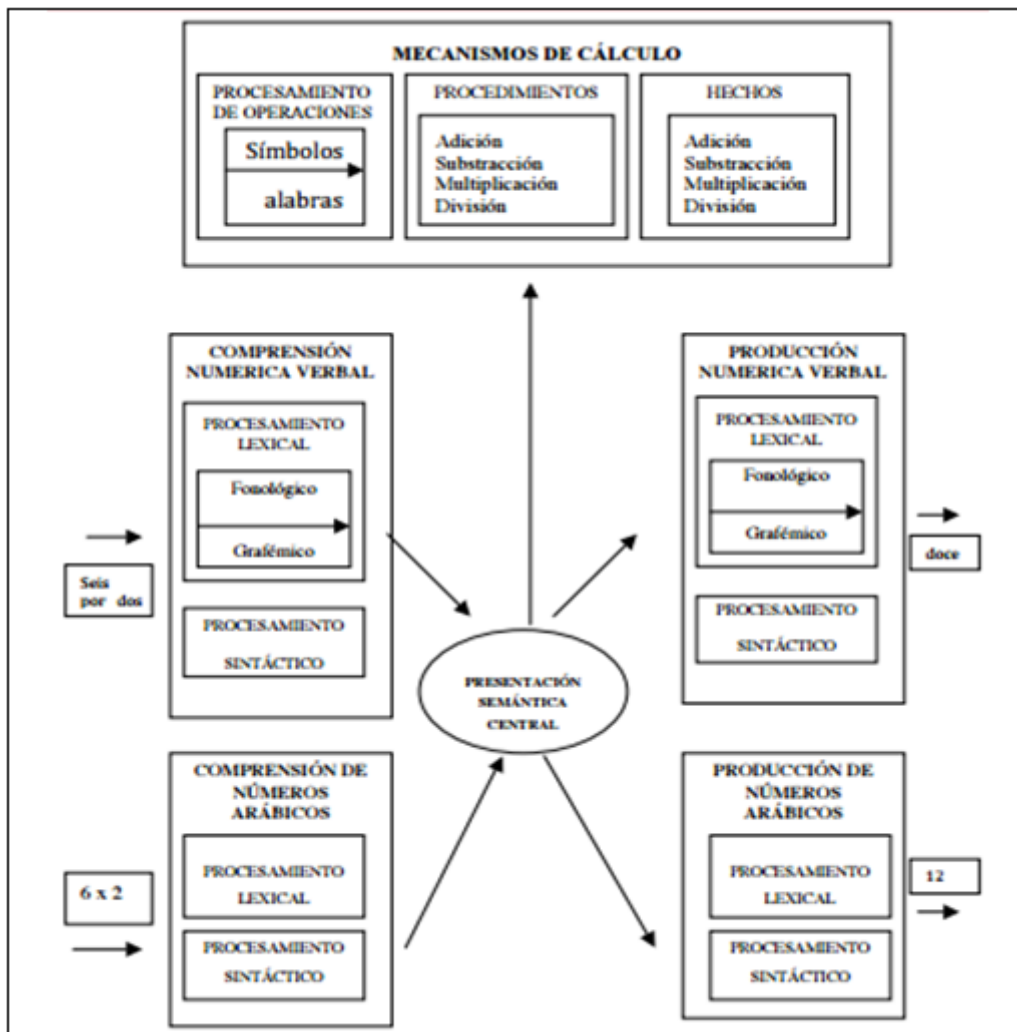


Figura 1. Modelo de Procesamiento Numérico de McCloskey, Caramazza y Basili (1985). Extraído de Blanco, 2009, p. 94

Por otra parte, se considera también uno de los exponentes más importantes en la cognición numérica un modelo más actual con validación empírica que vincula el procesamiento numérico y el funcionamiento cerebral. El Modelo Triple código propuesto por Dehaene y Cohen (1995) comenzó como un modelo cognitivo con tres formatos de representación numérica al que posteriormente se le incorporaron sus respectivos sustratos cerebrales (Jacubovich, 2006). La principal hipótesis de este modelo corresponde a la existencia de una red neuronal específica de la cognición numérica, en que se cree

que el cerebro está genéticamente determinado para procesar numerosidades. Esta determinación se conceptualiza como sentido numérico y se sustenta en los antecedentes entregados por Dehaene (1992) frente a la sensibilidad de los animales a efectos de distancia y magnitud numérica, como las experiencias con lactantes y adultos no alfabetizados quienes demuestran facultades numéricas innatas (Wynn, 1998; Xu & Spelke, 2000) que sugieren la existencia de un sustrato biológico como precursor de las habilidades numéricas.

Desde esta lógica, algunas habilidades numéricas tempranas como la comparación, estimación y conteo se desarrollarían en los niños sin contar con la educación e instrucción directa (Dehaene, 1998). A partir de la observación de pacientes lesionados y sus respectivas activaciones cerebrales en exposición a tareas matemáticas se evidencia que la región del surco intraparietal está vinculada específicamente con la representación de cantidades (Dehaene, 2001). Sin embargo, también se entregan datos empíricos respecto a otras zonas involucradas en el procesamiento numérico y aritmético (revisar Dehaene y Cohen, 1997).

Este modelo funcional propone tres hipótesis de desarrollo. Por una parte, plantea que existen tres formatos de representación numérica: representación analógica de las cantidades, representación en formato verbal y representación en formato arábigo de los números. Específicamente en la representación analógica, los números son representados en una línea numérica como en un mapa espacial, donde las áreas parietales inferiores son activadas. Las representaciones numéricas se organizan desde las más pequeñas a las más grandes con una función logarítmica (Brysbaet, 2005), por ello, las tareas que implican comparar magnitudes no dependerían del formato de entrada ni salida de los números, sino que dependerán principalmente de la magnitud y distancia de estos (Jacuvovich, 2006). Este formato es el responsable de otorgar información semántica a los números, lo que se asocia a modelos de lectura, en el que se pueden leer símbolos sin otorgar significado. Por otra parte, el formato verbal representa los números como una cadena de palabras ordenadas sintácticamente (Dehaene y Cohen, 1995), activándose la región perisilviana del hemisferio izquierdo. Es importante considerar que este proceso tiene implicaciones en otras áreas involucradas como

el lenguaje. Finalmente, el formato arábigo, en el cual los números se representan con dígitos y su respectiva activación cerebral corresponde a las áreas occipito-temporal inferior o circunvolución fusiforme.

Una segunda hipótesis de este modelo corresponde a la trascodificación de estos formatos, es decir que la información numérica pueda traducirse desde un código a otro dependiendo de las tareas matemáticas a las que se enfrente. Si se realizan cálculos aritméticos se utiliza el código visual y si se requieren las tablas de multiplicar corresponde el verbal auditivo (Grabulosa, 2002). En el caso de la trascodificación entre el formato analógico y los otros dos códigos, la determinación de cantidades resulta aproximada, porque para establecer una determinación exacta se necesita contar. Mientras que la trascodificación visual-verbal implica procesos sintácticos y de recuerdo lexical más complejos (Dehaene, 1992). El respaldo empírico a esta hipótesis corresponde al estudio de sujetos que presentan dificultades para leer números arábigos, pero conservan la representación semántica de estos (Jacuvovich, 2006).

La última y tercera hipótesis es contraria a lo propuesto por McCloskey, dado que plantea que los procedimientos numéricos tienen un recorrido específico de códigos de entrada y salida (Dehaene y Cohen, 1995). Por tanto, en el caso de la multiplicación y las tablas de multiplicar existe una memorización de asociaciones verbales entre números, para las tareas de comparación de magnitudes se codifican los números en la línea numérica, y para las operaciones se resuelven mentalmente por medio del código arábigo visual.

2.1.2 Aportes desde la neuroimagen

Más recientemente, los avances de la neuroimagen constituyen evidencias para el ámbito de la psicología cognitiva respecto a la existencia de una red neuronal especializada en el desarrollo de las habilidades numéricas y aritméticas en adultos (Kaufmann y Von Aster, 2012). La perspectiva neuropsicológica sostiene que a la base de las dificultades existe un déficit o disfunción más o

menos constatable a nivel neurológico, producto de las alteraciones en áreas cerebrales específicas y/o disfunciones en el procesamiento funcional que pueden presentar las personas para interpretar los códigos, representar los números y transcodificarlos (Jacubovich, 2006).

La investigación de las estructuras anatómicas y funcionales del cerebro mientras se expone a tareas cognitivas de carácter numérico, ha resultado relevante para identificar zonas corticales involucradas en la manipulación numérica y además para identificar variables involucradas en el desempeño como la edad, sexo y nivel sociocultural (Dowker, 2006). En concreto, las principales áreas citadas en la literatura científica que participan en el procesamiento numérico comprenden las áreas parietales, frontales y cinguladas (Butterworth, 2005). Las áreas parietales son referidas a las funciones numéricas, mientras que las áreas frontales han sido nominadas en su importancia para las funciones ejecutivas de atención y memoria de trabajo durante la realización de actividades numéricas (Von Aster y Shalev, 2007). La activación neuronal difiere en función de la edad, los niños activan mayoritariamente las áreas frontales y menos el surco intraparietal, lo que varía con la edad y experiencia (Ansari, Garcia, Lucas, Hamon y Dhital, 2005). Esta situación se fundamenta en la concepción de que el procesamiento numérico depende de diversos dominios cerebrales específicos y constituye un proceso neuroplástico (Kaufmann y Von Aster, 2012). Específicamente, el surco intraparietal es un área que se activa en tareas aritméticas tanto en adultos como en niños, en estos últimos incluso antes de que participen en la escuela formal (Cantlon, Brannon, Carter y Pelphrey, 2006), por tanto se ha indicado como el equivalente biológico de la capacidad numérica y encargado de la línea numérica mental (Von Aster y Shalev, 2007).

Otro de los hallazgos que aporta la neuroimagen respecto al desarrollo y aprendizaje de la aritmética corresponde a que la estructuración neuronal de este atraviesa por diversas subredes sin ser un proceso estático. Es decir, para el uso de aprendizajes adquiridos previamente o para la incorporación nueva de estos, la participación de las áreas cerebrales es variada. Los resultados de Ischebeck, Zamarian, Schocke y Delazer (2009) indican que para el aprendizaje específico de hechos aritméticos participan las áreas frontales y surco intraparietal, mientras que

en el uso de estos datos numéricos anteriormente aprendidos participa la circunvolución angular izquierda.

En definitiva, según Butterworth, Varma y Laurillard (2011) para el correcto funcionamiento de la aritmética existen relaciones entre componentes biológicos, cognitivos, conductuales y factores ambientales, concretamente factores educativos. Para entender adecuadamente el funcionamiento proponen un modelo explicativo de posibles interrelaciones entre estos componentes (figura 2), los que posibilitan un desarrollo normal de la aritmética o en su defecto la presencia de algunas alteraciones.

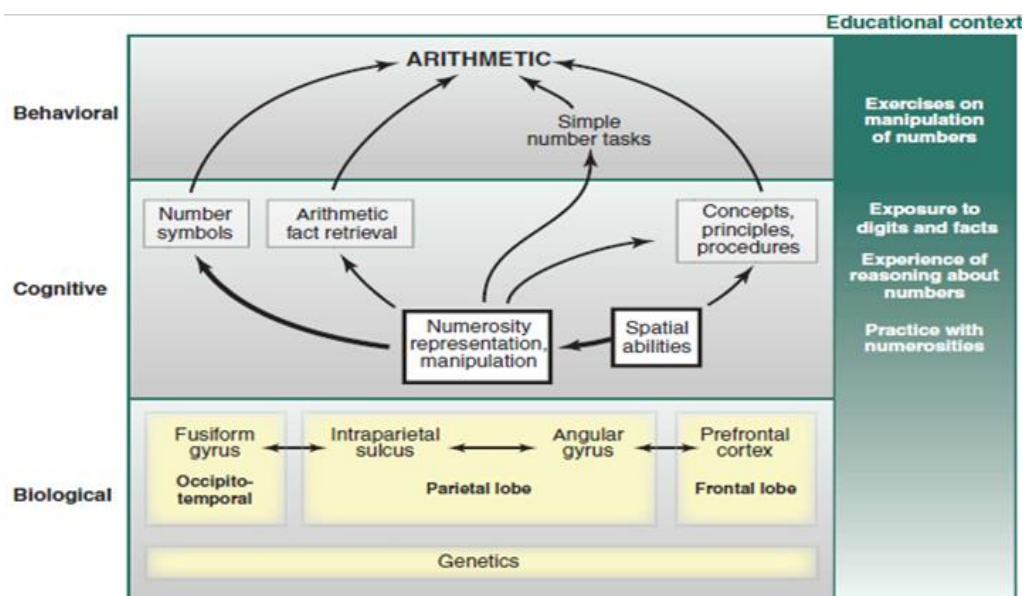


Figura 2. Modelo causal de posibles interrelaciones entre factores biológicos, cognitivos, conductuales y contexto educativo (Butterworth et al., 2011, p. 1050).

Las áreas nominadas como responsables del procesamiento numérico, las que han sido citadas anteriormente, corresponden a la corteza occipitotemporal, parietal y frontal, y sus respectivas subredes giro fusiforme, surco intraparietal, giro angular y área prefrontal respectivamente. Cada una de ellas requiere desarrollarse y vincularse normalmente para que el procesamiento siga un adecuado camino funcional. Concretamente, un desarrollo anormal en las áreas parietales generará un déficit en el siguiente nivel cognitivo de

representación y manipulación de numerosidades, el que a su vez generará dificultades en otros mecanismos cognitivos como la recuperación de hechos aritméticos o el aprendizaje de conceptos, principios y procedimientos. Esto evidenciará anormalidades conductuales en tareas numéricas simples y en aritmética. Por otro lado, un adecuado vínculo entre la corteza occipitotemporal y parietal se necesita para otorgar a las numerosidades su respectiva simbología, ya sea arábica o verbal. Mientras que la corteza prefrontal está implicada en la recuperación de hechos aritméticos y los procedimientos algorítmicos. Finalmente, los factores educativos que tendrán implicancia para este modelo son los centrados en la manipulación de numerosidades.

2.1.3 Constructo sentido numérico y modelo de cuatro pasos

Actualmente existe consenso respecto a un constructo numérico relacionado con la representación y manipulación del número, el que es definido por diversos autores como sentido numérico o number sense (Bereiter y Scardamalia, 1981; Dehaene, 1997; Kauffmann y Von Aster, 2012; Okamoto y Case, 1996).

La primera aproximación del concepto sentido numérico fue desarrollada por Dantzig en 1954, quien planteaba que los seres humanos cuentan con la capacidad para identificar cambios en una pequeña colección, sin tener conocimiento explícito respecto a la eliminación o incorporación de elementos en esta. Más tarde, el término sentido numérico es acuñado por Dehaene (1997, 2001), quien expone la hipótesis de que el cerebro humano cuenta con una facultad numérica genéticamente determinada para manipular cantidades numéricas de manera intuitiva. Estas aproximaciones conceptuales se encuentran en oposición a lo planteado por Piaget, quien propone que el desarrollo cognitivo consiste en un proceso individual de interiorización a partir de la acción sobre los objetos en la que se construyen esquemas mentales y estructuras operacionales cada vez más potentes. Es decir, que el cerebro humano partiendo desde cero construye su desarrollo cognitivo durante cuatro etapas cualitativamente distintas,

que representan patrones universales de desarrollo. Durante cada etapa, la mente del niño desarrolla una nueva forma de operar. Desde la lactancia hasta la adolescencia, las operaciones mentales evolucionan desde un aprendizaje que se basa en la actividad sensorial y motora hasta el pensamiento lógico- abstracto, lo que implica que el concepto de número no se desarrolla antes de los cinco años de edad.

Sin embargo, Dehaene (2001, 2003) otorga gran evidencia empírica apoyada en la neurociencia sobre la existencia de una competencia biológica específica para representar y manipular cantidades, a pesar de no contar con una instrucción formal. Entre ellas destacan los experimentos realizados a animales los cuales evidencian competencias aritméticas y fenómenos numéricos compartidos con los seres humanos, las habilidades numéricas tempranas encontradas en los recién nacidos y la existencia de un sustrato cerebral específicamente dedicado a tareas numéricas. Estos experimentos dan sustento a la fundamentación de que las representaciones matemáticas del número a nivel cerebral, son resultado de un proceso de evolución adaptativa de los seres humanos presente en todas las culturas. Por ello, al igual que la percepción de los colores, nuestro cerebro por medio de conexiones específicas del lóbulo parietal inferior nos presenta el mundo y sus representaciones numéricas sin implicar un gran esfuerzo (Dehaene, 2003).

Específicamente los descubrimientos realizados a partir de las experiencias con infantes dan cuenta de un cierto desarrollo evolutivo del sentido numérico, donde los recién nacidos logran en primera instancia distinguir entre dos y tres objetos y sonidos. Posteriormente, a los seis meses logran combinar objetos y sonidos en operaciones básicas de sumas y restas. En tercer lugar, son capaces de distinguir el conjunto mayor de elementos aproximadamente a los quince meses (Dehaene, 1997). Estas destrezas son el inicio y la base para posteriormente adquirir conocimientos aritméticos elementales. Según Dehaene (1997), las habilidades matemáticas se desarrollan a partir del módulo analógico, considerado el más elemental y responsable de establecer comparaciones aproximadas entre números por medio de una línea numérica interna. En este sentido, se plantea una evolución de las habilidades numéricas hacia un desarrollo más complejo de la

aritmética, es decir, al nacer los niños manifiestan una capacidad no simbólica y con la maduración el sentido numérico se especializa y comienza a transformarse en una categoría simbólica (Castro, Estévez y Reigosa, 2009).

Al respecto de la definición del constructo, se encuentran diversas conceptualizaciones entre la literatura, a pesar de que son múltiples las investigaciones que abordan la matemática temprana desde esta delimitación conceptual (e.g. Clarke y Shinn, 2004; Jordan, Kaplan, Olah y Locuniak, 2006; Mazzocco y Thompson, 2005). Una de las definiciones corresponde a la capacidad para representar cantidades continuas sin necesidad de utilizar números arábigos, constituyendo un aporte en la representación y procesamiento de las magnitudes numéricas (Butterworth, 1999; Dehaene, 1997). De acuerdo a la revisión de diversos artículos que exponen características y definiciones del sentido numérico realizada por Gersten, Jordan y Flojo (2005), este se entiende como “una toma de conciencia, intuición, reconocimiento, conocimiento, destreza, habilidad, deseo, tacto, expectativa, proceso, estructura conceptual, o una línea numérica mental” (p. 333).

La manifestación de un buen sentido numérico puede evidenciarse en tareas numéricas simples como en tareas aritméticas más avanzadas. Aguilar et al. (2006) expone algunas habilidades matemáticas en un nivel más complejo, específicamente en conocimientos aplicados a la multiplicación, por ejemplo “recordar y conocer que cuando un número se multiplica por 5 acabará en 0, o en 5; que al multiplicar 6×8 , el resultado tiene que ser más que 6×6 , o que 7×9 tiene que ser menos que 70 (que es 7×10)...” (p. 59). En definitiva, contar con un sentido numérico posibilita

...adquirir y entender el significado de los números y desarrollar estrategias para resolver problemas complejos; hacer una comparación simple de magnitudes e inventar procedimientos para resolver operaciones aritméticas; y reconocer errores numéricos y usar métodos para comunicar, procesar e interpretar información (Aguilar et al., 2006, p. 60).

En cambio, el déficit del sentido numérico en estudiantes que presentan DAM según Butterworth (2002, 2005, 2010), implica manifestar dificultades en

tareas que requieren la comprensión de la magnitud de los números tales como; comparar números de un dígito, uso de estrategias insuficientes para realizar cálculos mentales, identificar cantidades por medio de la vista sin contar. Otras alteraciones que se presentan producto de un déficit en el sentido numérico corresponden a dificultades para contar hacia atrás, determinar si un resultado numérico es razonable, entre otras (Williams, 2012). Por ello, para Gersten y Chard (1999) el sentido numérico tiene gran implicancia en la identificación temprana de la DAM y su tratamiento. A partir de la vinculación del sentido numérico como una explicación de las posibles dificultades de las matemáticas, se sugiere una posible analogía con la conciencia fonológica, la cual es considerada como base para el aprendizaje de la lectura (Aguilar et al., 2006).

Por su parte, Von Aster y Shalev (2007) destacan el módulo central del sentido del número como un responsable de las alteraciones en matemáticas a partir de un modelo de cuatro pasos por los que atraviesa el desarrollo de la representación numérica, incorporando la relevancia que posee el lenguaje y la memoria de trabajo dentro de su desarrollo (Roselli y Matute, 2011). La primera fase del modelo de cuatro pasos (figura 3) se sustenta en estudios que comprueban la sensibilidad innata del ser humano hacia las cantidades (e.g. Brannon, 2002; Bermejo, 1994) evidenciando las habilidades tempranas que presentan los bebés para identificar diferencias entre cantidades y comprender relaciones ordinales. Al respecto, resulta interesante los resultados de Wynn (1998), quien en sus experimentos sobre el razonamiento cuantitativo en bebés plantea que a los 4 meses aproximadamente estos infantes logran reconocer diferencias entre las cantidades presentadas por medio de elementos concretos.

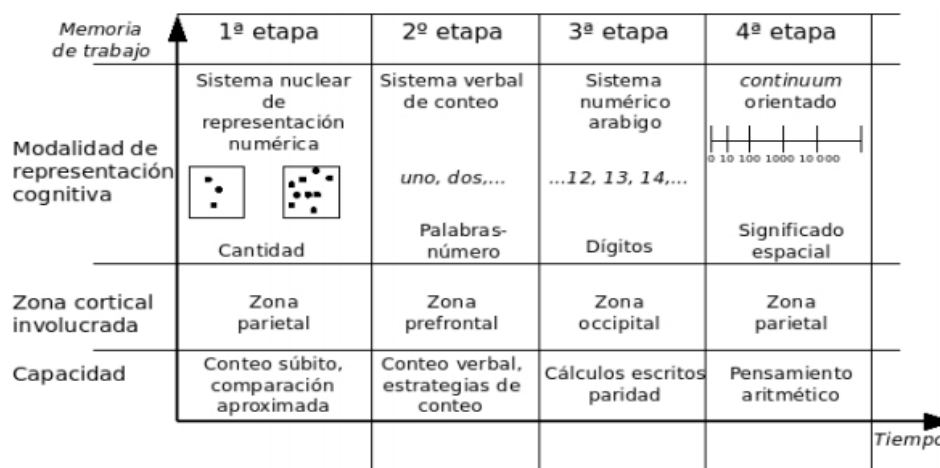


Figura 3. Modelo de cuatro pasos de Von Aster y Shalev (2007).

La segunda fase comienza con la aparición del lenguaje, los niños son capaces de convertir los símbolos numéricos a símbolos lingüísticos por medio del conteo en voz alta y la manipulación verbal de cantidades. A continuación, se espera que durante edades previas a la escolarización formal los niños desarrollen destrezas numéricas básicas como el conteo verbal, estrategias de conteo, reconozcan rápidamente cantidades pequeñas, comparen magnitudes e identifiquen el código arábigo, el cual comienza a aportar en economía, dada la simbología que simplifica las cantidades. En la etapa escolar, el desarrollo oral y escrito paralelamente al dominio de la línea numérica mental, permite que puedan operar con símbolos numéricos, lo que resulta fundamental para el pensamiento aritmético y el cálculo mental. En este sentido, la línea numérica mental permite realizar cálculos en niveles más amplios, dado que extiende el rango por la representación semántica de los números (Kaufmann y Von Aster, 2012).

2.2 Dificultad del aprendizaje de las matemáticas (DAM)

2.2.1 Definición y etiología

Uno de los principales desafíos en el estudio de las alteraciones de las matemáticas se ha centrado en unificar la terminología utilizada. Estudios e investigaciones empíricas, normativas educativas e informes de diferentes gobiernos a nivel internacional manifiestan inconsistencias en la conceptualización y distinción entre Discalculia del desarrollo (DD) y DAM. Autores de diversos contextos internacionales como Kaufmann et al. (2013), Michael McCloskey, Caramazza, y Basili (1985), Rubinsten y Henik (2009), Wilson y Dehaene (2007), entre otros han empleado el término DD mientras que Gross-Tsur, Manor, y Shalev (1996), Butterworth (2010), Geary y Hoard (2005) han utilizado el concepto de Math learning disabilities (MLD) o discapacidad del aprendizaje de las matemáticas. De acuerdo a la revisión de la literatura desde diversas disciplinas realizada por Kauffman y Von Aster (2012), se plantea que el concepto de DD se asocia a desórdenes y/o trastornos y se utiliza principalmente en estudios neuropsicológicos, mientras que el concepto dificultades y/o discapacidad de las matemáticas es más utilizado por profesionales de la educación. No obstante, en este mismo artículo se presenta una diferenciación diagnóstica entre DD, DAM y discalculia con desórdenes comórbiles, en las que se evidencian perfiles de rendimiento marcadamente diferentes (ver figura 2, Kauffman y Von Aster, 2012). En concreto, esta recopilación de información resume específicamente que los estudiantes con DD presentan un déficit básico en el concepto de número y cantidad, al contrario de los niños que manifiestan DAM, quienes presentan múltiples déficits tanto numéricos/aritméticos como en funciones cognitivas. Esta distinción es ampliamente desarrollada por Rubinsten y Henik (2009), los que proponen tres marcos de las dificultades de las matemáticas en función de su etiología y perfiles cognitivos heterogéneos. En estos diferencian la DD como un trastorno puro producto de alteraciones específicas del procesamiento numérico básico y las DAM como resultado de déficit cognitivos no específicos del procesamiento numérico, incorporando un tercer marco

vinculado a la comorbilidad con otros trastornos del aprendizaje como dislexia o déficit atencional. De igual forma, Kosci en el año 1970 (citado en Price y Ansari, 2013) exponía que la discalculia corresponde a un “Trastorno estructural de las habilidades matemáticas..., sin un trastorno simultáneo de las funciones mentales generales” (p. 2-3).

Por otra parte, autores como Mazzocco y Rasanen (2013) se refieren a DD y DAM como sinónimos, a pesar de que reconocen la distinción de ambas conceptualizaciones, explicitando que las DAM corresponden a la generalidad de estudiantes con dificultades en matemática, de los cuales no todos presentan un deterioro grave como en la DD. Al respecto, Williams (2012) expone que “a pesar de las diferentes nomenclaturas utilizadas, una discapacidad severa en el aprendizaje de la aritmética es común a todas las definiciones” (p.2).

En el marco de las taxonomías utilizadas por la Asociación Americana de Psiquiatría, se presenta una variación desde DSM- IV- TR en la nominación de “Trastornos del cálculo” (APA, 1994) a la actual clasificación de “trastorno específico del aprendizaje con dificultad matemática” propuesta en DSM-V (American Psychiatric Association, 2013), en la que se plantea utilizar el término discalculia como una opción para referirse a dificultades en el área, exponiendo la siguiente definición

Discalculia es un término alternativo utilizado para referirse a un patrón de dificultades que se caracteriza por problemas de procesamiento de la información numérica, aprendizaje de operaciones aritméticas y cálculo correcto o fluido. Si se utiliza discalculia para especificar este patrón particular de dificultades matemáticas, también es importante especificar cualquier dificultad adicional presente, como dificultades del razonamiento matemático o del razonamiento correcto de las palabras. (p. 67)

En esta definición se reconocen las evidencias actuales referidas a las distintas manifestaciones de las dificultades matemáticas y los diversos factores involucrados, planteando un diagnóstico que aborde diferentes áreas del aprendizaje (Kauffman et al., 2013). En consecuencia, se reconoce la heterogeneidad del cuadro y su posible comorbilidad, pero no se presenta la

diferencia entre la conceptualización de DD primaria y secundaria como se expone en variados artículos (e.g. Kauffman et al., 2013, Price y Ansari, 2013; Rubinsten y Henik, 2009).

En lo concerniente al contexto nacional, la delimitación actual de la normativa vigente en Chile ha considerado en el Decreto Supremo N° 170/2009 el concepto de dificultad específica de las matemáticas, sin abordar la presencia de trastornos comórbiles bajo la siguiente definición

Dificultad específica de las matemáticas: aquella que no se explica por una capacidad intelectual o de una escolarización inadecuada. Esta dificultad afecta al aprendizaje de los conocimientos aritméticos básicos de adición, sustracción, multiplicación y división, concepto de número o resolución de problemas prenuméricos más que a conocimientos matemáticos abstractos (p.7).

En conclusión, las taxonomías utilizadas y sus respectivos criterios de definición presentan ambigüedades de un estudio a otro al igual que en las normativas expuestas. Esta controversia pone de manifiesto el desafío que implica unificar criterios de detección y diagnóstico, evitar la fragmentación de los estudios y poder establecer comparaciones entre ellos, delimitar instrumentos y tareas específicas para su evaluación, y otros múltiples retos que requieren abordarse para avanzar en la investigación estableciendo un marco de referencia común (revisar Kauffman et al., 2013). Una de las explicaciones a estas diferencias se atribuye principalmente al debate sobre los factores que subyacen a las alteraciones funcionales y al origen de la DD (Fias, Menon, y Szucs, 2013). Al respecto, los modelos teóricos han debatido entre modelos explicativos centrados en dominios específicos de representación de cantidades (Butterworth, Varma, y Laurillard, 2011; Geary, 2013) frente a modelos de propósito general en los que la discalculia es secundaria a déficit en la memoria de trabajo, el razonamiento verbal y las habilidades visoespaciales (Geary, Hamson, y Hoard, 2000). A pesar de ello, la evidencia empírica indica que una combinación de estos factores (numéricos como cognitivos) resulta relevante y necesaria en el éxito de tareas de procesamiento numérico (e.g. Cowan y Powell, 2014; Geary, 2011).

Desde la perspectiva de los modelos centrados en dominios específicos, se plantea un factor subyacente único a la DD, basado posiblemente en los antecedentes otorgados por la neuroimagen y el carácter evolutivo de un dominio innato para el conocimiento numérico (Rubinsten, 2015). En concreto, los antecedentes que aportan evidencia a esta hipótesis corresponden a los hallazgos de subsistemas cerebrales especializados e innatos para el procesamiento numérico, en el que el surco intraparietal se ha indicado como el equivalente biológico de la capacidad numérica y encargado de la línea numérica mental (Von Aster y Shalev, 2007). De igual forma, la evidencia experimental que se observa en los bebés para reconocer pequeñas numerosidades (e.g. Wynn, 1998) y los antecedentes entregados por Dehaene (1992) frente a la sensibilidad de los animales a efectos de distancia y magnitud numérica, como las experiencias con lactantes y adultos no alfabetizados demuestran facultades numéricas innatas (Wynn, 1998; Xu y Spelke, 2000). Al respecto, Von Aster y Shalev (2007) exponen que “la discalculia es un trastorno genéticamente determinado por el sentido numérico, término que denota la capacidad para representar y manipular magnitudes numéricas no verbales en una línea numérica interna” (p.1), la que se encuentra orientada espacialmente y se desarrolla durante la escuela primaria.

Por lo anterior, múltiples investigaciones empíricas se han centrado en vincular las habilidades de representación numérica con el desempeño en matemáticas (Fias, Menon y Szucs, 2013). Bajo esta línea, se proponen algunas habilidades numéricas que podrían resultar afectadas producto de un déficit básico, tales como la comprensión de la numerosidad, incluso en tareas tan simples como la enumeración de pequeños grupos de objetos (Landerl, Bevan y Butterworth, 2004), comparar las numerosidades de dos matrices de puntos (Piazza et al., 2010), seleccionar el número mayor entre dos conjuntos (Dehaene, 1997) y estimar sin necesidad de recitar la serie numérica (Butterworth, 2005). De igual forma, Landerl (2013) expone que “el patrón general es que el sistema de representación de números y numerosidades se vuelve más preciso y más eficiente durante el desarrollo típico, mientras que este no es el caso (al menos no en la misma medida) en individuos discalcúlicos” (p.3).

A pesar de las evidencias referidas, los estudios empíricos bajo un enfoque unilateral no están ajenos a críticas. Las evidencias del carácter heterogéneo de la DD, la implicación de procesos cognitivos al momento de realizar tareas aritméticas, las que pueden participar afectando o favoreciendo el desempeño (e.g. Anobile, Cicchini y Burr, 2012) y los cuestionamientos que implican que esta visión innatista del procesamiento numérico “puede ser malinterpretado como inmune a los efectos de la intervención conductual” (Kauffman et al., 2013, p. 3) constituyen algunos de los puntos críticos que conlleva el estudio centrado en un dominio específico.

Contrario a lo anterior, los modelos de dominio general plantean que la DD se debe a la presencia de trastornos cognitivos como la memoria, la velocidad de procesamiento, razonamiento, lenguaje oral, entre otros. Estas habilidades cognitivas son consideradas dominios generales, dado que “influyen en el aprendizaje de todos los dominios del conocimiento como las matemáticas, literatura, historia y arte” (Cowan y Powell, 2014, p. 214). De acuerdo a Case et al. (1996) las diferencias que se observan en los estudiantes para adquirir y operar con los números pueden evidenciar las diferencias que presentan en las habilidades de dominio general. Un sustento de este paradigma lo constituye la variedad de perfiles de desempeño y la presencia significativa de comorbilidad que se ha documentado en el estudio de la DD, producto de un mecanismo cerebral que involucra múltiples componentes a la hora de enfrentar tareas numéricas y aritméticas (Geary, 2004), contrastando en cierta medida la concepción de un componente único en el procesamiento numérico.

Al respecto, la evidencia empírica ha vinculado la DD con el déficit en memoria de trabajo (MT) verbal y visual (e.g. Bull y Scerif, 2001; Geary, 2011; Swanson, 2011), e incluso se ha vinculado con alteraciones fonológicas (Swanson, 2001). El interés que ha despertado la relación existente entre los procesos cognitivos como la memoria en el desarrollo de las habilidades matemáticas, puede ser producto de la variedad de conceptos y procedimientos que involucra el desarrollo de tareas numéricas y principalmente aritméticas. Por ello, se piensa que tanto para tareas simples y complejas se requiere manejar

información paralelamente, procesarla y actualizarla constantemente (Raghubar, Barnes y Hecht, 2010).

No obstante, estas investigaciones experimentales presentan algunas inconsistencias, dado que los estudios que analizan esta relación han evidenciado que los constructos de MT (verbal, visual) no cuentan con la misma influencia sobre las habilidades matemáticas (Lopez, 2013). Se plantea que muchas de las tareas de memoria verbal están vinculadas a la información numérica, por tanto cuando los niños se exponen a tareas de escucha verbal sin información numérica, no se evidencian diferencias significativas entre grupos de alumnos con o sin dificultades matemáticas (Raghubar et. al., 2010). Esto es apoyado por un estudio longitudinal de Gathercole, Brown y Pickering (2003) en niños de 4 a 7 años de edad, en el cual se emplearon medidas de memoria verbal demostrando la relación con los desempeños en lectura y escritura y no así en matemáticas.

Por otro lado, dos estudios realizados en Holanda por Toll y Van Luit (2013) basados en un enfoque investigativo longitudinal de crecimiento de las habilidades, caracterizó a una muestra de niños de 4 a 5 años de edad con habilidades limitadas en la MT a fin de aplicar medidas de rendimiento aritmético temprano y comparar su desempeño con niños con MT de desarrollo típico. Además se esperaba analizar las diferencias de dominio de habilidades específicas de los estudiantes con MT limitada. Los resultados evidencian debilidades en la mayoría de los dominios aritméticos de los sujetos con memoria limitada, pero no logran establecer una relación significativa entre estas debilidades y problemas de memoria de trabajo visual o verbal.

En síntesis, la distinción de la etiología de la DAM genera perfiles distintos y puede implicar niveles de gravedad diversos (Price y Ansari, 2013). Desafortunadamente muchos estudios empíricos no consideran esta distinción lo que limita los avances en el área por cuestiones conceptuales. No obstante, según Mazzocco y Rasanen (2013) este dilema ha avanzado hacia la vinculación de ambas perspectivas, pero aún se encuentra en un conocimiento limitado. De acuerdo a los hallazgos de Cowan y Powell (2014), ambos factores contribuyen en las habilidades aritméticas de estudiantes de tercer grado. Igualmente, los

resultados de Träff, Olsson, Östergren, y Skagerlund (2016) exponen que las DAM se puede asociar a múltiples déficit no solo a un factor explicativo. Por ello, la literatura científica actualmente coincide en que el desarrollo numérico atípico presenta perfiles de desempeño heterogéneos que se diferencian principalmente en la raíz del déficit y sus características neurocognitivas (Kaufmann y Von Aster, 2012; Kaufmann et al., 2013; Price y Ansari, 2013). En líneas generales las DAM se definen como un trastorno heterogéneo de origen multifactorial, que se evidencia clínicamente como un grave déficit en las habilidades numéricas y aritméticas básicas, con un alto grado de comorbilidad y una prevalencia de un 5% aproximado en niños en edad escolar (Balbi y Dansilio, 2010; Butterworth et al., 2011; Kaufmann y Von Aster, 2012; Von Aster y Shalev, 2007).

2.2.2 Criterios diagnósticos

La investigación y el diagnóstico de los trastornos del aprendizaje se ha llevado a cabo tradicionalmente bajo una definición operativa que involucra tres criterios. Uno de ellos corresponde al criterio de especificidad, el cual implica presentar dificultades restringidas a una determinada competencia académica. Otro criterio es el de discrepancia, el cual plantea que las alteraciones que presenta un sujeto en un dominio específico no determina su potencial general de aprendizaje ni inteligencia. Finalmente, el criterio de exclusión descarta que estas dificultades sean consecuencia de otras situaciones de desventaja como el nivel sociocultural de los estudiantes (Brody y Mills, 1993). Sin embargo, estos criterios presentan variados cuestionamientos a nivel operativo. Particularmente el criterio de especificidad es cuestionado por los antecedentes entregados respecto a la alta comorbilidad de las dificultades del aprendizaje, además de las evidencias que implican que algunas áreas académicas como la lectura y las matemáticas, coinciden en ciertos factores cognitivos como la memoria y el procesamiento simbólico (Siegel, 1990). Por otra parte, hallazgos como los encontrados en el efecto Mateo (Stanovich, 1986) son consideraciones de que la definición temprana y la clarificación de los componentes asociados a las DAM, resultan

prioridad antes de que los estudiantes incrementen las necesidades y la especificación de las dificultades específicas de aprendizaje no sea aplicable en edades avanzadas, dada la transferencia emocional, motivacional y cognitiva que produce presentar dificultades en el aprendizaje en algún área específica. Respecto el criterio de discrepancia, las principales críticas están orientadas a los cuestionamientos que presentan las pruebas psicométricas para evaluar el CI en sí mismas, ya que no es nuevo el planteamiento que la mayoría de las pruebas de CI evalúan conocimientos, es decir, “miden lo que la persona ha aprendido, no la capacidad de aprendizaje” (Blanco, 2009, p. 37). Al respecto, los resultados obtenidos por Bermejo y Blanco (2009) en una investigación empírica que evaluaba la relación entre CI y dificultades en matemáticas indicaron que “la presencia de un CI alto o bajo no suponía siempre un rendimiento matemático igualmente alto o bajo en los escolares” (p. 1).

Por otra parte, las actualizaciones del DSM-V (2013) han incorporado modificaciones en la clasificación y criterios diagnósticos de los trastornos del aprendizaje a partir de los hallazgos y antecedentes científicos recientes. Estas dificultades se encontraban en el apartado “Trastornos de inicio en la infancia, la niñez o la adolescencia” de la versión anterior (DSM-IV-TR, 1994), actualmente se han clasificado dentro del apartado de trastornos del neurodesarrollo, dado el deterioro que produce en el progreso de los diversos ámbitos de la vida de un sujeto. En este se presentan cuatro criterios que deben cumplirse para definir la presencia de dificultades para luego diferenciar y especificar si se presentan en la lectura, en la expresión escrita y en las matemáticas con sus respectivas subhabilidades.

En el criterio (A) de diagnóstico, se especifican las dificultades que se pueden evidenciar en las diversas aptitudes académicas, enfatizando en que los síntomas deben persistir por más de seis meses a pesar de contar con intervenciones especializadas. En el área del aprendizaje de las matemáticas, los síntomas propuestos por la Asociación Americana de Psiquiatría (2013) son:

Dificultades para dominar el sentido numérico, los datos numéricos o el cálculo (p. ej., comprende mal los números, su magnitud y sus relaciones, cuenta con los dedos para sumar números de un solo dígito en lugar de recordar la operación matemática como hacen sus iguales, se pierde en el cálculo aritmético y puede intercambiar los procedimientos). Dificultades con el razonamiento matemático (p. ej., tiene gran dificultad para aplicar los conceptos, hechos u operaciones matemáticas para resolver problemas cuantitativos). (p.66)

Se desprende entonces que las subaptitudes en la dificultad matemática se refieren al “sentido de los números, memorización de operaciones aritméticas, cálculo correcto o fluido y razonamiento matemático correcto” (Asociación Americana de Psiquiatría, 2013, p.67).

Este criterio incorpora un nuevo requisito para la definición de DEA, concretamente se indica que los síntomas deben persistir por más de seis meses a pesar de la aplicación de intervenciones dirigidas a mejorar las necesidades detectadas, exigiendo valorar elementos y consideraciones frente a la respuesta a la intervención, un enfoque dinámico de detección que según Bermejo y Blanco (2009), previene que los niños cuenten con la atención especializada y no se retrasen en el aprendizaje. Por otra parte, este criterio permite plantearse la prevención como un foco relevante en el área, a pesar de que las DAM se diagnostiquen los primeros años de escolarización cuando comienzan los desafíos del aprendizaje formal. Por ello, la última versión del manual estadístico de trastornos mentales considera en las características asociadas al diagnóstico la existencia de precursores que se observan en edades inferiores. Uno de los problemas que se plantean frente a la matemática temprana corresponde a la comprensión de la magnitud que representa un número, consideraciones que también han sido desarrolladas en estudios empíricos de la última década (e.g. Locuniak y Jordan, 2008; Mazzocco y Thompson, 2005). En la misma línea, el modelo de cuatro pasos del desarrollo de la adquisición del número propuesto por Von Aster y Shalev (2007), plantea que existe riesgo de presentar DD debido a alteraciones que se presentan en el sistema central de magnitud (paso 1) considerada una habilidad innata y una destreza precursora del desarrollo

numérico (Butterworth, 2005; Dehaene, 1997; Duran, Hulme, Larking y Snowling, 2005).

Por otro lado, el criterio (B) plantea que el rendimiento debe estar sustancialmente por debajo de lo esperado para la edad cronológica del sujeto, lo que de acuerdo con la CIE-10 [Clasificación Internacional de Enfermedades, décima revisión (Organización Mundial de la Salud, 2007)] corresponde al criterio de dos o más desviaciones típicas por debajo de la media del curso. El requisito estricto de una discrepancia con la inteligencia que se planteaba en la versión anterior del manual de trastornos mentales (DSM IV, 1994), se reconsidera en el grado de severidad, en relación a la edad cronológica y el rendimiento académico y/o laboral de los sujetos que presenten DAM, explicitando incluso “el trastorno específico del aprendizaje puede afectar a individuos con una inteligencia dotada” (DSM-V, 2013, p. 32). Sin embargo, esta definición operativa de las DAM presenta limitaciones, ya que, el criterio de dos o más desviaciones estándar resulta “... demasiado exigente, pues de la aplicación del mismo se deduce una incidencia tan sólo del 2,28% de la población, que no coincidiría con la de la mayoría de las investigaciones” (Blanco, 2009, p.34). Al respecto, los estudios muestran diferencias frente a los criterios estadísticos de definición de las DAM, para efecto de algunas investigaciones el criterio de corte percentil 25 a 30 se utilizará para identificar sujetos en riesgo, sin embargo, otros estudios manejan percentiles 30 o 35 para definir DAM (Geary, Hamson y Hoard, 2000; Hanich, Jordan, Kaplan y Dick, 2001; Jordan, Hanich y Kaplan, 2003) a pesar de que muchos de estos sujetos pudieran resultar falsos positivos. Estos falsos positivos podrían ser evitados si se evalúan otras áreas de desempeño a fin de que se cumple el criterio de especificidad, sin embargo, la comorbilidad presenta fuertes implicaciones al respecto (Szucs y Goswami, 2013). Por otra parte, esta definición operacional es compleja llevarla a cabo dado que en primer lugar las matemáticas es una competencia que involucra diversos dominios y aún no es una competencia delimitada como la lectura. En relación a los indicadores o competencias necesarias a evaluar hay discrepancia entre un estudio y otro, además la variación entre pruebas estandarizadas puede variar considerablemente

ya que no todas evalúan las mismas competencias, lo que varía el diagnóstico (Szucs y Goswami, 2013).

Finalmente, los criterios (C) y (D) plantean la importancia de la presencia de dificultades con manifestaciones tardías y los criterios de exclusión para diagnosticar de la siguiente manera:

C. Las dificultades de aprendizaje comienzan en la edad escolar pero pueden no manifestarse totalmente hasta que las demandas de las aptitudes académicas afectadas superan las capacidades limitadas del individuo.

D. Las dificultades de aprendizaje no se explican mejor por discapacidades intelectuales, trastornos visuales o auditivos no corregidos, otros trastornos mentales o neurológicos, adversidad psicosocial, falta de dominio en el lenguaje de instrucción académica o directrices educativas inadecuadas (American Psychiatric Association, 2013, p. 38-39).

Por su parte, Chile con la puesta en marcha del Decreto Supremo N° 170/2009 fija normas para determinar los estudiantes que serán beneficiarios de las subvenciones para educación especial por concepto de dificultades del aprendizaje, trastornos del lenguaje, atención, entre otros. La iniciativa es un aporte a las políticas existentes, ya que, en el Decreto ley N° 291/1999 se establecían procedimientos de atención de las necesidades educativas no derivadas de discapacidad, pero no se definía concretamente el trastorno de aprendizaje. La delimitación actual de la normativa vigente ha considerado en el Decreto N° 170/2009 la siguiente clasificación

Dificultad específica de las matemáticas: aquella que no se explica por una capacidad intelectual o de una escolarización inadecuada. Esta dificultad afecta al aprendizaje de los conocimientos aritméticos básicos de adición, sustracción, multiplicación y división, concepto de número o resolución de problemas prenuméricos más que a conocimientos matemáticos abstractos (p.7).

Por otra parte, y en la misma lógica que los criterios diagnósticos del DSM-V (2013), el Decreto N° 170/2009 expone en el artículo N° 26 que previo a un diagnóstico integral de dificultades específicas de aprendizaje, los establecimientos educacionales requieren acreditar que se han implementado para

los estudiantes con menor rendimiento en primer y segundo año básico las siguientes medidas:

Aplicación de evaluaciones para identificar áreas deficitarias y en las que él o la estudiante presenta mayor habilidad.

Diseño e implementación, por parte del equipo docente, de estrategias de apoyo pedagógico e intervenciones individualizadas, con la asesoría de la dirección Unidad Técnico Pedagógica y profesores especialistas.

Evaluación sistemática a fin de verificar los resultados de los apoyos implementados.

Información a padres y apoderados sobre el proceso de apoyo y logros en el aprendizaje de sus hijos, hijas o pupilos, e incorporación de la familia en la planificación y seguimiento de este proceso. (Decreto Supremo N°170/2009, artículo N°26, p. 8).

Además, la normativa plantea la necesidad de aplicar instrumentos estandarizados para que los estudiantes sean incorporados en los Programas de integración escolar (PIE) y los establecimientos educacionales cuenten con la subvención escolar para otorgar los apoyos. Al igual que en los criterios diagnósticos del DSM-V, en el artículo N° 29 se señala que las dificultades que presenten los estudiantes deben ser significativamente mayores que su edad, curso y coeficiente intelectual. Es decir, deben rendir en estas evaluaciones estandarizadas por lo menos dos desviaciones estándar por debajo de lo esperado. No obstante, la normativa chilena en el área de las DEA carece de directrices prácticas que por una parte regulen los instrumentos adecuados para evaluar y que a la vez definan los criterios o áreas específicas que orientan la presencia de dificultades tempranas, además de los profesionales a cargo del proceso previo al diagnóstico de dificultades del aprendizaje. Específicamente, para el diagnóstico y prevención de las DAM, los instrumentos para medir las habilidades tempranas en Chile son escasos (Cerdeira et al., 2012). Algunos de los instrumentos que abordan el desarrollo temprano son la prueba de Precálculo que evalúa el razonamiento matemático (Milicic y Smith, 2002) y un instrumento que evalúa habilidades numéricas tempranas en niños de 4 a 7 años desarrollado por Oyarzún (2003), el cual considera habilidades específicas de dominio como el conteo, lo que constituye una mirada adicional a la tradicional evaluación piagetana. Por otra

parte, los instrumentos estandarizados más utilizados actualmente corresponden a las baterías EVALUA Y EVAMAT (García y González, 2012), las cuales principalmente están centradas en la recogida de información en el momento inicial y final de un determinado curso escolar, por lo tanto no cumplen con los criterios de evaluación sistemática propuesta por el Decreto ley N° 170/2009 en el que se propone la “Evaluación continua basada en el currículum y monitoreo constante del progreso de los aprendizajes” (p. 7). Además, no incluyen las habilidades numéricas y aritméticas específicas propuestas por las teorías que estudian el desarrollo temprano de las matemáticas. En consecuencia, se requiere de instrumentos evaluativos que incorporen tareas matemáticas acordes a las propuestas de la denominada competencia matemática temprana (van De Rijt y van Luit, 1998), a fin de identificar habilidades previas al aprendizaje formal y posterior desempeño académico de estudiantes chilenos. Adicionalmente, parece pertinente incorporar test con referencia a normas específicas y acotadas a la realidad de los estudiantes, ya sea a nivel de sala de clases, nivel regional y nacional; los cuales incorporen medidas de progreso en el tiempo y habilidades vinculadas al currículo nacional (Jiménez et al., 2009).

2.2.3 Perfil cognitivo-conductual de los niños con DAM

Los trastornos específicos del aprendizaje se categorizan dentro de los trastornos del desarrollo y están caracterizados porque “se manifiestan normalmente de manera precoz en el desarrollo, a menudo antes que el niño empiece la escuela primaria,... y concurren frecuentemente” (DSM-V, 2013, p.31). Concretamente en el aprendizaje de las matemáticas, se atraviesan varias etapas que exigen mayor competencia y conocimiento específico del área, además de procesos cognitivos que faciliten tanto la adquisición de un lenguaje especializado como la aplicación de procedimientos que requieren de una adecuada atención y memoria. El aprendizaje de la aritmética constituye un proceso gradual de aprendizaje que incluye procesos básicos que van desde contar hasta resolver problemas matemáticos diversos (Landerl y Kölle, 2009), en el que

muchos estudiantes presentan dificultades luego de que las demandas de las tareas aritméticas exceden sus competencias o estrategias compensatorias.

Las diferentes manifestaciones clínicas tienen relación con la edad y el curso en el que se encuentran los estudiantes (Shalev, 2004), en los primeros años de escolaridad los estudiantes con DAM utilizan procedimientos de conteo más laboriosos como contar ambos sumandos para encontrar la respuesta a una adición, mientras que sus compañeros utilizan estrategias más avanzadas como contar a partir del sumando mayor. Por otra parte, muchos estudiantes que cursan primero y segundo básico se enfrentan a un cambio en sus estrategias de cálculo, debido a las etapas curriculares de la aritmética que implican que en tercer año el estudiante sea capaz de recuperar hechos aritméticos que han ido memorizando en los primeros años de escolarización. Desafortunadamente los sujetos con DAM mantienen procedimientos más inmaduros de conteo con dedos, mientras que sus pares con desarrollo típico recurren a estrategias más avanzadas basadas en su memoria (Jordan y Hanich, 2003; Hanich et al. 2001). Al respecto, Kauffman y Nuerk (2005) exponen que el progreso de las habilidades aritméticas no sigue una línea definida, al contrario se presentan diferencias individuales.

Del mismo modo, la heterogeneidad de los perfiles de desempeño en sujetos con DAM evidencia manifestaciones variadas, describiéndose por ejemplo que utilizan estrategias inmaduras en relación a los niños de desarrollo típico, en tareas de conteo y recuerdo de hechos numéricos se observan mayor cantidad de errores (Jordan, Hanich y Kaplan, 2003). Respecto a las tareas aritméticas que implican dominar la línea numérica mental, representando espacialmente las magnitudes, reflejan mayores dificultades que sus pares, presentando mayores tiempos y errores en sus respuestas (Ashkenazi y Henik, 2010; Mussolin, Mejias y Noel, 2010). Además, esto generaría dificultades para adquirir conceptos numéricos (Ashkenazi y Henik, 2010). Las experiencias empíricas respecto a la presencia de déficit para desarrollar y operar con una línea numérica mental (paso 4), considerada como una capacidad fundamental para el desarrollo de la aritmética y el cálculo mental, constituyen antecedentes relevantes respecto del

desarrollo atípico de las habilidades numéricas y aritméticas en niños en edad escolar (Schweiter, Weinhold Zulauf y von Aster, 2005).

De acuerdo a Silverman (2002), los estudiantes que presentan DD requieren más tiempo para procesar cálculos, además de un bajo nivel para organizar el tiempo frente a tareas y exámenes, considerando que su velocidad de procesamiento es lento (Butterworth, 2005, 2010).

Landerl y Kölle (2009) investigaron el rendimiento en tareas típicas de procesamiento numérico en niños con un desarrollo normal y con un desarrollo pobre en matemáticas, encontrando que los niños con discalculia eran particularmente más lentos en tareas de procesamiento simbólico, otorgando validez a la hipótesis que el acceso a la representación de los números (Rousselle y Noël, 2007) puede ser uno de los principales déficit no así la representación en sí misma.

Estas dificultades en la aritmética pueden presentarse en funciones numéricas como no numéricas (Kaufmann et al., 2013). Una prueba de ello, corresponde a una investigación longitudinal prospectivo de seis años en estudiantes de quinto básico realizado por Shalev, Manor y Gross- Tsur (2005), quienes encontraron como factores asociados con la DD, la falta de atención y problemas en la escritura y un CI bajo.

Específicamente los déficits numéricos se encuentran vinculados a funciones asociadas al sentido numérico. Este déficit de dominio específico se observa en las representaciones numéricas y las destrezas aritméticas (revisar figura 1, Kaufmann et al., 2013). Las principales manifestaciones conductuales que trae consigo consisten en dificultades para comparar cantidades no simbólicas (Halberda, Wilmer, Naiman y Germine, 2012), comparar cantidades simbólicas por medio de su representación arábica y transcodificar representaciones simbólicas a palabras (Rubinsten y Henik, 2005). También se presentan dificultades para aprender los números, comprender conceptos numéricos y realizar procedimientos algorítmicos (United Kingdom Department for Education and Skills, 2001).

Asimismo, una manifestación relacionada a un déficit básico en el sistema numérico aproximado corresponde a las dificultades para representar cantidades de manera aproximada con un rendimiento inferior que el de sus pares (Skagerlund y Träff, 2014).

Por otra parte, Miller y Mercer (1997) plantean que la literatura especializada indica que los estudiantes que presentan DAM comparten déficits en algunos procesos cognitivos que tienen incidencia en la correcta ejecución de tareas matemáticas, tales como: dificultades en la atención y memoria para procesar la información numérica, es decir, problemas para seguir pasos en algoritmos y retener hechos numéricos. También se distinguen dificultades visoespaciales, dado que presentan problemas para mantener una línea recta como errores en las columnas de los números de acuerdo a su valor posicional. Dificultades emocionales como ansiedad y baja motivación escolar. Según Williams (2012) los déficits cognitivos que presentan los estudiantes con DD se relacionan con dificultades en la memoria, tanto a corto como a largo plazo, lo que se ve reflejado en el aprendizaje de las tablas de multiplicar.

2.3 Medidas dinámicas de detección en el contexto de la prevención de las dificultades del aprendizaje

El cuestionamiento actual implica reconocer que tanto las investigaciones recientes, los criterios diagnósticos de la última versión del manual estadístico de trastornos mentales DSM-5 (Asociación americana de psiquiatría, 2013) y las indicaciones del Decreto N° 170, aunque con carencias prácticas respecto de la detección y diagnóstico de las DEA, ha progresado hacia un modelo de detección temprano y dinámico, contrario al modelo de espera al fracaso con el que se ha visualizado y abordado la educación especial a lo largo de los años. En concreto, el criterio de discrepancia CI- rendimiento ha evolucionado a un modelo basado en la respuesta a la intervención (RtI) (Jiménez, et al., 2011), donde el concepto dificultades específicas de aprendizaje (DEA) se restringe a los estudiantes que presenten dificultades severas resistentes a una intervención (Lyon et al., 2001).

El año 2002, en estados Unidos, la comisión para la excelencia en educación especial asume que se requieren implementar cambios en la respuesta e identificación de los estudiantes que presentan DEA, a partir de la prevención y aplicación de intervenciones con base científica para determinar de manera precisa a los estudiantes y evitar que estos fracasen en sus aprendizajes posteriormente (U.S. Department of Education Office of Special Education and Rehabilitative Services, 2002). Este modelo se explicita en la Ley de personas con discapacidad el año 2004 (IDEA), enfatizando en los resultados de una intervención previa para poder identificar un problema de aprendizaje. Por ello, diversos estados han incorporado este modelo para atender e identificar a los estudiantes con dificultades (Lembke, Hampton y Bayers, 2012). La mayoría de las experiencias han sido probadas en la lectura, pero cada vez hay mayor cantidad de experiencias en el área de las matemáticas, considerando la alta prevalencia de estudiantes que presentan comorbilidad de ambos trastornos (Lembke, Hampton y Bayers, 2012). Desafortunadamente, en Chile, aún se requiere esperar un año de escolarización para poder entregar apoyos especializados, dado que el diagnóstico se realiza desde segundo año básico y por ende los recursos son restringidos y acotados a la normativa vigente.

Los fundamentos más relevantes que otorga la literatura para desarrollar un modelo basado en la respuesta a la intervención en el área de matemáticas, se basan en los resultados que se plantean para evitar alteraciones posteriores (Clements y Sarama, 2007; Griffin y Case, 1997; Fuchs, Yazdian y Powell, 2002). Además, las consideraciones respecto a los estudiantes que han sufrido carencia de experiencias con las matemáticas evidencian que estos se exponen en mayor medida al fracaso en la disciplina (Case, 1997). Adicionalmente, los resultados de PISA indican que un gran porcentaje de estudiantes no logran las exigencias y aprendizajes mínimos descritos como elementales para participar en una vida moderna (OCDE, 2012).

En definitiva, los fundamentos del modelo RtI “ayudan a mitigar las variables de contexto (es decir, la falta de instrucción, condición socio económica, las diferencias culturales, etc.) como una explicación para el fracaso escolar”

(Hinton et al., 2013, p. 1) pudiendo cumplir así los criterios de identificación con mayor precisión.

Este modelo (RtI) presenta gran implicancia en la conceptualización de alumnos en riesgo de presentar dificultades del aprendizaje, ya que, la primera etapa de identificación requiere definir el carácter de riesgo, utilizando criterios de corte tradicionales en el rendimiento de los estudiantes (percentil 25 a 30) para luego aplicar un programa de intervención y poder evitar la asociación de los déficit en el aprendizaje con una pobre instrucción (Bermejo y Blanco, 2009). Bajo esta línea, la identificación temprana permite evitar efectos asociados a la discalculia como la ansiedad y déficit en la autoeficacia, los cuales afectan el cómo se aprende y dificulta el tratamiento (Williams, 2012).

Concretamente el modelo requiere implementar una evaluación dinámica para definir el estado de riesgo y realizar un monitoreo permanente del rendimiento. Esto se realiza por medio de medidas basadas en el currículum (CBM), las cuales cuentan con respaldo frente a su eficacia para tomar decisiones en diversas áreas de desarrollo educativo (Deno, 2003), destacando su utilización más frecuente en la detección de estudiantes en riesgo de fracasar académicamente. Al contrario de las medidas estáticas que abordan el desarrollo actual de los sujetos, las medidas dinámicas presentan los supuestos base de la teoría de Vygotsky, dado que consideran el desarrollo próximo en un contexto de aprendizaje (Tavernal y Peralta, 2009).

Específicamente en el área de matemática, el proceso de cribaje es fundamental, ya que según Balví y Dansilio (2010, p.8) “los diagnósticos presuntivos posibilitan iniciar intervenciones psicopedagógicas de acción temprana e intensiva en los primeros años de escolaridad discriminando de esta forma al grupo de sujetos con rendimiento débil en cálculo, de aquellos con DAC (dificultades de aprendizaje del cálculo)”. Es decir, que los niños que presentan problemas en primer año básico no son necesariamente discalculicos, dado que pueden nivelarse en segundo año (Geary, Hamson, y Tesoro, 2000). Por ello, Fuson (2000) sugiere que los niños que ingresan a primer año básico con menor

experiencia en matemáticas se expongan a programas adicionales para adquirir habilidades más descendidas.

Por su parte, Stanovich (1986) resalta el valor de evaluar en los primeros años de escolaridad, a fin de que el criterio de especificidad pueda cumplirse, ya que a medida que avanzan los años de experiencia escolar, se pueden generar problemas en diversas áreas cognitivas, a partir de los efectos negativos que genera presentar problemas de aprendizaje y desfasarse en su desarrollo, siendo posible incluso que producto del llamado efecto Mateo, los sujetos se hagan más pobres en el camino del aprendizaje y que puedan puntuar peor en pruebas de CI (Bermejo y Blanco, 2009).

Respecto a la intervención que se sugiere en el modelo, esta debe contar con elementos metodológicos basados en la evidencia científica, es decir implementar programas de intervención probados y validados. Hinton et al. (2013) realizan una revisión detallada de las intervenciones que se han aplicado y que son coherentes con el modelo RTI, encontrando áreas fundamentales de desarrollo: sentido numérico y resolución de problemas. Además, enfatizan en que la aplicación de estos requiere de evaluadores expertos capaces de realizar un adecuado diagnóstico de las diversas áreas de desempeño.

De acuerdo a lo anterior, la evaluación e intervención preventiva requiere comprender que la disciplina de las matemáticas constituye una amplia gama de habilidades numéricas, siendo así que algunos estudios dividen en habilidades simples y complejas, planteando que las habilidades básicas predicen a las más avanzadas. Por ejemplo, el estudio llevado a cabo por Träff (2013), se propone habilidades numéricas predictoras del rendimiento en aritmética posterior tales como la estimación y el conteo, dominio de la línea numérica mental y comparación de números, demostrando que estas habilidades correlacionan con el rendimiento en la recuperación de hechos, cálculos aritméticos y resolución de problemas. Sin embargo, este trabajo destaca también la necesidad de contar con un soporte cognitivo para proceder en tareas matemáticas más avanzadas, al igual que el modelo propuesto por Von Aster y Shalev (2007) quienes plantean la importancia de la memoria de trabajo.

Del mismo modo, un estudio longitudinal realizado por Clarke y Shinns (2004) aplicado a estudiantes de preescolar indica la existencia de tres medidas predictoras de un buen desempeño en primer año básico. Entre las tareas más relevantes se consigna comparar magnitudes, identificar una cifra omitida en una secuencia de números y tareas para identificar números. Además, al igual que los resultados de Träff (2013), la investigación muestra la incidencia positiva de procesos cognitivos como la memoria de trabajo y la rapidez en la evocación de una cifra.

2.4 Componentes cognitivos involucrados en las habilidades numéricas

Las matemáticas presentan numerosas aristas y competencias específicas distintas. El dominio de esta disciplina es diversificado y por consiguiente requiere de mayores habilidades y utilización de procesos cognitivos a medida que avanzan los desafíos curriculares (Aguilar et al., 2006). Los componentes cognitivos de dominio general como la inteligencia, la atención, la memoria, entre otros tienen gran relevancia en el desempeño en el área, ya que la estructuración curricular y sus respectivas pruebas de rendimiento incorporan sistemáticamente conceptos y material más avanzado (Chu, Van Marle y Geary, 2016).

Este planteamiento converge con la premisa de que “los sujetos con DAM se caracterizan por presentar déficits no sólo en aspectos numéricos como el procesamiento de las cantidades y la realización de operaciones aritméticas sino también en ciertos procesos cognitivos.” (Rodríguez y Jiménez, 2016, p.124). Esto es apoyado por diversos estudios que plantean que la vinculación de las hipótesis de modelos específicos y modelos de dominio general, pueden otorgar mayor conocimiento a la investigación en el área, la prevención e identificación de predictores dada la heterogeneidad de las DAM (e.g. Cowan y Powell, 2014; Mazzocco y Rasanen, 2013; Rodríguez y Jiménez, 2016; Träff et al., 2016). De hecho, los hallazgos de Chu et al. (2016, p.1) “indican que una combinación de dominio general y habilidades específicas de dominio contribuyen al desarrollo de los principios de las matemáticas de los niños...”.

En este sentido, la mayoría de los estudios que han analizado la relación de procesos cognitivos y el rendimiento diferenciado en la aritmética se han centrado en la conciencia fonológica, los mecanismos de control de la memoria de trabajo y la velocidad de procesamiento (e.g. Clarke y Shinns, 2004; Raghubar, Barnes y Hecht, 2010; Simmons y Singleton, 2007; Traff, 2013). Sin embargo, la literatura especializada aún no logra un consenso definitivo respecto a los predictores y/o mediadores intervinientes en el aprendizaje de las matemáticas y sus dificultades.

Tradicionalmente el uso de medidas cognitivas ha sido vinculado al éxito de la lectura y sus dificultades. Por ello, la conciencia fonológica y el conocimiento alfabético constituyen predictores reconocidos y ampliamente aceptados de un buen desempeño posterior en lectura (e.g. Melby-Lervåg, Lyster y Hulme, 2012). No obstante, el desarrollo investigativo y predictor de las matemáticas no es tan consistente (Chu et al., 2016). A pesar de ello, existe un incremento significativo de estudios empíricos que otorgan gran relevancia a los procesos cognitivos involucrados en el procesamiento aritmético e intentan realizar avances en lo preventivo identificando predictores de desempeño.

El debate frente a los procesos cognitivos con mayor validez arroja algunas contradicciones. Por una parte, la memoria y la atención cuentan con mayor respaldo empírico respecto a su importancia sobre el desarrollo numérico (Fuchs, Compton, Fuchs, Paulsen, Bryant, y Hamlett, 2005.). Por otro lado, los antecedentes vinculados al procesamiento fonológico enfrentan posturas teóricas que se oponen respecto a los procesos que subyacen a las habilidades aritméticas. Algunas investigaciones plantean que la numerosidad está por sobre el lenguaje, mientras otras sustentan que el procesamiento fonológico es relevante a la hora de almacenar dígitos en formato verbal (Espinoza y Ygual, 2012). Este último antecedente se sustenta en el modelo de triple código propuesto por Dehaene y Cohen (1995), el cual postula que la codificación y representación de los números se realiza por tres códigos, uno de ellos corresponde a la representación verbal dado que los números se representan como un conjunto de palabras. Esta postura ha sido apoyada por las teorías psicolingüísticas, las cuales evidencian la existencia de factores lingüísticos asociados al desempeño de las respuestas entregadas en evaluaciones de aritmética (Carrillo, Henríquez y Bravo, 2009). Por

último, la velocidad de procesamiento constituye un indicador que ha tomado fuerza en la última década frente a su vinculación con el aprendizaje de la lectura y las matemáticas.

2.4.1 Velocidad de procesamiento y habilidades numéricas

La velocidad de nombrado (Rapid Automated Naming, RAN) es definida como “la capacidad de nombrar tan rápido como sea posible símbolos muy conocidos como dígitos, letras, colores y objetos” (Georgiou, Tziraki, Manolitsis y Fella, 2013, p. 481), por medio de tareas que presentan estímulos familiares de izquierda a derecha para ser nombrados rápidamente (Norton y Wolf, 2012). A esta definición es relevante incorporar que esta capacidad implica “acceder a información fonológica relacionada con estímulos visuales de la memoria a largo plazo” (Koponen et al., 2016, p.6).

Las medidas de RAN han estado vinculadas tradicionalmente al éxito de la lectura y consecuentemente a las dificultades del aprendizaje de la lectura (DAL) (Landerl y Wimmer, 2008; Norton y Wolf, 2012; Pan et al., 2011; Rodríguez, van den Boer, Jiménez y de Jong, 2015; Wolf, Bowers y Biddle, 2000). No obstante, actualmente existe mayor vinculación con el aprendizaje de las matemáticas. Según Koponen (2016) una de las razones de ello corresponde a que “el cálculo fluido refleja la recuperación rápida de hechos aritméticos o la capacidad de derivar cálculos sobre la base de algunos hechos aritméticos conocidos.” (p.6). Por tanto, la memoria a largo plazo cobra gran relevancia en el procesamiento y recuperación de la información verbal que implica calcular con fluidez, lo que implica que RAN, considerando su relación con la memoria a largo plazo, puede vincularse con la recuperación fonológica de hechos aritméticos. Lo anterior también fue sugerido en años previos por Koponen et al. (2013), quienes plantearon que las tareas de RAN evidenciaban la capacidad de crear y recuperar asociaciones visuales y verbales de la memoria a largo plazo, y por ello predecían el desempeño en lectura y matemáticas.

Estudios de la última década dan cuenta del interés que ha despertado evaluar RAN como un proceso cognitivo predictor del rendimiento aritmético, además de establecer su relación tanto para las DAM como para las DAL (e.g., D'Amico y Passolunghi, 2009; Georgiou et al., 2013; Mazzocco y Grimm, 2013; Swanson, 2011). Sin embargo, los hallazgos son discutibles producto de las inconsistencias que se presentan. Georgiou et al. (2013) evaluaron el tiempo de articulación y el tiempo de pausa durante el nombrado de colores y objetos en tres momentos del periodo escolar (dos momentos en preescolar y al inicio del primer grado) y su correlación con el rendimiento en lectura y Matemáticas, encontrando que el tiempo de pausa fue el componente que se correlacionó significativamente con la lectura y las matemáticas. Al respecto de las diferencias en cada uno de los ámbitos académicos, el tiempo de pausa en la fluidez de la lectura representó una varianza sustancial en el primer grado posterior al control de otros factores cognitivos, pero en matemáticas la tarea RAN no está vinculada de forma específica.

Por otro lado, un estudio longitudinal de Mazzocco y Grimm (2013) posterior a la clasificación de sujetos con DAM y DAL encontraron que los dos grupos presentaban déficit en el rendimiento de RAN, dado que sus tiempos de respuesta eran más lentos que sus pares. Además, indicaron que los resultados de las tareas RAN números y letras fueron más relacionados con los sujetos DAL que DAM. En la misma línea, Donker, Kroesbergen, Slot, Van Viersen y De Bree (2016) a partir de las tareas de RAN diferenció entre símbolos alfanuméricos y no alfanuméricos y su relación con las DAL, DAM y ambos trastornos comórbiles. Sus resultados indicaron que el rendimiento alfanumérico, es decir, las tareas de nombrado de letras y dígitos, correlacionan mayormente con la alfabetización y que no correlaciona con las matemáticas. Al respecto, estos autores plantean dos posibles interpretaciones. Por un lado, la posible instrucción en lectura en los sujetos DAM pudiera aportar en el rendimiento de las tareas de nombrado y por otra parte, exponen algunas hipótesis de estudios anteriores que plantean que las habilidades fonológicas no están afectadas en sujetos DAM. Sin embargo, algunas limitaciones del estudio requieren ampliar la muestra de cada uno de los

diagnósticos y también establecer una revisión retrospectiva que permita delimitar el rendimiento de RAN previo a la alfabetización formal a fin de definir si particularmente las habilidades alfanuméricas mejoran posterior a la instrucción formal.

Al contrario de los estudios expuestos, Clarke y Shinn (2004) encontraron que en primer grado la tarea de identificación de números en un minuto correlaciona altamente con una prueba de matemáticas estandarizada, arrojando correlación al comienzo del primer año ($r = .65$) y al final de este ($r = .63$). En la misma línea, Pauly et al., (2011) exponen que los niños de educación preescolar en riesgo de presentar DAM presentaban déficits más significativos en la nominación de dígitos que en la nominación de letras. No obstante, los resultados de D'Amico y Passolunghi (2009) plantean que para los sujetos de mayor edad y con presencia de DAM la nominación es más lenta tanto en letras como en números frente a los sujetos control.

2.4.2 Memoria de trabajo y habilidades numéricas

La memoria de trabajo (MT) se conceptualiza como “la habilidad de almacenar información temporalmente y revisarla a la luz de nueva información entrante” (Toll y Van Luit, 2013, p. 45). Frente al modelo multicomponente de Baddeley (1992) la MT es concebida como un sistema altamente eficaz, pero limitado para mantener, manipular y almacenar la información para actividades cognitivas como es el cálculo. El modelo de Baddeley (1992) tiene el propósito de responder a la complejidad de las operaciones mentales que suceden en la memoria de trabajo, mediante tres componentes fundamentales que son: el sistema de control ejecutivo (EC), base de esquemas viso-espaciales y circuito fonarticulatorio. Cada uno de ellos cumple una función específica, con la intención de integrar estas actividades de almacenamiento o procesamiento de la información, para describir un modelo más preciso de la memoria de trabajo.

El sistema de control ejecutivo, por un lado se encarga de las conductas de entrada que llegan a la memoria de corto plazo, y por otro, de seleccionar las

estrategias para planificar y transferir la información a la memoria de largo plazo. Este primer componente controla los dos restantes que funcionan como sistemas servidores del modelo. La base de esquemas viso-espaciales, cumple la función de mantener la información visoespacial en la memoria de corto plazo y así poder resolver diversas operaciones. Finalmente el circuito fonoarticulatorio, permite que la información verbal permanezca temporalmente a través de la repetición (entre 2 a 4 segundos).

Bajo este punto de vista, la capacidad de MT está vinculada con la capacidad de controlar y distribuir la atención durante una actividad cognitiva compleja (Raghubar et. al, 2010). De acuerdo a la revisión de estudios que vinculan la MT con las habilidades académicas realizada por Sierra y Ocampo (2013) concluyen que:

El bucle fonológico y la MO verbal influyen principalmente en el desempeño en lectura, al menos durante los primeros años de la escolaridad y que el desempeño en matemáticas está relacionado tanto con el EC como con la agenda viso-espacial, encontrándose menor relación con el bucle fonológico, excepto cuando el contenido es numérico.

No obstante, a pesar de los antecedentes descritos, la MT no es un componente involucrado en las principales teorías o modelos explicativos de la cognición matemática (Dehaene, 1997; McCloskey, 1992).

Según Roselli y Matute (2011) la memoria operativa es la que permite realizar actividades numéricas omitiendo interrupciones e interferencias para procesar la información, lo que resulta indispensable para los niños que presentan DAM (Geary, 2011; Keeler y Swanson, 2001; Wilson y Swanson, 2001), considerando que el procesamiento numérico depende de diversos dominios cerebrales específicos (Kaufmann y Von Aster, 2012), en el que las áreas frontales, activadas mayoritariamente por los niños (Ansari et al., 2005), han sido nominadas en su importancia para las funciones ejecutivas de atención y memoria de trabajo durante la realización de actividades numéricas (Von Aster y Shalev, 2007), además de exponer que sus resultados predicen el rendimiento en tareas de este tipo (Roselli et al., 2006).

Existen variados artículos que han demostrado que los sujetos con DAM presentan también un desempeño inferior en tareas que evalúan la MT y que estos resultados pueden ser predictores del desempeño posterior (Gersten, Jordan y Flojo, 2005; Toll, Van der Ven, Kroesbergen y Van Luit, 2011; Passolunghi y Siegel, 2004)

De acuerdo a la revisión de Raghubar et al. (2010) respecto a los estudios que han demostrado la participación de la MT en tareas de habilidades numéricas, se plantea que las principales investigaciones se llevan a cabo bajo cuatro enfoques. Específicamente, se encuentran los estudios experimentales de tareas duales, estudios de diferencia individuales y comparación de grupos, investigaciones que asocian los procesos cognitivos a tareas matemáticas específicas, y estudios longitudinales de crecimiento de habilidades matemáticas y la respectiva relación con procesos cognitivos. Los resultados de estas investigaciones presentan inconsistencias, producto de los criterios utilizados en cada una de ellas. Según Raghubar et al. (2010) algunas variables que no permiten obtener consistencia en los resultados corresponden a la heterogeneidad de las medidas utilizadas, características de los participantes seleccionados y los criterios estadísticos de identificación. No obstante, la mayoría coincide en que la MT resulta relevante cuando se habla de habilidades aritméticas, debido a que la manipulación simultánea de hechos numéricos es una tarea básica para resolver problemas aritméticos (Geary, 2011; Swanson y Kim, 2007; Raghubar et al, 2010).

Referente a los estudios empíricos que demuestran la vinculación entre rendimiento en el área de matemática y limitada MT, la mayoría de estos tributan al desempeño de adultos y estudiantes en edad escolar, a pesar de la constatación de que los conocimientos tempranos en aritmética son relevantes a la hora de obtener desempeños posteriores en matemática. En esta misma línea, la mayoría de los estudios centrados en métodos de tareas dobles han sido realizados a adultos, donde se involucra la realización de una tarea simple de aritmética mientras paralelamente se solicita una tarea secundaria ya sea fonológica o visual (e.g., Hecht, Torgesen, Wagner y Rashotte, 2001; Seitz y Schumann-Hengsteler, 2000). Un estudio de McKenzie, Bull y Gray (2003) realizado a dos muestras de

niños de 6-7 años y 8- 9 años respectivamente, expuso a los estudiantes a problemas aritméticos en tres momentos; un momento con interferencia fonológica, otro con interferencia visual-espacial y finalmente sin interferencia. Los resultados evidenciaron diferencias entre ambos grupos, los niños menores resultaron más afectados por la interferencia visual-espacial, por lo que se estima que en estas edades los niños utilizan estrategias visuales para resolver problemas. En el caso de los estudiantes mayores, estos se ven afectados por ambas interferencias, aunque de distinta forma, las interrupciones fonológicas afectaron más que la interferencia visual, lo que predice un uso de estrategias mixtas para resolver problemas. Respecto a los estudios en niños de habla hispana, un ejemplo es el desarrollado en Argentina por López (2013), quien analiza la incidencia de la MT en actividades de cálculo mental por medio de un estudio longitudinal durante tres años consecutivos (1º, 2º y 3º año escolar), en este se encontró un incremento lineal en los componentes visoespacial y central ejecutivo en función de las edades.

En definitiva, los resultados sobre la influencia de la velocidad de nombrado y la memoria de trabajo en la adquisición y desarrollo del procesamiento numérico así como en su rol de predictores de DAM son muy diversos, por lo que es fundamental sumar evidencia. Es necesario dimensionar apropiadamente la importancia de estos procesos cognitivos, no solo en relación a la evaluación, sino también en relación a la intervención dirigida a niños con DAM.

CAPÍTULO III. MARCO METODOLÓGICO

3.1 Enfoque y Diseño

De acuerdo con los objetivos del estudio y con las acciones consideradas para abordar su desarrollo, la presente investigación se adscribe a un paradigma positivista con enfoque cuantitativo. Desde esta delimitación, se hace referencia a la investigación cuantitativa como un estudio centrado en el conocimiento observable, objetivo y cuantificable a partir del control, la comprobación y la predicción de fenómenos educativos (Albert, 2007). De esta forma, el proceso de investigación cuantitativo “aspira a poder explicar las relaciones entre las variables” (Albert, 2007, p. 25), por medio de la delimitación de hipótesis y la aplicación de un proceso para medir los conceptos incluidos y transformarlos a valores numéricos (Hernández, Fernández, Baptista, 2010).

En este sentido, los resultados de investigaciones en el área de la matemática temprana (e.g. Traff, 2013; Clarke & Shinns, 2004; Hecht, 2001) han aportado evidencia a favor de la hipótesis 3 propuesta para esta investigación, la cual plantea que “Existe una correlación positiva entre procesos cognitivos y habilidades aritméticas en los estudiantes que cursan primer año básico en riesgo de presentar DAM y con un rendimiento promedio”, por tanto, siguiendo a Hernández et al. (2010), se espera que los resultados de este estudio, aporten nuevos datos a la relación que existe entre las variables estudiadas.

Por otro lado, el diseño es no experimental de tipo longitudinal, dado que no se posee control directo sobre las variables y por ende una intervención directa en estas. De acuerdo a Buendía, Colás y Hernández (2003), lo anterior implica recoger datos en el contexto natural de la muestra, pero cautelando criterios y elementos que no interfieran con la objetividad de la recogida de la información. Por ello, y debido a la naturaleza de las variables en estudio, la investigación se orienta bajo el diseño longitudinal de tipo correlacional, lo que implica examinar los cambios que se producen en los datos recogidos durante un periodo de tiempo establecido. Conforme a Hernández, Fernández y Baptista (2003), la dimensión temporal de la investigación posibilita estudiar los cambios que presentan las variables, lo que permitió estudiar la evolución de las habilidades aritméticas

durante el primer año escolar de una determinada muestra. Particularmente esta investigación, se centró en tres momentos o periodos del año escolar para recolectar datos, lo cual permitirá estudiar la evolución del desempeño aritmético.

Específicamente, este estudio corresponde a un diseño longitudinal panel, ya que los sujetos serán los mismos para las tres mediciones, por lo cual además de identificar los cambios en la totalidad de la muestra, permitirá determinar los cambios individuales de los participantes.

A raíz de lo planteado, Visser (1985), citado por Arnau y Bono (2008), expuso que el diseño longitudinal permite determinar la curva de cambio en diferentes momentos y constatar las diferencias interindividuales en sus cambios intraindividuales. Por tanto, se podría responder a cuestionamientos planteados en esta investigación referentes a la forma del cambio intraindividual en función del tiempo, diferencias interindividuales en los momentos medidos, diferencias interindividuales en relación a los perfiles observados, entre otros.

Respecto el diseño de tipo correlacional, esta investigación está interesada en determinar el grado de relación entre las variables de desempeño aritmético y procesos cognitivos en una misma muestra de sujetos. Se espera conocer cómo se comportará una variable de acuerdo al comportamiento de otra. En otras palabras, las hipótesis son puestas a prueba, “se intentará predecir el valor aproximado que tendrá un grupo de individuos o casos en una variable, a partir del valor que poseen en la o las variables relacionadas” (Hernández et al., 2010, p.82). Por tanto, se busca establecer una correlación positiva entre las variables a fin de explicar y/o predecir el comportamiento posterior de estas.

Asimismo, la investigación posee un alcance de tipo descriptivo dado que se medirán con precisión las variables individuales para luego establecer la vinculación entre estas. En este sentido, el estudio descriptivo provee de la especificación de los perfiles de las unidades de análisis (Hernández et al., 2010). Por tanto, permitirán medir atributos de los componentes del fenómeno en estudio.

3.2 Población objetivo y diseño muestral

La población corresponde a estudiantes que cursan primer año básico en dos escuelas de dependencia particular subvencionada de la región del Bio-bío. Respecto a la selección de la muestra, esta se realiza de acuerdo a un tipo de muestreo no probabilístico, en la que se selecciona una muestra dirigida (Álbert, 2007).

La muestra utilizada en esta investigación varió en función de los objetivos propuestos. Específicamente para el objetivo específico 1 “Estudiar la evolución del nivel de desempeño de las habilidades numéricas de estudiantes chilenos que cursan primer año básico en tres momentos del período escolar”, la muestra corresponde a 143 estudiantes de primer año básico, 69 hombres y 74 mujeres (Edad, $M=77.96$, $DT=4.85$; CI, $M= 107.04$, $DT=12.55$) provenientes de dos escuelas de dominio particular subvencionado, situadas en las comunas de Concepción y Talcahuano. Para llevar a cabo los objetivos específicos 2 y 3 “Analizar las diferencias en el desarrollo de habilidades numéricas entre estudiantes chilenos en riesgo de presentar DAM y niños con rendimiento promedio que cursan primer año básico” y “Analizar la influencia de las habilidades cognitivas en el rendimiento de las habilidades numéricas en estudiantes chilenos que cursan primer año básico”. Se clasificaron de la muestra inicial de 143 sujetos, dos grupos de rendimiento en base a los puntajes obtenidos en la Prueba para la evaluación de la competencia matemática (EVAMAT-1), versión estandarizada para Chile (García, V., García, González, 2013). Se seleccionó una muestra balanceada en sexo, edad y CI, considerando el criterio de exclusión $CI > 80$ para ambos grupos y percentil 30 en EVAMAT-1. El primer grupo estaba compuesto por 32 sujetos en riesgo (R_DAM), con un percentil ≤ 30 y el grupo de rendimiento promedio (N_DAM) formado por 32 sujetos con un percentil > 30 .

La distribución de ambos grupos de rendimiento (R_DAM, N_DAM) no presentó diferencias significativas en edad, $F(1, 62) = .596$, $p = .443$, en CI entre

los grupos, $F(1, 62) = .596, p=.733$, o sexo ya que había 12 hombres y 20 mujeres en cada grupo. La media de edad y CI por grupo se muestran en la Tabla 1.

Tabla 1. Distribución de los grupos de rendimiento.

		<i>M</i>	<i>DT</i>
CI	R_DAM	102.97	12.36
	N_DAM	104.00	11.66
EDAD	R_DAM	76.34	3.19
	N_DAM	76.94	2.96

Nota: R_DAM= Riesgo DAM; N_DAM= rendimiento promedio.

3.3 Estrategias de recopilación de información

Dentro de las técnicas de recopilación de información se utilizaron pruebas e inventarios estandarizados para medir cada una de las variables en estudio. Particularmente, se utilizaron diseños de test con norma de grupo, dado que se midieron las características de cada sujeto de acuerdo a un grupo normativo, estableciendo normas estadísticas de medidas de tendencia central y medidas de desviación.

Por otra parte, se utilizaron diseños de test referidos a criterio, los que permitieron medir y valorar el dominio de las áreas evaluadas, y establecer puntos de corte respecto al cumplimiento de objetivos (Albert, 2007).

Específicamente los instrumentos de recogida de información se dividieron en función de las variables estudiadas: habilidades numéricas tempranas y procesos cognitivos.

3.4 Instrumentos para la recogida de datos

3.4.1 Instrumentos de evaluación numérica:

- Evaluación de manejo de habilidades numéricas tempranas (Assessing Student Proficiency in Early Number Sense, ASPENS) (Clarke et al., 2012). Este

instrumento está compuesto por tres medidas paralelas basadas en el currículum para la detección y el monitoreo del progreso en matemáticas en primer año básico. Es de aplicación individual con un límite de tiempo de un minuto por cada tarea. La confiabilidad de las medidas de ASPENS está en el rango de moderado a alto, .74-.85 (Gersten, Clarke, Jordan, Newman-Gonchar, Haymond y Wilkins, 2012). La validez predictiva de los puntajes de caída en las medidas de ASPENS para primero básico, en TerraNova 3, oscila entre .45 y .52. A pesar de ser un instrumento que no presenta adaptación para estudiantes chilenos, se ajusta perfectamente al currículum de primer año básico. En la tabla 2 se muestran los niveles de correlación entre la medida estandarizada EVAMAT-1 y cada uno de los subtest utilizados de la prueba ASPENS en cada medida. Como puede observarse presentan un nivel de correlación moderado. Para efectos de esta investigación se aplicaron dos tareas:

- a) Comparación de números (CN) en la que se presenta una lámina con 56 casilleros con dos números (entre 0-99), el estudiante debe indicar el número mayor dentro de dos. La puntuación estuvo basada en la cantidad de aciertos en un minuto.
 - b) Número faltante (NF) en la que se presenta una lámina con 42 series numéricas ascendentes de tres números (0-99) en las que los estudiantes deben decir el número que falta. La puntuación estuvo basada en la cantidad de aciertos en un minuto.
- Prueba para la evaluación de la competencia matemática EVAMAT-1 (versión 2.0) (García, V., García, González, 2013). Instrumento estandarizado de aplicación colectiva, el cual se aplica al término del primer año básico para la identificación del nivel de rendimiento en matemática. La puntuación estuvo basada en la cantidad de aciertos por tarea y se convirtió en percentiles de acuerdo a las normas de estandarización del instrumento. El instrumento está compuesto por varios bloques, para este estudio se utilizaron:

- a) bloque de tareas de numeración, se presentan 6 actividades donde el estudiante debe ordenar elementos de un conjunto de acuerdo a un criterio (tamaño, altura y cantidad), 4 tareas de conteo en las que el estudiante debe contar objetos y asignarle un cardinal, 7 tareas de utilización de signos $>$, $<$ o $=$, el estudiante debe contar dos grupos de objetos y luego asignar el signo correspondiente, 6 tareas de comparación de cantidades continuas, el estudiante debe marcar donde hay más y menos cantidad de líquido.
- b) bloque de tareas de cálculo, está compuesto por 7 tareas que evalúan procedimientos de cálculo, estrategias de cálculo y conocimiento de los conceptos utilizados en las operaciones de adición y sustracción. Específicamente se evaluaron 8 ítems de operaciones de sumas y restas, 13 ítems de cálculo mental de sumas y restas, 5 ítems de descomposición aditiva de números, 5 ítems de identificación de números (menor, anterior, posterior), 5 ítems de descomposición en decenas y unidades, 5 ítems de utilización de números ordinales.

Tabla 2. Tabla de correlaciones entre las tareas de ASPENS y EVAMAT-1.

	CN_I	CN_M	CN_F	NF_I	NF_M	NF_F
EVAMAT	.554**	.571**	.605**	.578**	.640**	.650**

Nota: **. Correlación significativa al 0.01 level (2-tailed); CN_I=comparación numérica inicio; CN_M= comparación numérica medio; CN_F= comparación numérica fin; NF_I=número faltante inicio; NF_M= número faltante medio; NF_F= número faltante fin.

3.4.2 Instrumentos de evaluación cognitiva

- Factor G (Gattell y Catell, 1989). Instrumento que evalúa la inteligencia no verbal. De acuerdo al nivel educativo de la muestra estudiada, se aplicó la forma abreviada de la escala 1 para niños de 4 a 8 años de edad. Se aplicaron los subtest de Sustitución, Laberintos, Identificación y semejanza. La aplicación de esta prueba se llevó a cabo de manera colectiva, y se consideró

como una medida de control y factor excluyente para la definición de la muestra.

- Velocidad de nombrado (Rapid Automated Naming, RAN). Instrumento adaptado de la técnica de Denckla y Rudel (1976), corresponde a una aplicación individual donde los estudiantes deben nombrar los estímulos presentados en una matriz de 5 filas y 10 columnas. Las subtarefas aplicadas fueron: series de letras y series de números. El puntaje se registra a partir del tiempo invertido en la lectura de los estímulos, no obstante para normalizar las puntuaciones se calculó el número de estímulos correctos por minuto.
- Subtest de la escala de recuerdo directo e inverso de dígitos (Escala de Wechsler, 1997). Instrumento de aplicación individual en la que se presentan dos tareas; recuerdo directo y recuerdo inverso de secuencias numéricas que aumentan progresivamente de 3 a 9 dígitos. La duración aproximada de la aplicación es de 7 a 10 minutos. En la tarea de recuerdo directo el estudiante debe repetir una serie de números en el mismo orden en que los presentó el examinador. En la tarea de recuerdo inverso, debe realizar la verbalización de los dígitos en orden inverso. El puntaje se obtiene del número de respuestas correctas. Cada una de las tareas tributará a los indicadores de los componentes de memoria de trabajo “bucle fonológico” y “componente ejecutivo” respectivamente (e.g. Toll y Van Luit, 2013).

Los estadísticos descriptivos de la muestra global para cada una de las variables de estudio se muestran en la tabla 3.

Tabla 3. Estadísticos descriptivos para cada una de las variables en estudio en los tres momentos medidos.

	<i>M</i>	<i>DT</i>
CN_I	8.42	8.42
CN_M	13.20	9.33
CN_F	16.37	8.70
NF_I	6.50	5.16
NF_M	8.73	6.27
NF_F	9.77	6.26
RAN_L	1.06	.31
RAN_N	1.25	.28

Nota: CN_I=comparación numérica inicio; CN_M= comparación numérica medio; CN_F= comparación numérica fin; NF_I=número faltante inicio; NF_M= número faltante medio; NF_F= número faltante fin; RAN_L= velocidad de procesamiento de letras, RAN_N= velocidad de procesamiento de números.

3.5 Procedimiento

Las medidas CBM (ASPENS) se administraron con un espacio de aproximadamente tres meses entre cada una de ellas, cautelando los criterios de aplicación en un entorno alejado de estímulos distractores y siguiendo estrictamente las consignas por parte del examinador. La primera medida fue aplicada en el mes de mayo, la segunda en septiembre y la tercera en diciembre. La aplicación de EVAMAT_1 y las pruebas cognitivas fueron aplicadas en diciembre, al término del año escolar, también de manera individual.

3.6 Técnicas para el Análisis de la Información

El análisis de la información se realizó tomando en cuenta los niveles de medición de las variables por medio de la estadística inferencial a partir del uso del Paquete Estadístico para las Ciencias Sociales (SPSS) en el que se realizaron los siguientes análisis de acuerdo a los objetivos propuestos:

- Objetivo 1: Estudiar la evolución del nivel de desempeño de las habilidades numéricas de estudiantes chilenos que cursan primer año básico en tres momentos del período escolar.

Se utilizó un diseño de medidas repetidas siguiendo el Modelo Lineal General (MLG) tomando como factor intrasujeto los momentos (Inicio, Medio, Fin) para cada una de las variables dependientes medidas a partir de las tareas asociadas al sentido numérico por medio del instrumento ASPENS descrito anteriormente.

- Objetivo 2: Analizar las diferencias en el desarrollo de habilidades numéricas entre estudiantes chilenos en riesgo de presentar DAM y niños con rendimiento promedio que cursan primer año básico.

Diseño mixto de medidas repetidas (2x3) siguiendo el MLG, con factor intersujeto Grupo (R_ DAM, N_DAM) y variable intrasujeto, los momentos (Inicio, Medio, Fin) para cada una de las variables dependientes medidas a partir de las tareas asociadas al sentido numérico por medio del instrumento ASPENS.

- Objetivo 3: Analizar la influencia de las habilidades cognitivas en el rendimiento de las habilidades numéricas en estudiantes chilenos que cursan primer año básico.

Análisis de mediación cuyas variables mediadoras serán las variables cognitivas y la variable a predecir el rendimiento diferencial en la prueba EVAMAT-1.

CAPÍTULO IV. RESULTADOS

4.1 Resultados Estudio 1

El primer estudio corresponde al objetivo 1 propuesto para esta investigación, el cual contempla el estudio del nivel de desempeño de las habilidades numéricas de estudiantes que cursan primer año básico en tres momentos del período escolar. Para dar respuesta a este objetivo, se llevó a cabo un ANOVA de medidas repetidas siguiendo el Modelo Lineal General tomando como factor intrasujeto los momentos de medida (Inicio, Medio, Fin) para las variables dependientes medidas en el instrumento ASPENS, Comparación numérica (CN) y Números Faltantes (NF).

Específicamente para la tarea de CN hubo un efecto principal debido al momento de medida en el número de comparaciones acertadas en un minuto, $F(2,290)=216.63, p < .001, \eta^2=.60$. Los contrastes entre cada uno de los momentos revelaron diferencias entre todos los momentos de medida, entre Inicio y Medio, $t(145)=12.24, p < .001, r = .71$; entre Medio y Fin, $t(145) = 9, p < .001, r = .60$ y entre Inicio y Fin, $t(145) = 19.45, p < .001, r = .85$. En otras palabras, los estudiantes mostraron una tendencia lineal en el rendimiento de la tarea CN, $F(1, 145) = 378.15, p < .001, \eta^2=.72$, debido principalmente a la instrucción, tal como se muestra en la figura 4.

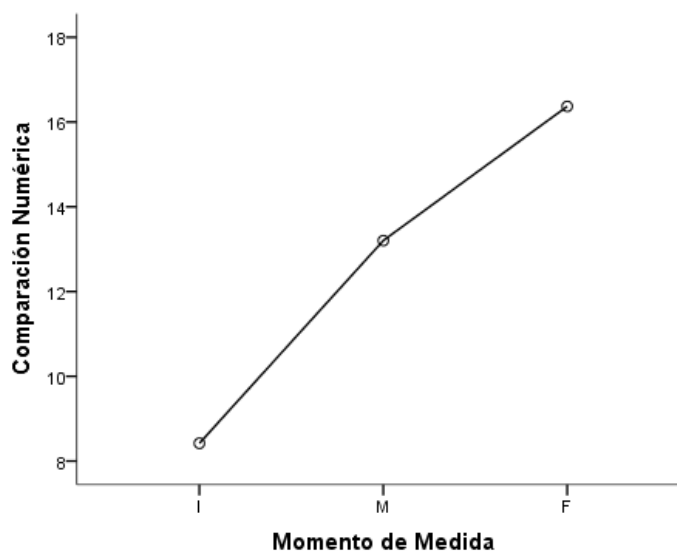


Figura 4. Evolución del rendimiento en CN en los diferentes puntos de medida

Respecto a la tarea de Números Faltantes (NF), hubo un efecto principal en el número de aciertos realizados en un minuto por los estudiantes debido a los momentos de las medidas, $F(2,290)=56.91$, $p < .001$, $\eta^2=.60$. Los contrastes revelaron que hubo diferencias entre todos los momentos de medida, entre Inicio y Medio, $t(145)=7.40$, $p < .001$, $r = .52$; entre Medio y Fin, $t(145) = 3.41$, $p < .001$, $r = .27$; entre Inicio y Fin, $t(145) = 9.81$, $p < .001$, $r = .63$. Al igual que el rendimiento en CN los estudiantes mostraron una tendencia lineal en el rendimiento de la tarea NF, $F(1, 145) = 378.15$, $p < .001$, $\eta^2=.72$, debido principalmente a la instrucción, tal como se muestra en la figura 5.

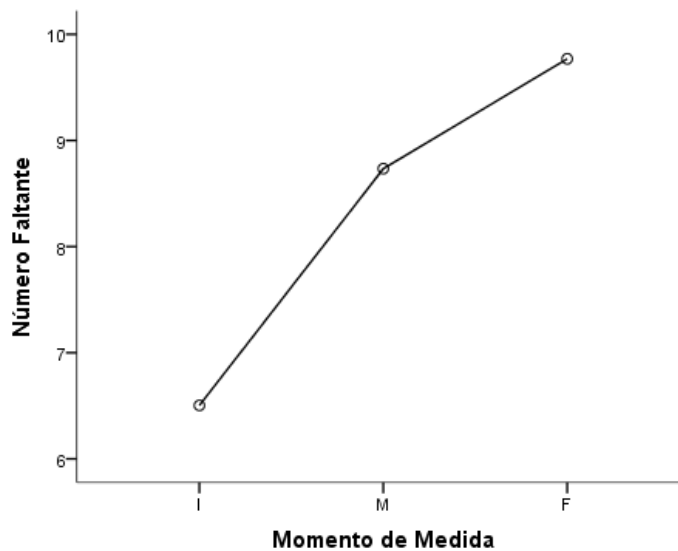


Figura 5. Evolución del rendimiento en NF en los diferentes puntos de medida

Todos estos resultados parecen mostrar que los estudiantes chilenos de primer ciclo mejoran progresivamente el rendimiento en tareas asociadas al sentido numérico. Indicando a su vez que el instrumento ASPENS es un instrumento viable de ser utilizado en el contexto chileno. En la Tabla 4 se muestran los estadísticos descriptivos de la distribución de cada una de las variables estudiadas.

Tabla 4. Distribución de cada una de las variables en estudio.

		CN_I	CN_M	CN_F	NF_I	NF_M	NF_F	nranL	nranN
N	Válidos	143	143	143	143	143	143	138	137
	Perdidos	0	0	0	0	0	0	5	6
Media		8.42	13.20	16.37	6.50	8.73	9.77	1.06	1.25
Mediana		5.00	12.00	16.00	6.00	8.00	9.00	1.06	1.25
Moda		0	1	20	2	5	9 ^a	1.00 ^a	1.25
DT		8.42	9.33	8.70	5.16	6.27	6.26	.30	.29
Asimetría		.88	.31	.14	.59	.51	.52	-.06	.34
Std. Error of Skewness		.20	.20	.20	.20	.20	.20	.21	.21
Curtosis		-.36	-.84	-.48	-.58	-.43	.15	.06	-.03
Std. Error of Kurtosis		.40	.40	.40	.40	.40	.40	.41	.41
Rango		30	36	40	23	26	31	1.65	1.41
Mínimo		0	0	0	0	0	0	.14	.67
Máximo		30	36	40	23	26	31	1.79	2.08
Percentiles	25	1.00	4.00	10.00	2.00	3.00	5.00	.84	1.06
	50	5.00	12.00	16.00	6.00	8.00	9.00	1.06	1.25
	75	14.00	20.00	23.00	11.00	13.00	14.00	1.25	1.44

Nota: nranL=RAN Letras; nranN= RAN Números.

En la tabla se observa como todas las variables presentan una distribución considerada normal, puesto que sus índices de asimetría y curtosis se encuentran en un intervalo de ± 2 esperado para un tamaño de la muestra como la que se presenta en este estudio (George y Mallery, 2010). Además en los momentos de inicio los resultados se muestran bajos, no obstante en la siguiente medida se observan mejoras.

4.2 Resultados Estudio 2

4.2.1 Estudio 2.a

Para el objetivo de este segundo estudio, el cual corresponde a analizar las diferencias en el desarrollo de habilidades aritméticas entre estudiantes en riesgo de presentar DAM y niños con rendimiento promedio que cursan primer año básico, se realizó un análisis lineal general de medidas repetidas de factor intergrupo con dos niveles (R_DAM y N_DAM) y factor intragrupo de momentos de medida (Inicio, Medio y Fin) para cada una de las variables dependientes medidas por el instrumento ASPENS (CN y NF).

Los estadísticos descriptivos de cada uno de los grupos para cada una de las variables se encuentran en la tabla 5.

Tabla 5. Distribución de los grupos de rendimiento para cada variable en estudio.

	GRUPO	<i>M</i>	<i>DT</i>
CN_I	R_DAM	2.19	3.14
	N_DAM	7.84	6.97
CN_M	R_DAM	5.94	5.96
	N_DAM	13.28	8.36
CN_F	R_DAM	9.19	6.50
	N_DAM	16.50	7.18
NF_I	R_DAM	2.59	3.44
	N_DAM	6.47	4.71
NF_M	R_DAM	3.81	3.58
	N_DAM	8.28	5.29
NF_F	R_DAM	4.53	4.08

	N_DAM	9.38	4.82
RAN_L	R_DAM	.96	.30
	N_DAM	1.04	.35
RAN_N	R_DAM	1.09	.26
	N_DAM	1.30	.28

Hubo un efecto principal debido a momento (inicio, medio, fin) para la variable CN, $F(2,124) = 99.77$, $p < .001$, $\eta^2 = .62$. Los contrastes revelaron que hubo un incremento significativo en cada uno de los momentos de medida, entre inicio y medio, $t(63) = 7.89$, $p < .001$, $r = .70$; entre Medio y Fin, $t(63) = 6.35$, $p < .001$, $r = .62$ y entre Inicio y Fin, $t(63) = 13.57$, $p < .001$, $r = .86$.

Hubo diferencias significativas entre los grupos para variable CN, $F(1,62) = 20.17$, $p < .001$, $\eta^2 = .246$. No obstante, no hubo interacción entre momentos de medida y grupo, $F(2,124) = 1.50$, $p = .227$. Por lo que se entiende que los grupos mantenían una trayectoria similar a lo largo de los tres puntos de medida, manteniendo las diferencias para cada momento (ver Figura 6).

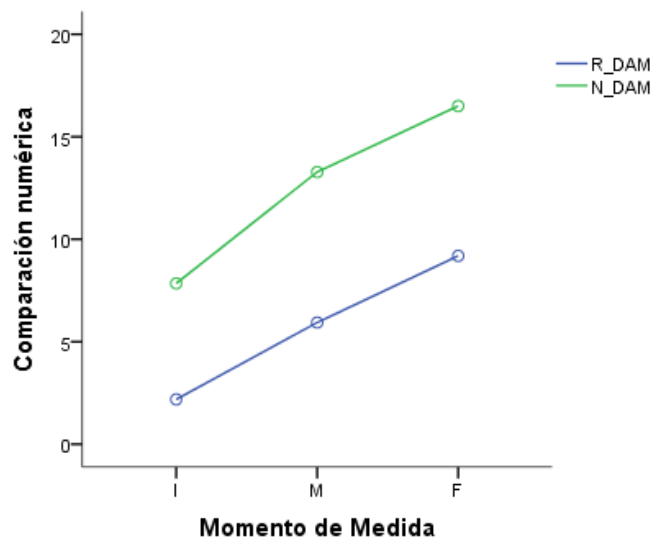


Figura 6. Evolución de los grupos en el rendimiento en CN en las diferentes medidas

Respecto a la variable NF, hubo un efecto principal debido a momento, $F(2,124)= 19.74, p<.001, \eta^2=.24$. Los contrastes revelaron que hubo un incremento significativo en cada uno de los momentos de medida, entre inicio y medio, $t(63)= 3.82, p<.001, r=.43$; entre Medio y Fin, $t(63)= 2.46, p<.001, r=.29$ y entre Inicio y Fin, $t(63)= 6.04, p<.001, r=.60$.

Hubo diferencias significativas entre los grupos para variable NF, $F(1,62)= 19.46, p<.001, \eta^2=.24$. No obstante, no hubo interacción entre momentos de medida y grupo, $F(2,124)= .786, p=.458$. Por lo que se entiende que los grupos mantenían una trayectoria similar a lo largo de los tres puntos, manteniendo las diferencias para cada momento (ver Figura 7).

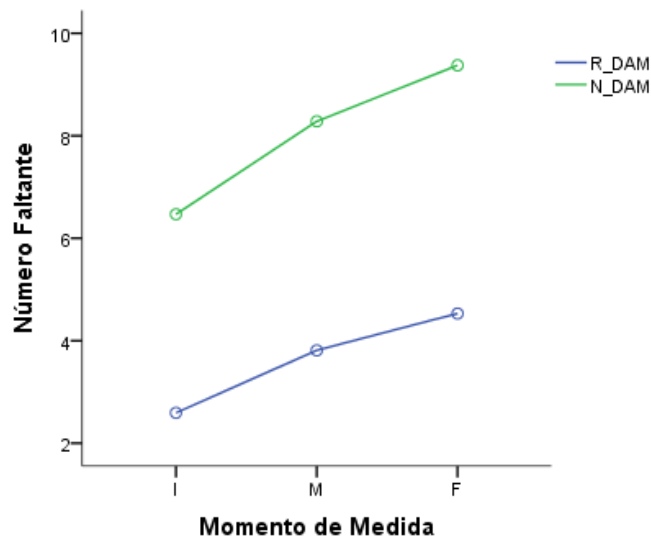


Figura 7. Evolución de los grupos en el rendimiento en NF en las diferentes medidas

4.2.2 Estudio 2.b

Para estudiar el efecto de la velocidad de procesamiento en el rendimiento en habilidades numéricas en función del Grupo se llevó a cabo un modelo de mediación. Previo a este análisis se llevó a cabo un ANOVA con factor inter, GRUPO (R_DAM, N_DAM) y variables dependientes RAN-L y RAN-N para estudiar si existían diferencias significativas entre los grupos. Los resultados de

este primer análisis mostraron que hubo diferencias significativas tan sólo en una de las medidas, RAN_N, $F(1,60)= 9.29$, $p < .01$, $\eta^2 = .13$. Las diferencias entre los grupos en RAN_L no fueron significativas, $F(1,60)= 1.13$, $p = .292$.

Una vez confirmadas las diferencias en la tarea de RAN-N, se llevó a cabo un análisis de mediación, siendo RAN-N el mediador, la variable a predecir, el rendimiento de los grupos en las medidas de fin de la batería ASPENS (CN y NF_F) y predictor categórico la variable GRUPOS. Los resultados indicaron un efecto indirecto de Grupo en la medida CN a través del rendimiento en RAN_N, $b = 2.47$, BCa CI [0.74, 4.96] (ver Figura 8). El tamaño de efecto de esta mediación se considera de medio a alto, $r^2 = .14$, 95% CI [.037, .291].

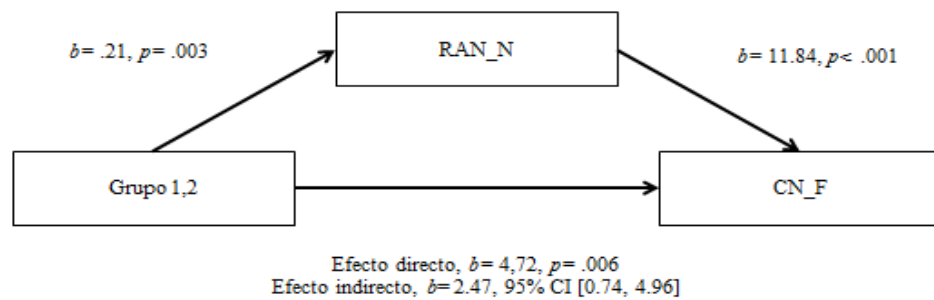


Figura 8. Gráfico de efecto de mediación de la variable RAN_N en la diferenciación de los grupos en la variable CN_F

Respecto al rendimiento de NF_F, hubo también un efecto indirecto importante del grupo en la medida NF a través del rendimiento de RAN_N, $b = 1.14$, BCa CI [0.3, 2.67] (ver Figura 9). Esto representa un efecto mediano a alto, $r^2 = .11$, 95% CI [.03, .24].

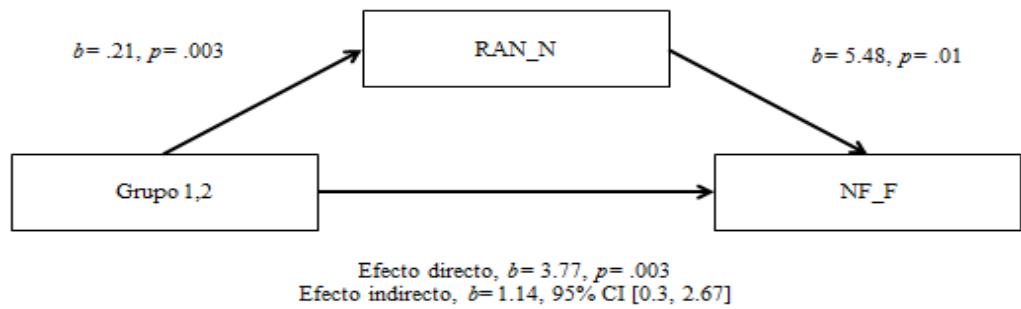


Figura 9. Gráfico de efecto de mediación de la variable RAN_N en la diferenciación de los grupos en la variable NF_F

Por tanto, tal y como muestran los resultados, el rendimiento diferencial entre ambos grupos en las medidas finales del ASPENS está mediatizado por el rendimiento en la tarea de RAN-N lo que representa la velocidad de procesamiento de series de números.

A continuación, seguimos el mismo procedimiento con la variable memoria de trabajo. En primer lugar, se llevó a cabo un ANOVA con factor inter GRUPO (R_DAM, N_DAM) y variables dependientes MT-D y MT-I para estudiar si existían diferencias significativas entre los grupos. Los resultados de este primer análisis mostraron que no existen diferencias significativas en ninguna de las medidas, MT-D, $F(1,61) = 1.14, p = .239$ y MT_I, $F(1,61) = 1.22, p = .273$. Por tanto, no cumple con los presupuestos para poder llevar a cabo el análisis de mediación. No obstante, realizamos un análisis de correlaciones entre ambas medidas y las medidas numéricas analizadas para poder entender la influencia que podría tener sobre las mismas independientemente del grupo. A continuación, en la tabla 6 se puede ver que a pesar de que las medidas de MT-D no correlaciona con ninguna de las medidas numéricas, sí lo hace y de forma moderada la medida de MT-I, siendo bastante estable el nivel de correlación a lo largo de las tres medidas tomadas.

Tabla 6. Correlación entre MT y tareas de ASPENS.

	CN_I	CN_M	CN_F	NF_I	NF_M	NF_F
MT_D	.169	.163	.196	.143	.156	.125
MT_I	.412**	.455**	.448**	.426**	.431**	.469**

Nota: **p<.01; MT_D=memoria de trabajo directo; MT_I= memoria de trabajo inverso

CAPITULO V. CONCLUSIONES Y DISCUSIÓN

Esta investigación tenía doble finalidad, por un lado, estudiar la evolución de las habilidades numéricas de estudiantes de primer año básico y analizar el desarrollo diferencial entre estudiantes en riesgo de presentar DAM y niños con rendimiento promedio en matemáticas. Por otro lado, se planteó analizar la influencia de las habilidades cognitivas en la diferenciación de rendimiento en las habilidades numéricas en niños con y sin riesgo de presentar DAM. Los hallazgos de estudios previos indican que existen diferencias en el desarrollo evolutivo de las habilidades numéricas en sujetos que han sido definidos como DAM versus estudiantes que cuentan con un desarrollo normal (e.g. Ashkenazi y Henik, 2010; Halberda et al., 2012; Mussolin, Mejias y Noel, 2010; Rubinsten y Henik, 2005). Además, se sugiere que estas diferencias se pueden observar desde edades tempranas, es decir, antes de que se cuente con los criterios diagnósticos para definir DAM (e.g. Toll y Van Luit, 2013; Träff, 2013). Sin embargo, por el momento no hay consenso en cuanto a si las diferencias en aspectos numéricos en niños con y sin DAM pueden estar determinadas por déficits de tipo general y no sólo específico, es decir, si los déficits presentados por los niños con DAM, están a su vez influenciados por déficits en los procesos cognitivos que sustentan parte de estas destrezas numéricas. Es por ello que en este estudio, los perfiles de rendimiento de cada uno de estos grupos considera tanto el rendimiento en tareas asociadas al sentido numérico como a factores cognitivos, específicamente la velocidad de procesamiento (RAN) y memoria de trabajo (MT). El trabajo se ha centrado en estos dos aspectos cognitivos por la importancia e influencia de los mismos sobre el desarrollo de las matemáticas según los hallazgos encontrados en varios estudios recientes (Cowan y Powell, 2014; Geary, 2011; Träff et al., 2016).

En relación al primer resultado de este estudio, la evolución del rendimiento aritmético en niños de primer año básico, se constata un incremento sistemático en las tareas de procesamiento numérico CN y NF para ambos grupos, sin embargo, se observan diferencias significativas entre los grupos en riesgo y rendimiento promedio, las cuales persisten en los tres puntos de medida. Esto indica que a pesar de la tendencia lineal de ambos grupos en las dos tareas de ASPENS, el déficit mostrado por el grupo en riesgo es persistente a lo largo del curso. Se observa que los resultados de la última medida realizada en diciembre el

grupo en riesgo obtiene casi la misma puntuación alcanzada en la medida inicial por el grupo con rendimiento normal. Estos resultados sugieren que la contribución de la enseñanza de la educación formal recibida, la cual plantea como objetivo curricular en tres de sus unidades de aprendizaje “Comparar y ordenar números del 0 al 20...” (MINEDUC, 2013, p.44), no resulta efectiva en los casos de estudiantes en riesgo de presentar DAM. De hecho, a pesar de todos los esfuerzos que pueden dirigir los profesores incluso, otorgando mayor atención a los sujetos con rendimiento más descendido, estos mejoran su desempeño, pero no en la medida de lo esperado, lo que además a lo largo del tiempo se podría incrementar (Torgesen, 2001). Desafortunadamente, estos hallazgos sugieren que las medidas pedagógicas utilizadas no generan el impacto esperado y por tanto los estudiantes con menor desempeño podrían desfasarse en el currículum y presentar necesidades educativas no necesariamente asociadas a un trastorno de aprendizaje de base, sino que estrategias de enseñanza- aprendizaje inadecuadas.

Respecto a las diferencias que se observan en el rendimiento de CN y NF, los resultados indican que el rendimiento de todos los estudiantes es mejor en las tareas de CN, lo que pudiera explicarse por la experiencia frente a la tarea, ya que esta es abordada explícitamente en los programas de estudio de primer año básico. No obstante, esta misma competencia presenta la mayor diferencia entre grupos. El grupo R_DAM obtiene menor cantidad de aciertos en los tres puntos de medida en comparación a sus pares con un desarrollo típico a pesar de contar con la misma instrucción escolar. Al parecer el éxito en esta habilidad pudiera ser un predictor de buen desempeño posterior. Estos resultados son consistentes con estudios que indican que los niños en riesgo son más lentos en la comparación de números (De Smedt y Gilmore, 2011; Lander et al., 2004), manifestando mayores tiempos y errores en sus respuestas que sus pares (Ashkenazi y Henik, 2010; Mussolin, Mejias y Noel, 2010) y que la comparación de magnitudes corresponde a una de las tareas de procesamiento numérico que implica dominar la línea numérica mental, considerada como una capacidad fundamental para el desarrollo de la aritmética y el cálculo mental, y por tanto un antecedente relevante en el desarrollo atípico de las habilidades numéricas y aritméticas en niños en edad escolar (Schweiter, Weinhold Zulauf y von Aster, 2005). Esto resulta aún más

complejo considerando que estas dificultades posteriormente pueden afectar la adquisición de conceptos numéricos (Ashkenazi y Henik, 2010).

En síntesis, el seguimiento del desarrollo de las habilidades matemáticas en los dos grupos de estudiantes igualados en CI, sexo y edad, permitió examinar las diferencias intra como interindividuales en el procesamiento numérico durante el primer año escolar, lo que responde a los cuestionamientos actuales de la normativa nacional e internacional respecto a la prevención (DSM-V, 2014; DS N° 170, 2009), y a los antecedentes aportados por la literatura especializada frente a algunas tareas numéricas precursoras de un buen desempeño aritmético posterior (Butterworth, 2010). De acuerdo a estos resultados se puede plantear para un estudio futuro establecer o evaluar diferencias en otras habilidades asociadas al desempeño y analizar si este desarrollo se diferencia no solo cuantitativamente sino que con diferencias de carácter cualitativo entre ambos grupos de rendimiento.

Por otra parte, las medidas encontradas por medio del instrumento ASPENS arrojan que a pesar de no ser un instrumento estandarizado en Chile cumple con los criterios de confiabilidad y validez como también con los objetivos planteados en el curriculum escolar chileno. Por tanto, sería importante contar en Chile con instrumentos que consideren estas medidas, es decir, una medición precisa de tareas numéricas simples las que permitan evaluar aspectos del sentido numérico y que por lo demás incluyan medidas de tiempo que permiten obtener datos de eficiencia como un indicador relevante al momento de diagnosticar dificultad de aprendizaje. Por otro lado, esta evaluación responde a las exigencias del DS N°170 referente a la evaluación continua y prevención de las necesidades educativas especiales de carácter transitorio como las DAM. Por ello, las medidas de ASPENS consideradas como medidas basadas en el curriculum (CBM) son ideales para Chile dado que cumplen con la normativa vigente y pueden generar grandes reportes para la intervención temprana, ya que se constata las mejoras que se presentan en el sentido numérico cuando se interviene tempranamente en tareas asociadas (e.g. (Kroesbergen, van 't Noordende y Kolkman, 2012), lo que a su vez permite que estos estudiantes sean matemáticamente más competentes (Rubinsten, 2015). En este sentido, identificar

las trayectorias de desarrollo de sujetos antes de ser diagnosticados permite obtener parámetros de identificación temprana para un determinado curso y tomar medidas remediales tal como lo plantea la normativa.

Referente al segundo estudio, los resultados indican tal como se ha constatado en estudios recientes que los aspectos cognitivos influyen en el rendimiento matemático (Cowan y Powell, 2014; Träff et al., 2016). Específicamente el análisis de la relación entre el rendimiento de la velocidad de procesamiento de los participantes y su rendimiento en habilidades numéricas arroja resultados que podrían vincularse a la hipótesis explicativa de las DAM del Déficit del acceso (Rousselle y Noel, 2007), ya que las diferencias fueron significativas en el manejo numérico y no en el de letras. Es decir, la manipulación de información numérica es quien predice significativamente el nivel de rendimiento en las tareas numéricas.

Al respecto de la participación de la memoria de trabajo, diversos estudios exponen la importancia de este factor cognitivo en la realización de tareas matemáticas. Según el modelo de cuatro pasos de Von Aster y Shalev (2007), la MT participa progresivamente en el desarrollo numérico y aritmético, lo que podría explicar que en tareas simples como las evaluadas y con las características de edad y curso de los participantes del estudio, estas aún no estén mediatizando el desempeño. De acuerdo al modelo de Baddeley (1992), la MT presenta diversos componentes los cuales intervienen en las diversas tareas propuestas, pero en la misma línea de nuestros resultados, Menon (2016) plantea que la implicación de estos no depende exclusivamente de la tarea sino que es relevante considerar el desarrollo de los sujetos, es decir, la edad y las competencias con las que cuenta cada estudiante, dado que el rol de cada componente puede variar en el tiempo. De hecho en diversos estudios se han encontrado las contribuciones particulares de cada uno de los componentes (e.g., Soltanlou, Pixner y Nuerk, 2015). Esto también es apoyado por los hallazgos de la neurociencia, los que indican que las diversas áreas cerebrales y sustratos neurales varían en función de las etapas y las necesidades o exigencias del ambiente, encontrándose incluso diferencias neurocognitivas en sujetos con discalculia. Por otra parte, nuestros resultados exponen la fuerte relación o implicación del componente ejecutivo en las tareas

simples en la primera etapa y no así el componente fonológico. En convergencia a esto, Szucs, Devine, Soltesz, Nobes y Gabriel (2014) exponen que las medidas fonológicas de MT no correlaciona con las habilidades matemáticas en estudiantes de 9 años de edad, destacando otros componentes de la misma. Por otra parte, los resultados de Meyer, Salimpoor, Wu, Geary y Menon (2010) indican que para los estudiantes de segundo grado tanto el componente ejecutivo central como el componente fonológico predicen las habilidades de razonamiento matemático. De acuerdo a estos autores “Este patrón sugiere que el ejecutivo central y el bucle fonológico facilitan el rendimiento durante las primeras etapas del aprendizaje matemático...” (p. 1). No obstante, los resultados que aquí se presentan exponen que el componente ejecutivo, el cual es principalmente evaluado en la tarea de MT-I, presenta mayor implicancia en el desarrollo de tareas numéricas que requieren tiempo como las de ASPENS. Por tanto, la demanda de actividad cognitiva concurrente como es almacenar y manipular información numérica transformando el orden en el cual fue presentada la serie de dígitos, está mayormente vinculada con el éxito de tareas numéricas como las que se evalúan en ASPENS, pudiendo ser mejor predictor el componente ejecutivo y considerarse una habilidad del perfil de sujetos con desarrollo típico.

En síntesis, de acuerdo a los resultados de este estudio los factores cognitivos que se relacionan directamente con el desempeño en matemáticas y por tanto en el riesgo de presentar DAM corresponden al componente ejecutivo y la velocidad de procesamiento de números. Esto es coherente, considerando que la información que se procesa corresponde a información analógica que debe ser representada, extraída y actualizada permanentemente.

Finalmente, considerando las limitaciones del estudio vinculadas al efecto suelo inicial en las medidas de ASPENS y la falta de mayor heterogeneidad en la muestra, puesto que participaron únicamente dos establecimientos escolares, nuestros resultados demuestran cómo la medición progresiva de habilidades vinculadas al sentido numérico y factores cognitivos involucrados en el desempeño aritmético pueden ser herramientas útiles para aplicar la normativa

nacional vigente. Además, conocer y definir tempranamente los procesos cognitivos subyacentes que diferencian a los sujetos en riesgo de los sujetos con desarrollo normal así como las habilidades numéricas precursoras de un desempeño adecuado, es un aporte determinante para prevenir dificultades mayores a mediano plazo y evitar problemas asociados como ansiedad o alteraciones en otras áreas de aprendizaje tal como se ha señalado en estudios de la misma línea. Finalmente es relevante mencionar que las iniciativas de prevención temprana tienen como consecuencia una menor incidencia de niños identificados con dificultades lo que a largo plazo supone un ahorro económico para el país.

REFERENCIAS

- Aguilar, M., Navarro, J., Alcalde, C. y Marchena, E. (2006). El constructo “conciencia numérica”. Su importancia en la detección y prevención de las dificultades de las matemáticas, *Biblid*, 21, 55-77.
- Albert, M. J. (2007). *La investigación educativa: claves teóricas*. España: Mc Graw Hill.
- American Psychiatric Association. (2013). Highlights of Changes from DSM-IV-TR to DSM-5. American Psychiatric Association, Washington, ..., 19. <http://doi.org/10.1176/appi.focus.11.4.525>
- Anobile, G., Cicchini, G. M., & Burr, D. C. (2012). Linear mapping of numbers onto space requires attention. *Cognition*, 122(3), 454–459. <http://doi.org/10.1016/j.cognition.2011.11.006>
- Ansari, D., Garcia, N., Lucas, E., Hamon, K., & Dhital, B. (2005). Neural correlates of symbolic number processing in children and adults. *Neuroreport*, 16(16), 1769–1773. <http://doi.org/10.1097/01.wnr.0000183905.23396.f1>
- Apa, A. P. A. (1994). *Manual Diagnóstico e Estatístico de Transtornos Mentais (DSM-IV-TR)*. 4a. Ed. Rev., (1).
- Arnau, Jaume; Bono, Roser Estudios longitudinales. Modelos de diseño y análisis Escritos de Psicología - Psychological Writings, vol. 2, núm. 1, diciembre, 2008, pp. 32-41 Universidad de Málaga Málaga, España
- Ashkenazi, S., & Henik, A. (2010). A disassociation between physical and mental number bisection in developmental dyscalculia. *Neuropsychologia*, 48(10), 2861-2868.
- Baddeley, A. (1992). Working Memory Alan Baddeley. *Science*, 255(5044), 556–559. <http://doi.org/10.1126/science.1736359>
- Balbi, A., & Dansilio, S. (2010). Dificultades De Aprendizaje Del Cálculo : Contribuciones Al Diagnóstico Psicopedagógico Difficulties in Learning

Calculation: Contributions To the Psychopedagogical Assessment. *Audiology - Communication Research*, (1), 7–15.

Bereiter, C., & Scardamalia, M. (1981). From conversation to composition: The role of instruction in a developmental process. In R. Glaser (Ed.), *Advances in instructional psychology* (Vol. 2, pp. 132–165). Hillsdale, NJ: Erlbaum.

Bermejo, V. (1994). Conservaciones e invariantes cognitivos en el desarrollo. *Aspectos psicológicos y epistemológicos. Estudios de Psicología*, n.17, 80-92.

Bermejo, V., & Blanco, M. (2009). Perfil matemático de los niños con Dificultades Específicas de Aprendizaje en Matemáticas en función de su capacidad lectora. *Enseñanza de Las Ciencias*, 27(3), 381–392.

Bermeosolo, J. (2000). *Metacognición y estrategias de aprendizaje e instrucción. Apoyo a la docencia*. Facultad de Educación. Santiago de Chile: PUC.

Bermeosolo, J. (2005). *Cómo aprenden los seres humanos: mecanismos psicológicos del aprendizaje*. Ediciones U. Católica. Santiago de Chile. (En prensa).

Blanco, M. (2009). Dificultades específicas del aprendizaje de las matemáticas en los primeros años de la escolaridad: detección precoz y características evolutivas (primer premio). In *Premios Nacionales de Investigación Educativa y Tesis Doctorales 2007* (pp. 363-396). Subdirección General de Información y Publicaciones.

Buendía, L., Colás, P. y Hernández, F. (2003). *Métodos de investigación en psicopedagogía*. Madrid: Mc Graw Hill.

Bull, R., & Scerif, G. (2001). Executive functionin as a predictor of children's mathematics ability: Inhibition, switching, and working memory. *Developmental Neuropsychology*, 19(3), 273–293. <http://doi.org/10.1207/S15326942DN1903>

- Brannon, E. (2002). The development of ordinal numerical knowledge in infancy. *Cognition*, vol. 83, 223-240.
- Butterworth B. (2005) The development of arithmetical abilities. *J Child Psychol Psychiatry* 46: 3–18.
- Butterworth, B., Varma, S., & Laurillard, D. (2011). Dyscalculia: From brain to education. *Science*, 332(6033), 1049–1053. <http://doi.org/10.1126/science.1201536>
- Cantlon, J. F., Brannon, E. M., Carter, E. J., & Pelphey, K. A. (2006). Functional imaging of numerical processing in adults and 4-y-old children. *Biology*, 4(5), 844–854. <http://doi.org/10.1371/journal.pbio.0040125>
- Friz Carrillo, M., Sanhueza Henríquez, S., & Sánchez Bravo, A. (2009). Conocimiento que poseen los estudiantes de pedagogía en dificultades de aprendizaje de las matemáticas (DAM). *Estudios pedagógicos (Valdivia)*, 35(1), 47-62.
- Cerda, G., Pérez, C., Moreno, C., Núñez, K., Quezada, E., Rebolledo, J., & Sáez, S. (2012). Adaptación de la versión española del Test de Evaluación Matemática Temprana de Utrecht en Chile. *Estudios Pedagógicos*, 38(1), 235–253. <http://doi.org/10.4067/S0718-07052012000100014>
- Clarke, B., & Shinn, M. (2004). A preliminary investigation into the identification and development of early mathematics curriculum-based measurement. *School Psychology Review*, 33, 234—248.
- Clarke, B., Doabler, C. T., Smolkowski, K., Baker, S. K., Fien, H., & Strand Cary, M. (2016). Examining the efficacy of a Tier 2 kindergarten mathematics intervention. *Journal of learning disabilities*, 49(2), 152-165.
- Clarke, B., Gersten, R., Dimino, J., & Rolfhus, E. (2012). Assessing student proficiency in early number sense (ASPENS) [Measurement instrument]. Longmont, CO: Cambium Learning Group.

- Clements, D. H., & Sarama, J. (2007). Effects of a preschool mathematics curriculum: Summative research on the Building Blocks project. *Journal for Research in Mathematics Education*, 136-163.
- Cowan, R., & Powell, D. (2014). The Contributions of Domain-General and Numerical Factors to Third-Grade Arithmetic Skills and Mathematical Learning Disability. *Journal of Educational Psychology*, 106(1), 214–229. <http://doi.org/10.1037/a0034097>
- D’Amico, A., & Passolunghi, M. C. (2009). Naming speed and effortful and automatic inhibition in children with arithmetic learning disabilities. *Learning and Individual Differences*, 19(2), 170–180. <http://doi.org/10.1016/j.lindif.2009.01.001>
- De Smedt, B., & Gilmore, C. K. (2011). Defective number module or impaired access? Numerical magnitude processing in first graders with mathematical difficulties. *Journal of Experimental Child Psychology*, 108(2), 278–292. <http://doi.org/10.1016/j.jecp.2010.09.003>
- Dehaene, S. (1992). Varieties of numerical abilities. *Cognition*, 44(1-2), 1–42. [http://doi.org/10.1016/0010-0277\(92\)90049-N](http://doi.org/10.1016/0010-0277(92)90049-N)
- Dehaene, S. (2001). Précis of The Number Sense. *Mind & Language*, 16(1), 16–36. <http://doi.org/10.1111/1468-0017.00154>
- Dehaene, S., & Cohen, L. (1995). Towards an anatomical and functional model of number processing. *Mathematical Cognition*.
- Dehaene, S., & Cohen, L. (1997). Cerebral pathways for calculation: double dissociation between rote verbal and quantitative knowledge of arithmetic. *Cortex*, 33(2), 219–250. [http://doi.org/10.1016/S0010-9452\(08\)70002-9](http://doi.org/10.1016/S0010-9452(08)70002-9)
- Deno, S. L. (2003). Developments in Curriculum-Based Measurement. *The Journal of Special Education*, 37(3), 184–192. <http://doi.org/10.1177/00224669030370030801>

- Desoete, A., Stock, P., Schepens, A., Baeyens, D., & Roeyers, H. (2009). Classification, seriation, and counting in grades 1, 2, and 3 as two-year longitudinal predictors for low achieving in numerical facility and arithmetical achievement? *Journal of Psychoeducational Assessment*, 27(3), 252–264. <http://doi.org/10.1177/0734282908330588>
- Donker, M., Kroesbergen, E., Slot, E., Van Viersen, S., & De Bree, E. (2016). Alphanumeric and non-alphanumeric Rapid Automatized Naming in children with reading and/or spelling difficulties and mathematical difficulties. *Learning and Individual Differences*, 47, 80–87. <http://doi.org/10.1016/j.lindif.2015.12.011>
- Dowker, A. (2006). What can functional brain imaging studies tell us about typical and atypical cognitive development in children? *Journal of Physiology Paris*, 99(4-6), 333–341. <http://doi.org/10.1016/j.jphysparis.2006.03.010>
- Durand, M., Hulme, C., Larkin, R., & Snowling, M. (2005). The cognitive foundations of reading and arithmetic in 7- to 10-yearolds. *Journal of Experimental Child Psychology*, 91, 113–136.
- Fias, W., Menon, V., & Szucs, D. (2013). Multiple components of developmental dyscalculia. *Trends in Neuroscience and Education*, 2(2), 43–47. <http://doi.org/10.1016/j.tine.2013.06.006>
- Fuchs, L. S., Compton, D. L., Fuchs, D., Paulsen, K., Bryant, J. D., & Hamlett, C. L. (2005). The prevention, identification, and cognitive determinants of math difficulty. *Journal of Educational Psychology*, 97(3), 493
- Fuchs, L.S., Fuchs, D., Yazdian, L., & Powell, S. R. (2002). Enhancing first grade children's mathematical development with peer-assisted learning strategies. *School Psychology Review*, 31, 569 – 584.
- Fuson, K.C. (2000). Pre-K to Grade 2 Goals and Standards: Achieving 21st Century Mastery for All. Ponencia presentada en la Conference on Standards for Preschool and Kindergarten Mathematics Education, State University of

New York at Buffalo.
Extraído del sitio Web: <http://www.gse.buffalo.edu/org/conference>

- García Vidal, J., García, B. y González, D. (2013). EVAMAT- Prueba para la evaluación de la competencia matemática. Madrid: EOS.
- Gathercole, S. E., Brown, L., & Pickering, S. J. (2003). Working memory assessments at school entry as longitudinal predictors of National Curriculum attainment levels. *Educational and Child Psychology*.
- Geary, D. C. (1994). Individual differences in mathematical ability. In *Children's mathematical development: Research and practical applications* (pp. 131–153). <http://doi.org/10.1037/10163-001>
- Geary, D.C. (2004). Mathematics and learning disabilities. *Journal of Learning Disabilities*, 37, 4—15.
- Geary, D. C. (2011). Cognitive predictors of achievement growth in mathematics: a 5-year longitudinal study. *Developmental Psychology*, 47(6), 1539–52. <http://doi.org/10.1037/a0025510>
- Geary, D. C., Hamson, C. O., & Hoard, M. K. (2000). Numerical and arithmetical cognition: a longitudinal study of process and concept deficits in children with learning disability. *Journal of Experimental Child Psychology*, 77(3), 236–63. <http://doi.org/10.1006/jecp.2000.2561>
- Geary, D. C., & Hoard, M. K. (2005). Learning disabilities in arithmetic and mathematics: Theoretical and empirical perspectives. *Handbook of Mathematical Cognition*, 253–267.
- Georgiou, G. K., Tziraki, N., Manolitsis, G., & Fella, A. (2013). Is rapid automatized naming related to reading and mathematics for the same reason(s)? A follow-up study from kindergarten to Grade 1. *Journal of Experimental Child Psychology*, 115(3), 481–496. <http://doi.org/10.1016/j.jecp.2013.01.004>

- Gersten, R., & Chard, D. (1999). Number sense: Rethinking arithmetic instruction for students with mathematical disabilities. *The Journal of Special Education*, 33(1), 18–28. <http://doi.org/10.1177/002246699903300102>
- Gersten, R., Jordan, N. C., & Flojo, J. R. (2005). Early Identification and Mathematics Difficulties. *Journal of Learning Disabilities*, 38(4), 293–304. <http://doi.org/10.1177/00222194050380040801>
- Grabulosa, J. M. (2002). *La discalculia del Desarrollo*. Barcelona: Universidad de Barcelona, 1-6.
- Griffin, S., & Case, R. (1997). Re-thinking the primary school math curriculum: An approach based on cognitive science. *Issues in Education*, 3(1), 1-49.
- Gross-Tsur, V., Manor, O., & Shalev, R. S. (1996). Developmental dyscalculia: prevalence and demographic features. *Developmental Medicine and Child Neurology*, 38(1), 25–33. <http://doi.org/10.1007/s007870070009>
- Halberda, J., Ly, R., Wilmer, J. B., Naiman, D. Q., & Germine, L. (2012). Number sense across the lifespan as revealed by a massive Internet-based sample. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 109(28), 11116-11120.
- Hanich, L. B., Jordan, N. C., Kaplan, D., & Dick, J. (2001). Performance across different areas of mathematical cognition in children with learning difficulties. *Journal of Educational Psychology*, 93(3), 615.
- Hecht, S. A., Torgesen, J. K., Wagner, R. K., & Rashotte, C. A. (2001). The relations between phonological processing abilities and emerging individual differences in mathematical computation skills: A longitudinal study from second to fifth grades. *Journal of Experimental Child Psychology*, 79(2), 192–227. <http://doi.org/10.1006/jecp.2000.2586>
- Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C., & Baptista Lucio, P. (2003). *Metodología de la investigación*. La Habana: Editorial Félix Varela, 2.

Hinton, V., Flores, M. M., Shippen, M., Flores, M. M., Response, M., Hinton, V., ... Shippen, M. (2013). Response to Intervention and Math Instruction

To cite this article :

Ischebeck, A., Zamarian, L., Schocke, M., & Delazer, M. (2009). Flexible transfer of knowledge in mental arithmetic - An fMRI study. *NeuroImage*, 44(3), 1103–1112. <http://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2008.10.025>

Jacobovich, S. (2006). Modelos actuales de procesamiento del número y el cálculo. *Revista Argentina de Neuropsicología*, 7, 21–31.

Jain, S., & Dowson, M. (2009). Mathematics anxiety as a function of multidimensional self-regulation and self-efficacy. *Contemporary Educational Psychology*, 34(3), 240–249. <http://doi.org/10.1016/j.cedpsych.2009.05.004>

Jiménez, J.E., Artiles, C., Rodríguez, C, Naranjo, F., González, D., Crespo, P., Hernández, A., y Afonso, M. (2009). Dificultades específicas de aprendizaje: mirando hacia el futuro. *Revista Electrónica de Dificultades de Aprendizaje*, (1), 1-12.

Jiménez, J. E., Luft Baker, D., Rodríguez, C., Crespo, P., Artiles, C., Alfonso, M., ... & Suárez, N. (2011). Evaluación del progreso de aprendizaje en lectura dentro de un Modelo de Respuesta a la Intervención (RtI) en la Comunidad Autónoma de Canarias. *Escritos de Psicología (Internet)*, 4(2), 56-64.

Jordan, N. C., & Hanich, L. B. (2003). Characteristics of children with moderate mathematics deficiencies: A longitudinal perspective. *Learning Disabilities Research & Practice*, 18(4), 213-221.

Jordan, N. C., Hanich, L. B., & Kaplan, D. (2003). A longitudinal study of mathematical competencies in children with specific mathematics difficulties versus children with comorbid mathematics and reading difficulties. *Child Development*, 74, 834–850.

- Jordan, N. C., Kaplan, D., Olah, L. N., & Locuniak, M. N. (2006). Number sense growth in kindergarten: A longitudinal investigation of children at-risk for mathematics difficulties. *Child Development*, 77(1), 153–177.
- Kaufmann, L., Mazzocco, M. M., Dowker, A., von Aster, M., Göbel, S. M., Grabner, R. H., ... Nuerk, H. C. (2013). Dyscalculia from a developmental and differential perspective. *Frontiers in Psychology*, 4(AUG), 1–5. <http://doi.org/10.3389/fpsyg.2013.00516>
- Kaufmann, L., & Nuerk, H. C. (2005). Numerical development: Current issues and future perspectives. *Psychology Science*.
- Kaufmann, L., & Von Aster, M. (2012). Diagnostik und intervention bei rechenstörung. *Deutsches Arzteblatt International*, 109(45), 767–778. <http://doi.org/10.3238/arztebl.2012.0767>
- Koponen, T., Salmi, P., Torppa, M., Eklund, K., Aro, T., Aro, M., ... & Nurmi, J. E. (2016). Counting and rapid naming predict the fluency of arithmetic and reading skills. *Contemporary Educational Psychology*, 44, 83-94.
- Kroesbergen, E. H., van 't Noordende, J. E., & Kolkman, M. E. (2012). Training working memory in kindergarten children: Effects on working memory and early numeracy. *Child Neuropsychology*, 7049(July 2015), 1–15. <http://doi.org/10.1080/09297049.2012.736483>
- Landerl, K. (2013). Development of numerical processing in children with typical and dyscalculic arithmetic skills-a longitudinal study. *Frontiers in Psychology*, 4(JUL), 1–14. <http://doi.org/10.3389/fpsyg.2013.00459>
- Landerl, K., Bevan, A., & Butterworth, B. (2004). Developmental dyscalculia and basic numerical capacities: A study of 8-9-year-old students. *Cognition*, 93(2), 99–125. <http://doi.org/10.1016/j.cognition.2003.11.004>
- Landerl, K., & Kölle, C. (2009). Typical and atypical development of basic numerical skills in elementary school. *Journal of Experimental Child Psychology*, 103(4), 546–565. <http://doi.org/10.1016/j.jecp.2008.12.006>

- Landerl, K., & Wimmer, H. (2008). Development of word reading fluency and spelling in a consistent orthography: An 8-year follow-up. *Journal of Educational Psychology*, 100(1), 150–161. <http://doi.org/10.1037/0022-0663.100.1.150>
- Lembke, E. S., Hampton, D., & Beyers, S. J. (2012). Response to intervention in mathematics: Critical elements. *Psychology in the Schools*, 49(3), 257–272. <http://doi.org/10.1002/pits.21596>
- Locuniak, M. N., & Jordan, N. C. (2008). Using kindergarten number sense to predict calculation fluency in second grade. *Journal of Learning Disabilities*, 41(5), 451–459. <http://doi.org/10.1177/0022219408321126>
- López, J. D. (2009). ¿Qué código subyace a las Multiplicaciones? Evidencias de una tarea de magnitud con primming enmascarado. *Escritos de Psicología*, Volumen 2 numero 3, 27-34.
- Lopez, M. (2013). Diferencias en el desempeño de la memoria de trabajo: un estudio en niños de diferentes grupos sociales. *Revista de Educación Inclusiva*, 6, 109–119.
- Macaruso, P., & Sokol, S. M. (1998). Cognitive neuropsychology and developmental dyscalculia. In *The development of mathematical skills. Studies in developmental psychology* (pp. 201–225).
- Manuel Aguilar, José I. Navarro, C. A. y, & Marchena, E. (2006). El constructo “conciencia numérica”. Su importancia en la detección y prevención de las dificultades de aprendizaje de las matemáticas Manuel Aguilar , José I. Navarro , Concepción Alcalde y Esperanza Marchena.
- Mazzocco, M. M. M., & Grimm, K. J. (2013). Growth in rapid automatized naming from grades K to 8 in children with math or reading disabilities. *Journal of Learning Disabilities*, 46(6), 517–33. <http://doi.org/10.1177/0022219413477475>
- Mazzocco, M. M. M., & Rasanen, P. (2013). Contributions of longitudinal studies to evolving definitions and knowledge of developmental dyscalculia.

Trends in Neuroscience and Education, 2(2), 65–73.
<http://doi.org/10.1016/j.tine.2013.05.001>

Mazzocco, M. M. M., & Thompson, R. E. (2005). Kindergarten Predictors of Math Learning Disability. *Learning Disabilities Research & Practice: A Publication of the Division for Learning Disabilities, Council for Exceptional Children*, 20(3), 142–155. <http://doi.org/10.1111/j.1540-5826.2005.00129.x>

McCloskey, M., Caramazza, a, & Basili, a. (1985). Cognitive mechanisms in number processing: Evidence from dyscalculia. *Brain and Cognition*, 4, 171–196.

McCloskey, M., Caramazza, A., & Basili, A. (1985). Cognitive mechanisms in number processing and calculation: Evidence from dyscalculia. *Brain and Cognition*, 4(2), 171–196.

McKenzie, B., Bull, R., & Gray, C. (2003). The effects of phonological and visual-spatial interference on children's arithmetical performance. *Educational and Child Psychology*, 20(3), 93–108.

Melby-Lervåg, M., Lyster, S.A.H., & Hulme, C. (2012). Phonological skills and their role in learning to read: A meta-analytic review. *Psychological Bulletin*, 138(2), 322-352.

Menon, V. (2016). Working memory in children's math learning and its disruption in dyscalculia. *Current Opinion in Behavioral Sciences*, 10, 125–132. <http://doi.org/10.1016/j.cobeha.2016.05.014>

Meyer, M. L., Salimpoor, V. N., Wu, S. S., Geary, D. C., & Menon, V. (2010). Differential contribution of specific working memory components to mathematics achievement in 2nd and 3rd graders. *Learning and Individual Differences*, 20(2), 101–109. <http://doi.org/10.1016/j.lindif.2009.08.004>

- Milicic, N., Schmidt S., (2002). Manual de la prueba de precálculo para predecir dificultades en el aprendizaje de las matemáticas en niños de 4 a 7 años. Santiago: Universitaria.
- Miller, S. P., & Mercer, C. D. (1997). Educational aspects of mathematics disabilities. *Journal of learning disabilities*, 30(1), 47-56.
- MINISTERIO DE EDUCACIÓN. (2012). Resultados PISA 2012. Chile, 1–48.
- MINISTERIO DE EDUCACIÓN. (2013). Estándares de Aprendizaje Matemática 4° Básico. Unidad de Currículum y Evaluación. Santiago de Chile: MINEDUC.
- MINISTERIO DE EDUCACIÓN. (2013). Orientaciones Técnicas Para Programas De Integración Escolar (Pie).
- MINISTERIO DE EDUCACIÓN. (2013). Matemática. Programa de estudio para primer año básico. Unidad de currículum y evaluación. Santiago de Chile: MINEDUC.
- MINISTERIO DE EDUCACIÓN. (2010). Decreto 170/10. Santiago de Chile.
- MINISTERIO DE EDUCACIÓN (1999). Decreto 291/99. Santiago de Chile.
- Mussolin, C., Mejias, S., & No??l, M. P. (2010). Symbolic and nonsymbolic number comparison in children with and without dyscalculia. *Cognition*, 115(1), 10–25. <http://doi.org/10.1016/j.cognition.2009.10.006>
- Norton, E. S., & Wolf, M. (2012). Rapid Automated Naming (RAN) and Reading Fluency: Implications for Understanding and Treatment of Reading Disabilities. *Annu. Rev. Psychol*, 63, 427–52. <http://doi.org/10.1146/annurev-psych-120710-100431>
- OECD. (2012). Marcos y pruebas de evaluación de PISA 2012 Matemáticas , Lectura y Ciencias. <http://doi.org/ibid 978-84-369-5525-5>
- Okamoto, Y., & Case, R. (1996). Exploring the microstructure of children's central conceptual structures in the domain of number. *Monographs of the Society for Research in Child Development*, 61, 27–59.

- Pan, J., McBride-Chang, C., Shu, H., Liu, H., Zhang, Y., & Li, H. (2011). What is in the naming? A 5-year longitudinal study of early rapid naming and phonological sensitivity in relation to subsequent reading skills in both native Chinese and English as a second language. *Journal of Educational Psychology*, 103(4), 897–908. <http://doi.org/10.1037/a0024344>
- Passolunghi, M. C., & Siegel, L. S. (2004). Working memory and access to numerical information in children with disability in mathematics. *Journal of Experimental Child Psychology*, 88(4), 348–367. <http://doi.org/10.1016/j.jecp.2004.04.002>
- Pauly, H., Linkersdörfer, J., Lindberg, S., Woerner, W., Hasselhorn, M., & Lonnemann, J. (2011). Domain-specific Rapid Automatized Naming deficits in children at risk for learning disabilities. *Journal of Neurolinguistics*, 24(5), 602–610. <http://doi.org/10.1016/j.jneuroling.2011.02.002>
- Piazza, M., Facoetti, A., Trussardi, A. N., Berteletti, I., Conte, S., Lucangeli, D., ... Zorzi, M. (2010). Developmental trajectory of number acuity reveals a severe impairment in developmental dyscalculia. *Cognition*, 116(1), 33–41. <http://doi.org/10.1016/j.cognition.2010.03.012>
- Prevatt, F., Welles, T. L., Li, H., & Proctor, B. (2010). The Contribution of Memory and Anxiety to the Math Performance of College Students with Learning Disabilities. *Learning Disabilities Research & Practice*, 25(1), 39–47. <http://doi.org/10.1111/j.1540-5826.2009.00299.x>
- Price, G. R., & Ansari, D. (2013). Dyscalculia: Characteristics, Causes, and Treatments. *Numeracy*, 6(1), 2. <http://doi.org/10.5038/1936-4660.6.1.2>
- Raghubar, K. P., Barnes, M. A., & Hecht, S. A. (2010). Working memory and mathematics: A review of developmental, individual difference, and cognitive approaches. *Learning and Individual Differences*, 20(2), 110–122. <http://doi.org/10.1016/j.lindif.2009.10.005>
- Rodríguez, C., & Jiménez, J. E. (2016). What cognitive and numerical skills best define learning disabilities in mathematics? ¿Qué habilidades cognitivas

y numéricas definen mejor las dificultades de aprendizaje en matemáticas?. *Estudios de Psicología*, 37(1), 115-134.

Rodríguez, C., van den Boer, M., Jiménez, J. E., & de Jong, P. F. (2015). Developmental changes in the relations between RAN, phonological awareness, and reading in Spanish children. *Scientific Studies of Reading*, 19(4), 273-288.

Roselli, M., & Matute, E. (2011). La Neuropsicología del Desarrollo Típico y Atípico de las Habilidades Numéricas. *Revista Neuropsicología, Neuropsiquiatría Y Neurociencias*, ISSN-E 0124-1265, Vol. 11, No. 1, 2011, Págs. 123-140, 11(1), 123–140.

Rousselle, L., & Noël, M. P. (2007). Basic numerical skills in children with mathematics learning disabilities: A comparison of symbolic vs non-symbolic number magnitude processing. *Cognition*, 102(3), 361–395. <http://doi.org/10.1016/j.cognition.2006.01.005>

Rubinsten, O. (2015). Link between cognitive neuroscience and education: the case of clinical assessment of developmental dyscalculia. *Frontiers in Human Neuroscience*, 9(May), 304. <http://doi.org/10.3389/fnhum.2015.00304>

Rubinsten, O., & Henik, A. (2005). Automatic activation of internal magnitudes: a study of developmental dyscalculia. *Neuropsychology*, 19(5), 641.

Rubinsten, O., & Henik, A. (2009). Developmental Dyscalculia: heterogeneity might not mean different mechanisms. *Trends in Cognitive Sciences*, 13(2), 92–99. <http://doi.org/10.1016/j.tics.2008.11.002>

Shalev, R. S. (2004). Developmental dyscalculia. *Journal of child neurology*, 19(10), 765-771.

Schweiter, M., Weinhold Zulauf, M., & von Aster, M. (2005). Die Entwicklung räumlicher Zahlenrepräsentationen und Rechenfertigkeiten bei Kindern. *Zeitschrift Für Neuropsychologie*, 16(2), 105–113. <http://doi.org/10.1024/1016-264X.16.2.105>

- Seitz, K., & Schumann-Hengsteler, R. (2000). Mental multiplication and working memory. *European Journal of Cognitive Psychology*, 12(4), 552–570. <http://doi.org/10.1080/095414400750050231>
- Shalev, R. S., Manor, O., & Gross-Tsur, V. (2005). Developmental Dyscalculia: A prospective six-year follow-up. *Developmental Medicine & Child Neurology*, 47(2), 121-125.
- Siegel, L.S. (1990). IQ and learning disabilities: R.I.P. En H.L. Swanson y B. Keogh (Eds.), *Learning disabilities: theoretical and research issues* (pp.111-194). Hillsdale, Nueva Jersey: Lawrence Erlbaum.
- Sierra Fitzgeald, Ó., & Ocampo Gaviria, T. (2013). El papel de la memoria operativa en las diferencias y trastornos del aprendizaje escolar. *Revista Latinoamericana de Psicología*, 45(1), 63 – 79.
- Simmons, F., & Singleton, CH. (2007). Do weak phonological representations impact on arithmetic development? A review of research into arithmetic and dyslexia. *DYSLEXIA*, 14, 77-94.
- Skagerlund, K., & Träff, U. (2014). Development of magnitude processing in children with developmental dyscalculia: space, time, and number. *Frontiers in psychology*, 5, 675.
- Soltanlou, M., Pixner, S., & Nuerk, H. (2015). Contribution of working memory in multiplication fact network in children may shift from verbal to visuo-spatial: a longitudinal investigation. *Front Psychol*, 6(July), 1–10. <http://doi.org/10.3389/fpsyg.2015.01062>
- Stanovich, K. E. (1986). Matthew effects in reading: some consequences of individual differences in the acquisition of literacy. *Reading Research Quarterly*, 21(4), 360–407. <http://doi.org/10.1598/RRQ.21.4.1>
- Swanson, H. L. (2011). Working memory, attention, and mathematical problem solving: A longitudinal study of elementary school children. *Journal of Educational Psychology*, 103(4), 821–837. <http://doi.org/10.1037/a0025114>

- Swanson, L., & Kim, K. (2007). Working memory, short-term memory, and naming speed as predictors of children's mathematical performance. *Intelligence*, 35(2), 151–168. <http://doi.org/10.1016/j.intell.2006.07.001>
- Szucs, D., Devine, A., Soltesz, F., Nobes, A., & Gabriel, F. (2014). Cognitive components of a mathematical processing network in 9-year-old children. *Developmental Science*, 17(4), 506–524. <http://doi.org/10.1111/desc.12144>
- Szucs, D., & Goswami, U. (2013). Developmental dyscalculia: Fresh perspectives. *Trends in Neuroscience and Education*, 2(2), 33–37. <http://doi.org/10.1016/j.tine.2013.06.004>
- Tavernal, A., & Peralta, O. (2009). Dificultades de aprendizaje. Evaluación dinámica como herramienta diagnóstica. *Revista Intercontinental de Psicología y Educación*, 11(2), 113-139.
- Temple, C. M. (1997). Cognitive neuropsychology and its application to children. *Journal of Child Psychology and Psychiatry and Allied Disciplines*. <http://doi.org/10.1111/j.1469-7610.1997.tb01504.x>
- Toll, S. W. M., Van der Ven, S. H. G., Kroesbergen, E. H., & Van Luit, J. E. H. (2011). Executive Functions as Predictors of Math Learning Disabilities. *Journal of Learning Disabilities*, 44(6), 521–532. <http://doi.org/10.1177/0022219410387302>
- Toll, S. W. M., & Van Luit, J. E. H. (2013). The development of early numeracy ability in kindergartners with limited working memory skills. *Learning and Individual Differences*, 25, 45–54. <http://doi.org/10.1016/j.lindif.2013.03.006>
- Torgesen, J.K. (2000). Individual differences in response to early interventions in reading. The lingering problem of treatment resisters. [Online Version]. *Learning Disabilities Research & Practice*, 15, 55– 64.
- Träff, U. (2013). The contribution of general cognitive abilities and number abilities to different aspects of mathematics in children. *Journal of*

- Experimental Child Psychology, 116(2), 139–156.
<http://doi.org/10.1016/j.jecp.2013.04.007>
- Träff, U., Olsson, L., Östergren, R., & Skagerlund, K. (2016). iMedPub Journals
 Heterogeneity of Developmental Dyscalculia: Cases with Different
 Deficit Profiles Abstract, 1–14.
- van De Rijt, B. a. M., & van Luit, J. E. H. (1998). Effectiveness of the Additional
 Early Mathematics program for teaching children early mathematics.
 Instructional Science, 26, 337–358.
<http://doi.org/10.1023/A:1003180411209>
- Von Aster, M. G., & Shalev, R. S. (2007). Number development and
 developmental dyscalculia. Developmental Medicine and Child
 Neurology, 49(11), 868–873. <http://doi.org/10.1111/j.1469-8749.2007.00868.x>
- Williams, A. (2012). A teacher’s perspective of dyscalculia: Who counts? An
 interdisciplinary overview. Australian Journal of Learning Difficulties,
 18(1), 1–16. <http://doi.org/10.1080/19404158.2012.727840>
- Wilson, A. J., & Dehaene, S. (2007). Number sense and developmental
 dyscalculia. Human Behavior, Learning, and the Developing Brain:
 Atypical Development., 212–238.
<http://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>
- Wilson, K. M., & Swanson, H. L. (2001). Specific Working Memory Deficit ?
<http://doi.org/10.1177/002221940103400304>
- Wolf, M., Bowers, P. G., & Biddle, K. (n.d.). Timing , and Reading : Conceptual
 Review.
- Wynn, K. (1998). Psychological foundations of number: Numerical competence
 in human infants. Trends in Cognitive Sciences.
[http://doi.org/10.1016/S1364-6613\(98\)01203-0](http://doi.org/10.1016/S1364-6613(98)01203-0)
- Xu, F., & Spelke, E. S. (2000). Large number discrimination in 6-month-old
 infants. Cognition, 74(1). [http://doi.org/10.1016/S0010-0277\(99\)00066-9](http://doi.org/10.1016/S0010-0277(99)00066-9)

MAGISTER EN PSICOPEDAGOGÍA Y EDUCACIÓN ESPECIAL
PAUTA EVALUACIÓN TESIS MAGÍSTER EN PSICOPEDAGOGÍA Y EDUCACIÓN ESPECIAL

Título de la Tesis: Evolución de las Habilidades Aritméticas en Niños con y sin Dificultades de Aprendizaje en Matemática

Autor(a)	Bárbara Guzmán Gómez
Director de Tesis	Dra. Cristina Rodríguez Rodríguez
Programa	Magíster en Psicopedagogía y Educación Especial
Nombre del Evaluador	Dr. Felipe Sepúlveda L

Nota: Evalúe de 1.0 a 7.0 cada uno de los indicadores que se presentan esta pauta.

1. De los Aspectos Formales (10%)

Indicadores	Nota
1. Presentación de la Tesis de acuerdo a formato oficial	7.0
2. Índice (de contenidos, gráficos y/o figuras)	7.0
3. Resumen (en español e inglés)	6.8
4. Correcto uso de ortografía	7.0
5. Redacción coherente con escritura científica de la especialidad	7.0
6. Referencias y citas de acuerdo a Norma APA, 6Th Edition.	6.5
Promedio	6.9

2. De la Formulación del Problema (20%)

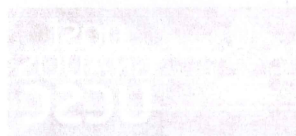
Indicadores	Nota
1. Construcción del objeto de estudio a partir de la presentación de antecedentes contextuales, teóricos y empíricos	7.0
2. Supuestos o hipótesis de trabajo en correspondencia con el objeto de estudio	7.0
3. Formulación de la interrogante de investigación	7.0
4. Relevancia del problema de investigación en el contexto de la disciplina	7.0
5. Objetivos formulados con claridad y coherentes con el problema y el objeto de estudio.	7.0
Promedio	7.00

3. Del Marco Teórico (20%)

Indicadores	Nota
1. Antecedentes teóricos : presentación ordenada y coherente de los capítulos, apartados y sub apartados teóricos que sustentan la investigación	7.0
2. Aproximación al estado de arte de la problemática de investigación	7.0
3. Pertinencia, relevancia y actualización de las fuentes de referencia para la investigación	7.0
Promedio	7.00

4. Del Marco Metodológico (20%)

Indicadores	Nota
1. Paradigma y Enfoque de la investigación	7.00



2. Diseño de la investigación: operacionalización de la investigación en fases	7.0
3. Muestra o Participantes	7.0
4. Estrategias, técnicas e instrumentos de recogida de datos	7.0
5. Estrategias de análisis de datos	6.8
6. Criterios de rigor científico	7.0
Promedio	6.96

5. De los Resultados (20%)

Indicadores	Nota
1. Presentación de resultados de forma clara y sintética	6.7
2. Procesamiento, análisis e interpretación de los resultados o hallazgos	7.0
3. Tablas, figuras o gráficos bien construidos	6.8
Promedio	6.83

6. De las Conclusiones, Discusión y Proyecciones (10%)

Indicadores	Nota
1. Conclusiones respecto de los objetivos propuestos	6.5
2. Discusión de resultados, según el marco teórico referencial y el estado del arte	6.3
3. Limitaciones y proyecciones del estudio	6.5
Promedio	6.43

Calificación Final

	Promedio Calificación (de 1.0 a 7.0)	Porcentaje	Ponderación
1. Aspectos Formales	6.9	10%	69
2. Formulación	7.00	20%	140
3. Marco Teórico	7.00	20%	140
4. Marco Metodológico	6.96	20%	139.2
5. Resultados	6.83	20%	136.6
6. Conclusiones y Discusión	6.43	10%	74.3
Calificación Final			6.9

6-Marzo-2011
FECHA

Felipe Sepulveda
Nombre y Firma Evaluador

Afiliación (Departamento, Facultad, Universidad)





MAGISTER EN PSICOPEDAGOGÍA Y EDUCACIÓN ESPECIAL

PAUTA EVALUACIÓN TESIS MAGÍSTER EN PSICOPEDAGOGÍA Y EDUCACIÓN ESPECIAL

Título de la Tesis: "Evolución de las habilidades aritméticas en niños con y sin dificultades de aprendizaje en matemáticas"

Autor(a)	Bárbara Guzmán Gómez
Director de Tesis	Dra. Cristina Rodríguez Rodríguez
Programa	Magíster en Psicopedagogía y Educación Especial
Nombre del Evaluador	Carlos Oyarzún B.

Nota: Evalúe de 1.0 a 7.0 cada uno de los indicadores que se presentan esta pauta.

1. De los Aspectos Formales (10%)

Indicadores	Nota
1. Presentación de la Tesis de acuerdo a formato oficial	7
2. Índice (de contenidos, gráficos y/o figuras)	7
3. Resumen (en español e inglés)	5
4. Correcto uso de ortografía	7
5. Redacción coherente con escritura científica de la especialidad	7
6. Referencias y citas de acuerdo a Norma APA, 6Th Edition.	7
Promedio	6.7

2. De la Formulación del Problema (20%)

Indicadores	Nota
1. Construcción del objeto de estudio a partir de la presentación de antecedentes contextuales, teóricos y empíricos	7
2. Supuestos o hipótesis de trabajo en correspondencia con el objeto de estudio	7
3. Formulación de la interrogante de investigación	6
4. Relevancia del problema de investigación en el contexto de la disciplina	7
5. Objetivos formulados con claridad y coherentes con el problema y el objeto de estudio.	6
Promedio	6.6

3. Del Marco Teórico (20%)

Indicadores	Nota
1. Antecedentes teóricos : presentación ordenada y coherente de los capítulos, apartados y sub apartados teóricos que sustentan la investigación	7
2. Aproximación al estado de arte de la problemática de investigación	7
3. Pertinencia, relevancia y actualización de las fuentes de referencia para la investigación	7
Promedio	7

4. Del Marco Metodológico (20%)

Indicadores	Nota
1. Paradigma y Enfoque de la investigación	7

2. Diseño de la investigación: operacionalización de la investigación en fases	7
3. Muestra o Participantes	7
4. Estrategias, técnicas e instrumentos de recogida de datos	7
5. Estrategias de análisis de datos	7
6. Criterios de rigor científico	7
Promedio	7

5. De los Resultados (20%)

Indicadores	Nota
1. Presentación de resultados de forma clara y sintética	6
2. Procesamiento, análisis e interpretación de los resultados o hallazgos	6.5
3. Tablas, figuras o gráficos bien contruidos	7
Promedio	6.5

6. De las Conclusiones, Discusión y Proyecciones (10%)

Indicadores	Nota
1. Conclusiones respecto de los objetivos propuestos	6
2. Discusión de resultados, según el marco teórico referencial y el estado del arte	7
3. Limitaciones y proyecciones del estudio	7
Promedio	6.7

Calificación Final

	Promedio Calificación (de 1.0 a 7.0)	Porcentaje	Ponderación
1. Aspectos Formales	6.7	10%	0.67
2. Formulación	6.6	20%	1.32
3. Marco Teórico	7	20%	1.4
4. Marco Metodológico	7	20%	1.4
5. Resultados	6.5	20%	1.3
6. Conclusiones y Discusión	6.7	10%	0.67
Calificación Final		6.8	



[Handwritten signature]

Carlos E. Oyarzún B.
Departamento de Educación
Universidad de Los Lagos

FECHA, 10 de marzo de 2017