

**PONTIFICIA UNIVERSIDAD
CATÓLICA DEL PERÚ
Escuela de Posgrado**



Predictores cognitivos del rendimiento matemático bajo la perspectiva de las habilidades de dominio general y específico

Tesis para obtener el grado académico de Maestro en Educación con mención en Dificultades de Aprendizaje que presenta:

Omar Alejandro Olguín Amado

Tesis para obtener el grado académico de Maestra en Educación con mención en Dificultades de Aprendizaje que presenta:

Nelly Vanesa Rodríguez Limas

Asesoras:

***Elizabeth Ivon Carlos Rojas
Esperanza Bernaola Coria***

Lima, 2023


Informe de Similitud

Yo, Elizabeth Ivon Carlos Rojas, docente de la Escuela de Posgrado de la Pontificia Universidad Católica del Perú, asesor(a) de la tesis/el trabajo de investigación titulado “Predictores cognitivos del rendimiento matemático bajo la perspectiva de las habilidades de dominio general y específico”, del/de la autor(a) / de los(as) autores(as) Nelly Vanesa Rodríguez Limas y Omar Alejandro Olgún Amado, dejo constancia de lo siguiente:

- El mencionado documento tiene un índice de puntuación de similitud de 18 %. Así lo consigna el reporte de similitud emitido por el software *Turnitin* el 08/04/2023.
- He revisado con detalle dicho reporte y la Tesis o Trabajo de Suficiencia Profesional, y no se advierte indicios de plagio.
- Las citas a otros autores y sus respectivas referencias cumplen con las pautas académicas.

Lugar y fecha:

Surco, 10 de abril de 2023

Apellidos y nombres del asesor / de la asesora: <u>Carlos Rojas Ivon Elizabeth</u>	
DNI: 10819605	Firma 
ORCID: 0000-0002-5084-9155	



Dedicamos este trabajo a nuestras familias por el apoyo incondicional hacia nuestro compromiso con este logro académico.



Agradecemos a Dios, a nuestras familias, a nuestros profesores y asesoras por su colaboración y orientación constante en la realización de la presente investigación.

RESUMEN

Actualmente se carece de consenso sobre los predictores cognitivos de las dificultades en matemáticas, por lo que las posibilidades de detección y abordaje temprano son limitadas. La presente investigación cualitativa-documental, denominada metodología del Estado del arte, tiene como objetivo identificar los predictores cognitivos del rendimiento matemático, bajo la perspectiva de las habilidades de dominio general o específico. A través del análisis interpretativo de la muestra documental, la cual ha sido cuidadosamente seleccionada de la producción científica de la última década, se concluye que, la inteligencia, el ejecutivo central y la agenda visoespacial de la memoria de trabajo, la velocidad de procesamiento, la función ejecutiva de actualización o updating y las habilidades lingüísticas son habilidades de dominio general con valor predictivo sobre el rendimiento matemático posterior. De igual manera, el sentido numérico simbólico, específicamente, el conocimiento del sistema numérico y las competencias cuantitativas, surgen como habilidades de dominio específico con una consistente evidencia de su valor predictivo sobre el rendimiento matemático.

Palabras clave: rendimiento matemático – predictores – precursores – dominio general – dominio específico – estado del arte

ABSTRACT

Currently, there is a lack of consensus regarding the cognitive predictors of mathematics difficulties, thus the possibilities for early detection and approach are limited. The present qualitative-documentary research, known as the State of the Art methodology, aims to identify the cognitive predictors of mathematical performance, under the domain-general and domain-specific skills perspective. Through an interpretative analysis of the documentary sample, which has been carefully selected from the scientific production of the last decade, it is concluded that the central executive and visuospatial sketchpad, both working memory components; processing speed; updating executive function; and linguistic skills, are general domain skills with predictive value on later mathematical performance. Similarly, symbolic number sense, specifically, knowledge of the number system and quantitative skills, emerge as domain-specific skills with consistent evidence of their predictive value on mathematical performance.

Key words: mathematical performance - predictors - precursors – domain-general – domain-specific - state of the art

ÍNDICE DE CONTENIDO

	Páginas
RESUMEN	i
ABSTRACT	ii
ÍNDICE DE CONTENIDO	iii
ÍNDICE DE TABLAS	vii
ÍNDICE DE GRÁFICOS	viii
INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO I	
PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN	
1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	4
1.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	7
1.3 FORMULACIÓN DE OBJETIVOS	7
1.3.1 Objetivo General	7
1.3.2 Objetivos Específicos	8
1.4 IMPORTANCIA Y JUSTIFICACIÓN	8
1.5 LIMITACIONES DE LA INVESTIGACIÓN	8
CAPÍTULO II	
MARCO TEÓRICO CONCEPTUAL	
2.1 ANTECEDENTES DEL ESTUDIO	10
2.1.1 Antecedentes Internacionales	10
2.1.2 Antecedentes Nacionales	14
2.2 BASES TEÓRICAS	14
2.2.1 Matemáticas	14
2.2.1.1 <i>Aprendizaje matemático inicial.</i>	14
a. <i>Hipótesis del reciclaje neuronal: Precedente.</i>	14
b. <i>Sentido numérico.</i>	15

c. <i>Conteo.</i>	15
d. <i>Comparación de magnitudes.</i>	15
e. <i>Línea numérica mental.</i>	16
2.2.1.2 <i>Dificultades específicas del aprendizaje matemático.</i>	16
2.2.2 <i>Habilidades de dominio general y dominio específico</i>	17
2.2.2.1 <i>Habilidades de dominio general y matemáticas.</i>	18
2.2.2.2 <i>Habilidades de dominio específico y matemáticas.</i>	19
2.3 DEFINICIÓN DE TÉRMINOS BÁSICOS	19
2.3.1 Predictores Cognitivos	19
2.3.2 Rendimiento Matemático	19
2.3.3 Dificultades Específicas del Aprendizaje Matemático (DEAM)	20
2.3.4 Habilidades de Dominio General	20
2.3.5 Habilidades de Dominio Específico	20
2.3.6 Habilidades Aritméticas Tempranas	20
2.3.7 Habilidades Lingüísticas	21
2.3.8 Sentido Numérico	21
2.3.9 Estimación de la Recta Numérica	21
2.3.10 Memoria de Trabajo	21
2.3.11 Velocidad de Procesamiento	22
2.3.12 Velocidad de Denominación	22
2.3.13 Subitización	22
CAPÍTULO III	
METODOLOGÍA	
3.1 TIPO Y DISEÑO DE INVESTIGACIÓN	23
3.2 POBLACIÓN Y MUESTRA	24
3.3 DEFINICIÓN DE EJES TEMÁTICOS	25
3.4 TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS	27

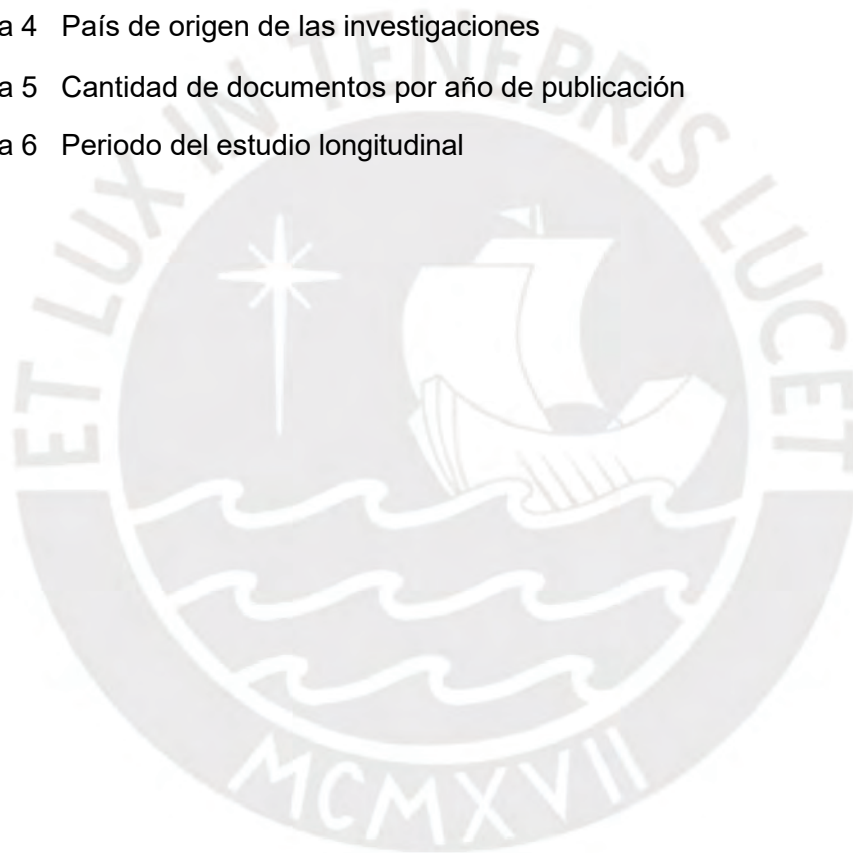
3.4.1 Matriz bibliográfica	27
3.4.2 Matriz de análisis de contenido	27
3.5 PROCEDIMIENTO	28
3.5.1 Plan de análisis	28
CAPÍTULO IV	
RESULTADOS	
4.1 PRESENTACIÓN DE LOS RESULTADOS	31
4.1.1 Descripción de la muestra documental	31
4.1.2 Descripción de las fuentes documentales	34
4.2 DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS	63
4.2.1. Análisis interpretativo de la muestra documental	63
4.2.1.1 Eje temático 1: <i>Habilidades de dominio general predictoras.</i>	63
a. <i>Sub-eje temático: Inteligencia y razonamiento lógico.</i>	63
b. <i>Sub-eje temático: Memoria de trabajo.</i>	65
c. <i>Sub-eje temático: Velocidad de procesamiento.</i>	67
d. <i>Sub-eje temático: Funciones ejecutivas.</i>	68
e. <i>Sub-eje temático: Habilidades lingüísticas.</i>	70
4.2.1.2 Eje temático 2: <i>Habilidades de dominio específico predictoras.</i>	72
a. <i>Sub-eje temático: Predictores del aprendizaje matemático básico.</i>	72
b. <i>Sub-eje temático: Predictores del aprendizaje matemático complejo.</i>	76
4.2.1.3 Eje temático 3: <i>Discrepancias en las habilidades de dominio general o específico como predictores del rendimiento matemático.</i>	78
4.2.1.3 Eje temático 4: <i>Propuestas de líneas de investigación.</i>	81
CONCLUSIONES	84

RECOMENDACIONES	86
REFERENCIAS	87
ANEXOS	
Anexo A Matriz bibliográfica	97
Anexo B Matriz de análisis de contenido	105



ÍNDICE DE TABLAS

	Página
Tabla 1 Criterios de inclusión y exclusión	24
Tabla 2 Matriz de consistencia	25
Tabla 3 Número de documentos de acuerdo a las bases de datos	32
Tabla 4 País de origen de las investigaciones	32
Tabla 5 Cantidad de documentos por año de publicación	33
Tabla 6 Periodo del estudio longitudinal	34



ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1 Plan de análisis

29



INTRODUCCIÓN

La matemática es una ciencia, que influye en varios aspectos del desarrollo humano, desde el aspecto cognitivo a partir de edades tempranas, pasando por la funcionalidad que aporta a nuestras actividades cotidianas, hasta el impacto que tiene en la economía y calidad de vida de una sociedad. Por la naturaleza y complejidad de esta ciencia, desde su inicio en la educación formal; la comprensión y el dominio de sus conceptos más abstractos resulta ser desafiante para muchos estudiantes, para quienes sus niveles de logro en esta área, se evidencian por debajo del promedio. En Perú, esta problemática se refleja en las evaluaciones internacionales como la prueba PISA (Programme for International Student Assessment), en la que los resultados obtenidos, en cada una de las evaluaciones entre el 2009 y 2018, superan el 60% de estudiantes con un bajo rendimiento en matemáticas (Dorneles, 2019). De igual forma, los últimos resultados de las pruebas de la Evaluación Censal de Estudiantes (ECE) del 2018 indican que, aunque hay una mejora con respecto a la cantidad de estudiantes que logran niveles de desempeño satisfactorio o en proceso en el área de matemáticas, sigue estando presente un 28,6% que no está logrando los objetivos de aprendizaje (MINEDU, 2018).

En esta numerosa población de estudiantes con bajo rendimiento en matemáticas, podemos también encontrar los casos de estudiantes con dificultades específicas del aprendizaje matemático (DEAM). Las DEAM son un trastorno del neurodesarrollo, en el que las habilidades matemáticas son considerablemente

más bajas de lo esperado para el desempeño cognitivo y la edad cronológica del individuo, y que además cuentan con otras características que se detallarán más adelante. Por lo tanto, debido a la problemática antes descrita sobre el rendimiento matemático, muchos estudiantes con DEAM pueden pasar desapercibidos y no recibir el diagnóstico oportuno, para una intervención específica que les permita mejorar algunos aspectos de esta condición.

Para lograr desarrollar habilidades tan complejas como la lectoescritura y las matemáticas, se requiere desarrollar competencias básicas. De esta manera, por ejemplo, para la adquisición de la lectura se pueden estimular predictores como: conciencia fonológica, conocimiento alfabético, velocidad de denominación y memoria fonológica. Por lo que, el lograr identificar los predictores o precursores cognitivos del rendimiento matemático facilitaría la posibilidad de un abordaje oportuno porque permitiría identificar aquellos estudiantes que se encuentran en riesgo de un rendimiento bajo en esta área. Sin embargo; las matemáticas carecen actualmente de predictores, como sí ha sido investigado en la lectura y, requieren de un marco teórico integrador. Afortunadamente, en la última década se han venido desarrollando más investigaciones con dicho propósito, y muchas de ellas, se han desarrollado bajo la perspectiva de la especificidad de los dominios del aprendizaje.

En ese sentido, el objetivo de la presente investigación fue identificar las habilidades de dominio general y de dominio específico que surgen como predictores cognitivos del rendimiento matemático, el cual fue logrado mediante el análisis de las tendencias de una muestra documental de la última década, haciendo uso de la metodología del estado del arte. Entendiendo como predictores cognitivos, a aquellas funciones cognitivas que cuentan con capacidad para estimar ocurrencias futuras de variables asociadas, como en este caso, el rendimiento matemático (Salkind, 2010). Asimismo, en la especificidad de dominio, las habilidades de dominio general son aquellas que pueden ser aplicadas a cualquier tema e influyen en todas las áreas de la educación; mientras que, las habilidades de dominio específico son capacidades que se afinan con el entrenamiento y permiten la resolución de tareas de gran especificidad como las matemáticas (Butterworth, 2019; Tricot & Sweller, 2014). Algunas limitaciones que se identificaron en el desarrollo de esta investigación fueron el acceso a algunos artículos científicos, a pesar de contar con la licencia institucional para las bases

de datos seleccionadas y, la generalización de los resultados de los artículos que formaron parte de la muestra documental, debido a la diferencia de contextos. Ninguna de las investigaciones en mención, se desarrollaron en Latinoamérica, evidenciándose la escasez de estudios para esta región.

El trabajo ha sido estructurado en cinco capítulos descritos a continuación: En el primer capítulo, se plantea el problema de investigación, los objetivos, tanto general como específicos, así como la importancia y justificación del estudio y las limitaciones. En el segundo capítulo, se presentan los antecedentes del estudio y se exponen las bases teóricas del aprendizaje matemático inicial, el concepto de las dificultades específicas del aprendizaje matemático y las habilidades de dominio general y específico en relación con las matemáticas, además de la definición de los términos básicos. El tercer capítulo, desarrolla la metodología aplicada para la investigación, se describe el tipo y diseño de investigación, así como la población y muestra, los instrumentos a utilizar y el procedimiento para el análisis de datos. En el cuarto capítulo, se tratan los resultados y la discusión de los mismos. Luego, se presentan las conclusiones y recomendaciones que se obtienen del estudio realizado. Finalmente, se presentan las referencias bibliográficas con las que se trabajó y los anexos.

Esperamos que, los resultados presentados en este trabajo de investigación, despierten el interés de otros investigadores y así, seguir orientando sus pesquisas de manera específica a las matemáticas, debido a que aporta a nivel de bases teóricas; así como también brinda nuevas propuestas de intervención en la práctica profesional.



CAPÍTULO I

PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Las matemáticas cumplen un rol muy importante en el desarrollo de las funciones cognitivas puesto que implican el dominio de habilidades complejas; además están presentes en la vida diaria permitiendo realizar muchas actividades, desde calcular el tiempo hasta administrar el dinero. Resulta mucho más revelador tener el conocimiento que, las habilidades matemáticas pueden tener un impacto en varios aspectos de la vida adulta como: la empleabilidad, el rango salarial, el estatus socioeconómico e inclusive la salud física y mental (Bynner & Parsons, 2006; Duncan et al., 2007; Geary, 2013; Gross et al., 2009; Parsons & Bynner, 2007; Reyna et al., 2009; Ritchie & Bates, 2013; Rose & Betts, 2004).

El impacto de las habilidades matemáticas sobre estos aspectos, se debe a que están vinculadas a la ciencia y la tecnología, que es el pilar del desarrollo económico que les permite a las naciones mejorar su estándar de vida (Dietrich et al., 2016). En un análisis realizado por la OCDE (Organización para la

Cooperación y el Desarrollo Económicos), se demostró que la mejora individual de tan solo, la mitad de la desviación estándar del desempeño en matemáticas y ciencia, según la experiencia histórica, implicaría un aumento del producto bruto interno (PBI) per cápita del 0,87% (Butterworth et al., 2014).

Sin embargo, se tiene conocimiento que, durante los años en la escuela, el curso de matemáticas suele considerarse desafiante para muchos estudiantes, limitando en algunos casos sus oportunidades académicas. Esta situación se ve reflejada en la realidad nacional en los resultados obtenidos en las evaluaciones PISA (Programme for International Student Assessment). Perú viene participando de estas evaluaciones desde el año 2000, exceptuando los años 2003 y 2006. Pese a que se han notado mejoras con cada evaluación, del 2009 al 2018 se ha reducido el porcentaje de estudiantes con bajo rendimiento matemático en un 13.2%, los puntajes obtenidos en la última prueba PISA del 2018 siguen siendo preocupantes, puesto que el 60.3% de los estudiantes evaluados presentan un bajo rendimiento en matemáticas (nivel 1 o menor), siendo aún más inquietante cuando la OCDE menciona que, solo estudiantes con un rendimiento nivel 2 o superior serían capaces de contribuir completamente a una sociedad moderna (Dorneles, 2019).

Por otro lado, en una situación tan particular como compleja, están los estudiantes con dificultades específicas del aprendizaje matemático (DEAM). Las DEAM, también llamadas en algunos contextos discalculia, son un trastorno del neurodesarrollo en el que las habilidades matemáticas son significativamente más bajas de lo esperado para la edad cronológica del individuo, estas dificultades matemáticas son recurrentes a pesar del acompañamiento o apoyo individual, además no son consecuencia de una inteligencia por debajo del promedio o la falta de oportunidades o de instrucción. La prevalencia se encuentra entre el 5-7% (Desoete & Baten, 2017). No obstante, estas cifras pueden oscilar dependiendo de la fuente, puesto que existe una variación en cuanto a los puntos de corte de los instrumentos utilizados para la evaluación, así como de las diferentes perspectivas sobre la definición y los criterios de diagnóstico (Defior et al., 2015).

Pese a ser una condición que puede limitar aspectos significativos del desarrollo de una persona, los investigadores han dirigido más su atención a estudiar otras dificultades específicas del aprendizaje como la dislexia, teniendo en consecuencia un conocimiento científico reducido de las DEAM. Incluso investigadores de la Oficina Gubernamental de Ciencia del Reino Unido, concluyen sobre el informe que abordó el impacto de las dificultades del aprendizaje que "...developmental dyscalculia is currently the poor relation of dyslexia, with a much lower public profile. But the consequences of dyscalculia are at least as severe as those for dyslexia." [la discalculia del desarrollo es actualmente el pariente pobre de la dislexia, con un perfil público mucho más bajo. Pero las consecuencias de la discalculia son al menos tan graves como las de la dislexia] (Beddington et al., 2008, p. 1060).

Sin embargo, en los últimos años se han llevado a cabo más estudios que intentan señalar un perfil cognitivo para las dificultades matemáticas. La mayoría de estos estudios recientes, tienen como abordaje las perspectivas teóricas de los procesos de dominio general y dominio específico del aprendizaje. Las habilidades o procesos de dominio general son aquellos que pueden ser aplicados a cualquier tema e influyen en todas las áreas de la educación, mientras que, las habilidades o procesos de dominio específico hacen referencia a determinadas capacidades que se afinan con el entrenamiento y permiten la resolución de tareas de gran especificidad (Butterworth, 2019; Tricot & Sweller, 2014).

Algunas de las habilidades de dominio general, de las que se ha investigado su valor predictivo sobre el rendimiento matemático son las funciones ejecutivas, la atención selectiva, la memoria visoespacial y la memoria verbal (Mulder et al., 2017; Simanowski & Krajewski, 2019).

Por otra parte, se han realizado investigaciones abordando la relación entre el rendimiento matemático y habilidades de dominio específico, como tareas de conteo procedimental, conteo conceptual y de comparación de magnitudes (Stock et al., 2010), comparación simbólica y no simbólica (Desoete et al., 2012; Xenidou-Dervou et al., 2017), entre otras.

Asimismo, ciertos investigadores han optado por posturas más inclusivas, integrando habilidades de dominio general y específico en sus estudios, indagando por ejemplo el valor predictivo de las funciones ejecutivas y las habilidades matemáticas preparatorias (Toll et al., 2010) o la seriación y el conteo con la memoria de trabajo (Pinto et al., 2016).

Además de los trabajos referidos, existen en la actualidad otros estudios que se han venido desarrollando a fin de determinar cuáles son los componentes primordiales en la adquisición y desarrollo de las habilidades matemáticas; por lo que se propone el análisis de los mismos, de modo que se pueda vislumbrar cuáles son los factores cognitivos con valor predictivo sobre el rendimiento matemático en edades tempranas.

1.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

Por todo lo anterior, planteamos el problema de investigación: ¿Qué habilidades de dominio general y dominio específico surgen como predictores cognitivos del rendimiento matemático?

Asimismo, se plantean las siguientes preguntas específicas de investigación:

¿Qué habilidades de dominio general surgen como predictores cognitivos del rendimiento matemático?

¿Qué habilidades de dominio específico surgen como predictores cognitivos del rendimiento matemático?

¿Cuáles son las discrepancias entre los hallazgos obtenidos por los estudios que han identificado habilidades de dominio general y dominio específico con valor predictivo sobre el rendimiento matemático?

¿Cuáles son las líneas de investigación que se pueden proponer a partir de los hallazgos obtenidos por los estudios que han identificado habilidades de dominio general y dominio específico con valor predictivo sobre el rendimiento matemático?

1.3 FORMULACIÓN DE OBJETIVOS

1.3.1 Objetivo General

Identificar las habilidades de dominio general y dominio específico que surgen como predictores cognitivos del rendimiento matemático.

1.3.2 Objetivos Específicos

- Determinar las habilidades de dominio general que surgen como predictores cognitivos del rendimiento matemático.
- Determinar las habilidades de dominio específico que surgen como predictores cognitivos del rendimiento matemático.
- Determinar las discrepancias entre los hallazgos obtenidos por los estudios que han identificado habilidades de dominio general y dominio específico con valor predictivo sobre el rendimiento matemático.
- Proponer líneas de investigación a partir de los hallazgos obtenidos por los estudios que han identificado habilidades de dominio general y dominio específico con valor predictivo sobre el rendimiento matemático.

1.4 IMPORTANCIA Y JUSTIFICACIÓN

Actualmente, no existe un consenso entre los especialistas sobre los predictores cognitivos de las dificultades en matemáticas, por lo que las posibilidades de detección y abordaje temprano son limitadas, viéndose afectado el desempeño académico del niño y algunos aspectos socioemocionales asociados.


Por este motivo, la importancia de la presente investigación reside en la necesidad de brindar a la comunidad de especialistas, información científica compendiada sobre los hallazgos más recientes acerca de los predictores cognitivos del rendimiento matemático. El principal impacto de esta información es el aporte hacia el marco teórico del campo de estudio, así como a la práctica profesional con respecto a las evaluaciones. Específicamente, esta información podría contribuir a la detección temprana de estudiantes en riesgo de manifestar un rendimiento matemático bajo e incluso una DEAM, de modo que se puedan crear programas de intervención especializados y preventivos, evitando así que los niños y niñas vean sus estudios rezagados o se pase por alto una presunción y/o diagnóstico de discalculia. Finalmente, permitirá señalar las líneas de investigación que requieren ser exploradas para enriquecer el campo de estudio.

1.5 LIMITACIONES DE LA INVESTIGACIÓN

Aunque la investigación es viable, existen ciertas limitaciones en algunos aspectos. La muestra documental se ve restringida a las bases de datos a las

cuales se tiene acceso institucional. Además, las investigaciones desarrolladas en torno a esta temática han sido llevadas a cabo casi en su totalidad en distintos países de Europa y Estados Unidos, evidenciándose una gran escasez de estudios en Latinoamérica y España. Esto repercute a su vez en la generalización de algunos factores implicados en los estudios: instrumentos de evaluación que no cuentan con adaptaciones en el país, así como la diferencia entre los estándares educativos de los países donde se desarrollan estos estudios y los del contexto nacional.





CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO CONCEPTUAL

2.1 ANTECEDENTES DEL ESTUDIO

A partir de la revisión de las bases de datos: ERIC, EBSCO Discovery Service, APA PsyNet, Proquest, Dialnet y Springer, a su vez considerando investigaciones relacionadas con factores predictores del rendimiento matemático y las dificultades de aprendizaje que hayan sido compendiadas en revisiones sistemáticas, estudios del arte y metaanálisis, se identificaron los siguientes estudios:

2.1.1 Antecedentes Internacionales

Nogues y Dorneles (2021), publicaron el estudio titulado Systematic review on the precursors of initial mathematical performance. Este estudio realizó una revisión sistemática para identificar qué habilidades cognitivas de dominio general y de dominio específico son mencionadas con mayor frecuencia como predictores del rendimiento matemático de los estudiantes de primaria. Este estudio consideró un método de análisis adaptado. En esta investigación se incluyeron 62 artículos de algunas bases de datos, así como sus referencias. La estrategia de búsqueda consideró una única ecuación de descriptores. Para la

elección de las investigaciones se consideraron ciertos factores de inclusión y exclusión. Los datos de interés seleccionados por los criterios fueron organizados en una matriz tomando en cuenta la siguiente información: año de publicación, país dónde se realizó el estudio, objetivo principal, características de la muestra, tiempos de evaluación, habilidades cognitivas, variables sobresalientes y resultados. Los resultados indicaron que, la memoria de trabajo y las habilidades numéricas tempranas como: sistema numérico aproximado, reconocimiento y lectura de números, identificación de cuantificadores, conocimiento de la secuencia numérica, conocimiento del conteo y comparación de magnitudes; son las habilidades cognitivas obtenidas con mayor frecuencia como predictores de logros matemáticos a futuro, independientemente del grado escolar y el tipo de desempeño matemático considerado. Además, los hallazgos recopilan evidencia que contribuye a la comprensión de qué habilidades cognitivas son fundamentales para el aprendizaje matemático a largo plazo y que estas pueden insertarse en la educación escolar como un conjunto de técnicas para prevenir dificultades matemáticas posteriores.

Nelson y Powell (2018) publicaron un artículo de investigación titulado *A Systematic Review of Longitudinal Studies of Mathematics Difficulty*. El objetivo del estudio en mención fue realizar una revisión sistemática de estudios longitudinales del desarrollo en el rendimiento matemático de estudiantes con y sin dificultades en las matemáticas para comprender los patrones de rendimiento cuando no se aplica una intervención. Se analizó también si las dificultades matemáticas pueden ser identificadas en los primeros grados (predicción) y si esta se mantiene a lo largo de los años académicos (estabilidad). La muestra estuvo conformada por 35 estudios que contenían resultados longitudinales del rendimiento en matemáticas. En cuanto a la metodología se revisaron estudios publicados durante el periodo de 1985 y 2016, los cuales informaban acerca de la dificultad matemática y logro matemático longitudinal. La revisión incluyó una búsqueda de descriptores y términos relacionados por medio de algunas bases de datos. En esta búsqueda se identificaron 1760 estudios, que fueron revisados en dos fases: En la Fase 1, se revisaron títulos, palabras clave y resúmenes para eliminar estudios; en la Fase 2, se realizó una revisión integral de 126 artículos, de los cuales 31 estudios cumplieron los criterios de inclusión. Finalmente, se

buscó también trabajos de investigadores distinguidos, y se incluyeron 4 investigaciones más. Concluyeron que los estudiantes con dificultades matemáticas presentan un rendimiento más bajo que los que no tienen dichas dificultades, además que el desarrollo del rendimiento fue similar o más lento en los primeros estudiantes; mencionan también que es muy probable que la dificultad matemática se mantenga a lo largo de los años, y que los estudiantes que muestran dificultades matemáticas desde los primeros años de escolaridad, están en riesgo de presentar resultados desfavorables a futuro, sino tienen una intervención específica y temprana.

El estudio de metaanálisis Associations of non-symbolic and symbolic numerical magnitude processing with mathematical competence: a meta-analysis, publicado por Schneider, et.al. (2017), tuvo como objetivo integrar estadísticamente estudios que evidencien la asociación entre el procesamiento de la magnitud numérica y la competencia matemática general enfocado en las diferencias entre las tareas de comparación de magnitudes no simbólicas y simbólicas. La metodología para la búsqueda de información y criterios de inclusión fue la siguiente: se revisaron los títulos, resúmenes y palabras claves de todos los artículos de las bases de datos PsycINFO, utilizando descriptores específicos y limitando las búsquedas a estudios empíricos. Los criterios de inclusión considerados para la elección de las investigaciones fueron: búsquedas empíricas originales, al menos una tarea de comparación de la magnitud numérica, al menos una medición de la competencia matemática, y al menos un effect size estandarizado de la consistencia y dirección de la relación bivalente entre las variables. El resultado indicó que la variable “comparación de la magnitud simbólica” es altamente significativa con respecto a la variable “comparación de la magnitud no-simbólica”. El estudio refirió que el procesamiento de la magnitud simbólica sería una tarea eficiente como objetivo de intervención o diagnóstico de las dificultades en las matemáticas.

El estudio titulado Association between individual differences in non-symbolic number acuity and math performance: A meta-analysis (Chen & Li, 2014), tuvo como objetivo documentar las asociaciones entre la agudeza numérica (number acuity) y el rendimiento matemático (math performance). Se documentaron dos tipos de evidencias: Primero, una extensa correlación transversal, en el cual se

evaluó si las personas que tienen una mejor agudeza numérica tienen más probabilidades de tener más éxito en el aprendizaje de las matemáticas que sus compañeros con peor agudeza numérica. En segundo lugar, se documentó evidencia longitudinal, con carácter informativo. El método de investigación utilizado incluye la búsqueda de literatura especializada en bases de datos. Se procedió con varios términos para realizar la búsqueda, además se identificaron estudios relevantes desde las referencias de las investigaciones encontradas. Se consideraron criterios de extracción de datos e inclusión como: procedimientos de puntuación para la agudeza numérica, mediciones del rendimiento matemático, estudios que usan covariantes, transformaciones del coeficiente de correlación. Para cada estudio se extrajo la siguiente información: el effect size de las asociaciones, número de participantes, edad, el porcentaje según el género, índices y formatos de tareas utilizadas para medir la agudeza numérica, las medidas del rendimiento matemático y las variables que se controlan. Este estudio de metaanálisis confirmó la existencia de la asociación entre la agudeza numérica y el rendimiento matemático simbólico, tanto en datos transversales, como en datos longitudinales. Esto proporcionó un buen punto de partida para probar teorías sobre la relación entre estos dos factores, se debe considerar además que muchos estudios previos no han evaluado un número suficiente de participantes, lo cual hace aún más apremiante comprobar la correlación, tanto como una relación de causa-efecto entre los acontecimientos, así como la asociación bidireccional.

Swanson y Jerman (2006) publicaron la investigación titulada *Math Disabilities: A Selective Meta-Analysis of the Literature*. El objetivo de este estudio fue proporcionar una síntesis cuantitativa de la literatura publicada entre 1970 y 2003, mediante la comparación de niños con Dificultades en las Matemáticas (DM), que presentaban rendimiento promedio, con niños que experimentaban una discapacidad adicional a las matemáticas. La investigación clasificó a los niños en dos grupos: DM grave y dificultades moderadas, dependiendo de su ubicación respecto al percentil 25. La muestra estuvo compuesta de un total de 28 estudios. El método principal para obtener las investigaciones fue la búsqueda en las bases de datos PsycINFO, MEDline y ERIC, utilizando determinados descriptores. Se obtuvieron otras investigaciones a partir de una

lista de investigadores elaborada de los estudios primarios. Finalmente, se realizó una búsqueda manual de las revistas de publicación, así como de los estudios citados en los artículos antes mencionados. Con esta metodología identificaron más de 300 artículos, los que se redujeron a 85 estudios potencialmente relevantes, basados en sólo estudios comparativos y en estudios de revistas revisadas por profesionales del ámbito educativo. Algunos otros estudios fueron excluidos al no cumplir con ciertos criterios. Los autores concluyeron que los niños con rendimiento promedio sobresalen en la mayoría de factores cognitivos, además que los niños con DM se diferencian de aquellos con comorbilidad, siendo los primeros más sobresalientes en factores como el lenguaje, la solución de problemas visoespaciales, la memoria de trabajo verbal, las memorias de corto y largo plazo; una segunda conclusión fue que la edad no estaba relacionada con la magnitud del “effect size”; finalmente se concluyó que los efectos eran más pronunciados en el grupo con deficiencia severa en las matemáticas que en el grupo con deficiencia moderada. Además, mencionaron que los déficits cognitivos de los niños con dificultades matemáticas se explicaban desde las siguientes posibilidades: Primero, existe una deficiencia en la memoria de tipo semántica o memoria de trabajo; segundo, los niños con dificultades en las matemáticas presentan déficit no relacionados con los procesos cognitivos de la lectura; tercero, el déficit de la memoria de trabajo está por debajo de la dificultad matemática.

2.1.2 Antecedentes Nacionales

No se hallaron antecedentes nacionales en las bases de datos consultadas.

2.2 BASES TEÓRICAS

2.2.1 Matemáticas

2.2.1.1 Aprendizaje matemático inicial.

El aprendizaje matemático implica el desarrollo y coordinación de procesos que permiten adquirir habilidades matemáticas cada vez más avanzadas. Estos procesos son:

a. *Hipótesis del reciclaje neuronal: Precedente.*

Dehaene (2016) propone que el ser humano, desde edades muy tempranas, ya está provisto de una representación mental de las cantidades. Esta capacidad la heredamos gracias al proceso evolutivo que ha ido refinando conexiones neuronales requeridas para el procesamiento de tareas específicas. Por lo que estos vestigios serían propicios para el desarrollo posterior de habilidades matemáticas.

b. Sentido numérico.

El sentido numérico, conocido en inglés como number sense, es esta facultad innata para reconocer y manipular cantidades, implícitamente si se trata de cantidades pequeñas y realizando estimaciones si se trata de cantidades grandes. Esto nos permite en base a las experiencias, el poder construir el concepto de número y desarrollar otras destrezas matemáticas (Butterworth, 2005).

c. Conteo.

Que el niño se vaya apropiando de la noción de número, podrá facilitar la adquisición del conteo. El conteo es una habilidad altamente compleja, ya que conlleva el seguir una secuencia determinada, identificar los objetos a contar y asignarle a cada objeto una denominación numérica. Dominar este proceso podrá facilitar la manipulación de los números en las operaciones matemáticas (Defior, 2015).

d. Comparación de magnitudes.

Defior et al. (2015) la definen como, la capacidad que permite discriminar qué grupo tiene más elementos que otro. Aunque inicialmente es la percepción la que recoge en primer input, es en realidad la conciencia que se ha desarrollado del número como magnitud, la que facilita el discernimiento. La comparación puede ser de magnitudes simbólicas (ej. números arábigos) y no simbólicas (ej. set de puntos). Cuando comparamos magnitudes simbólicas más grandes, entra en juego el llamado “efecto de distancia”, el cual sustenta que podemos distinguir mejor dos números más distantes (ej. 60 y 90), que dos números más cercanos (ej. 72 y 75). Además, también se evidencia un “efecto de

magnitud” cuando nos toma más trabajo comparar dos números grandes (ej. 110 y 120) que dos cantidades menores (ej. 10 y 15) (Dehaene, 2016).

e. Línea numérica mental.

Es la representación mental de un continuo donde situamos a los números en orden creciente de izquierda a derecha para codificarlos de manera más accesible para otros procesamientos. Algunas investigaciones han hallado que la correcta estimación de la línea numérica mental podría ser un indicador del rendimiento matemático (Dietrich, 2016; Zhu, 2017).

2.2.1.2 Dificultades específicas del aprendizaje matemático.

Como hemos visto, el aprendizaje matemático requiere de un gran número de procesos cognitivos, generales y específicos, debido a la alta complejidad que tiene por naturaleza esta materia. Esta característica se refleja también en la percepción de muchos estudiantes, haciendo aún más complejo diferenciar, cuando una dificultad en el aprendizaje matemático es causada por factores externos o la propia dificultad de la materia; de cuando se está tratando de una dificultad innata y específica. Es así entonces que las DEAM, en otros contextos conocida como discalculia, son un trastorno del neurodesarrollo que repercute en las habilidades matemáticas del individuo, encontrándose por debajo de lo esperado para su edad cronológica y desempeño cognitivo, y que no responde a déficits sensoriales, dispedagogía o falta de oportunidades (Defior, 2015). La prevalencia se encuentra entre el 5-7% (Desoete & Baten, 2017).

Las principales áreas afectadas donde se evidencian las manifestaciones comportamentales son: dificultad en el sentido de los números (dificultad para adquirir la noción de número), en la memorización de operaciones matemáticas o hechos numéricos, el cálculo correcto y fluido (adición, sustracción, multiplicación y división) y en el razonamiento matemático.

2.2.2 Habilidades de dominio general y dominio específico

La especificidad de dominio es una perspectiva teórica contemporánea del desarrollo cognitivo. Propone que en la cognición humana conviven y se influyen mutuamente mecanismos o procesos de dominio general y de dominio específico. El procesamiento cognitivo de dominio general se cree que está presente desde el nacimiento y es el que permite plantear soluciones a cualquier tipo de problema novedoso. Algunos mecanismos de dominio general incluyen la memoria de trabajo, la velocidad de procesamiento y es asociada indiscutiblemente con la inteligencia general o más concretamente, con la inteligencia fluida. Con respecto al procesamiento cognitivo de dominio específico, se cree que ha evolucionado para el tratamiento preciso y efectivo de tareas de alta especificidad, restringiéndose al procesamiento de determinado tipo de información. Por ejemplo, en relación a la lectura, se tienen mecanismos de dominio específico como la conciencia fonológica y el conocimiento alfabético. En niños con un desarrollo cognitivo promedio, las interacciones entre ambos tipos de procesamiento permitirán la construcción de competencias académicas complejas, como son las competencias matemáticas (Burkart et al., 2017; Hart, 2011).

En relación a esto, varios de los modelos de desarrollo matemático de la actualidad exponen tres supuestos: en primer lugar, la adquisición del aprendizaje matemático es jerárquico; segundo, el desarrollo de la competencia matemática implica el trabajo conjunto de habilidades de dominio general y de dominio específico y tercero, las destrezas de las matemáticas básicas, tienen de base diferentes conjuntos de habilidades de dominio general y específico interactuando con las competencias matemáticas avanzadas (Träff et al., 2020).

Aunque se ha llegado al consenso que, para el logro de un aprendizaje complejo como las matemáticas, se requiere de la combinación de habilidades de dominio general y de dominio específico; aún no se sabe con certeza cuáles son y en qué medida, estas habilidades aportan al rendimiento matemático, puesto que puede variar según el grado de estudio, el tipo de aprendizaje matemático a evaluar o el conocimiento del estudiante (Geary et al., 2017; Costa et al., 2018).

Debido a los resultados mixtos que han tenido algunas investigaciones, es que no se tiene la certeza de lo señalado previamente, viéndose reflejado en las propuestas de modelos de desarrollo del aprendizaje matemático. De acuerdo con los estudios desarrollados por Fuchs et al. (2010), propone que la adquisición de destrezas aritméticas básicas de un solo dígito, se cimienta más en los aportes de las habilidades de dominio específico, mientras que las competencias aritméticas más complejas, dependen más de las habilidades de dominio general. Por otro lado, Träff et al. (2020) sustentan según los resultados de sus investigaciones que, en el caso de competencias matemáticas más básicas como la recuperación de hechos numéricos, esta se sustenta por las habilidades de dominio general y específico, mientras que las destrezas aritméticas más complejas reciben principalmente el soporte de las habilidades de dominio general.

2.2.2.1 Habilidades de dominio general y matemáticas.

Las habilidades de dominio general más estudiadas bajo esta perspectiva son: la inteligencia, las funciones ejecutivas y la memoria de trabajo, sin embargo, también se ha estudiado la capacidad predictiva de variables asociadas al lenguaje como la conciencia fonológica o la denominación automática rápida.

La inteligencia, abordada en algunas investigaciones como razonamiento lógico, es de suma importancia en la adquisición de competencias matemáticas, debido a la complejidad de la materia y al desarrollo del pensamiento abstracto necesario para este tipo de aprendizaje. Asimismo, se han investigado las funciones ejecutivas en relación con el rendimiento matemático, entendiéndose como funciones ejecutivas a los procesos cognitivos que permiten la planificación, control y desarrollo de actividades para el logro de un objetivo. Muchos resultados coinciden que, las funciones ejecutivas son un predictor importante de las matemáticas. Por otro lado, la memoria de trabajo, sistema de la memoria que permite el almacenamiento y la manipulación de información en la memoria a corto plazo, también se perfila en varias investigaciones como un factor cognitivo relevante para la adquisición de la competencia

matemática; incluso desde el preescolar, debido a que las matemáticas requieren de una constante interacción entre distintos procesos, como por ejemplo en tareas de conteo o comparación de magnitudes. En cuanto al lenguaje, haciendo referencia a la conciencia fonológica y la denominación automática rápida (siglas en inglés RAN), se ha hallado que la vía lingüística ofrece un desarrollo más sólido en competencias matemáticas, como la secuencia de palabras numéricas y números arábigos, así como su asociación, estableciendo el valor semántico de los símbolos numéricos, específicamente el lenguaje matemático (Geary et al., 2017; Purpura et al., 2017; Träff et al., 2019).

2.2.2.2 Habilidades de dominio específico y matemáticas.

Las investigaciones con respecto a las habilidades de dominio específico y las matemáticas indican que, para la adquisición de las habilidades numéricas simbólicas básicas, se observa como aprendizaje previo el manejo del sistema numérico aproximado (siglas en inglés ANS) y del sistema de seguimiento de objetos (siglas en inglés OTS).

El ANS es la capacidad de discriminar grandes cantidades numéricas contables aproximadas, mientras que la OTS es el sistema que permite a la persona distinguir entre dos pequeños conjuntos a partir de la subitización. Algunas investigaciones han hallado que el ANS tiene la capacidad de predecir tres años después el rendimiento matemático, de preescolar a primaria. Además, tareas como el conteo, o más específicamente el principio de cardinalidad, son de gran importancia, debido a que algunos estudios indican que, en niños de preescolar esto permitiría afianzar el vínculo entre las habilidades aritméticas no simbólicas y los símbolos numéricos (Purpura et al., 2017; Träff, 2019 & Costa et al., 2018).

2.3. DEFINICIÓN DE TÉRMINOS BÁSICOS

2.3.1. Predictores Cognitivos

Los factores cognitivos hacen referencia a las características de las personas que modulan su rendimiento para mejorarlo o disminuirlo. Estos factores

involucran funciones cognitivas como atención, memoria, razonamiento, entre otros (Roy, 2013). La naturaleza predictiva que presenten los mismos dependerá de su capacidad para estimar ocurrencias futuras de las variables asociadas, en base a la evidencia cuantitativa recopilada (Salkind,2010).

2.3.2. Rendimiento Matemático

El rendimiento matemático es la habilidad que muestra el estudiante en el campo de las matemáticas. La medida del mismo es la puntuación que el estudiante obtenga en una prueba de rendimiento en matemáticas o la interpretación cualitativa de la misma (Pandey, 2017).

2.3.3. Dificultades Específicas del Aprendizaje Matemático (DEAM)

Las DEAM o también llamadas discalculia, hacen referencia al trastorno del neurodesarrollo en el cual, las habilidades matemáticas son significativamente más bajas de lo esperado para la edad cronológica del individuo. Estas dificultades matemáticas son recurrentes a pesar de acompañamiento o apoyo individual, además no son consecuencia de una inteligencia por debajo del promedio o la falta de oportunidades o de instrucción (Defior et al., 2015).

2.3.4. Habilidades de Dominio General

Las habilidades o procesos de dominio general son aquellos que pueden ser aplicados a cualquier tema e influyen en todas las áreas de la educación (Butterworth, 2019; Tricot & Sweller, 2014).

2.3.5. Habilidades de Dominio Específico

Las habilidades o procesos de dominio específico hacen referencia a determinadas capacidades que se afinan con el entrenamiento y permiten la resolución de tareas de gran especificidad (Butterworth, 2019; Tricot & Sweller, 2014).

2.3.6. Habilidades Aritméticas Tempranas

Son aquellas habilidades que se requieren desarrollar previamente a la adquisición de competencias matemáticas más complejas propias de la aritmética como aprendizaje formal (Kiss et al., 2019). Algunos ejemplos son:

clasificación, seriación, conocimiento del conteo y sus principios y comparación de magnitudes simbólicas y no simbólicas.

2.3.7. Habilidades Lingüísticas

El lenguaje como medio de comunicación es de suma importancia para la adquisición de cualquier tipo de aprendizaje. En las matemáticas se maneja un lenguaje específico que nos permite comprenderlas y representarlas (Peng et al., 2020). Algunas de las habilidades de las cuales se ha estudiado de manera general su capacidad predictiva sobre las matemáticas son la conciencia fonológica y el vocabulario.

2.3.8. Sentido Numérico

El sentido numérico, conocido en inglés como number sense, es esta facultad innata para reconocer y manipular cantidades, implícitamente si se tratan de cantidades pequeñas y estimando si se trata de cantidades grandes. Esto permite en base a las experiencias, poder construir un concepto de número y desarrollar otras destrezas matemáticas (Butterworth, 2005).

2.3.9. Estimación de la Recta Numérica

Es la representación mental de un continuo, donde situamos a los números en orden creciente de izquierda a derecha para poder codificarlos de manera más accesible para otros procesamientos. Algunas investigaciones han hallado que la correcta estimación de la línea numérica mental podría ser un indicador del rendimiento matemático (Dietrich, 2016; Zhu, 2017).

2.3.10. Memoria de Trabajo

La memoria de trabajo es el proceso cognitivo que permite el almacenamiento y manipulación de información a corto plazo en una actividad cognitivamente exigente (Sweet & Jerskey, 2011). El modelo más aceptado de la memoria de trabajo es el de Baddeley y Hitch, el cual explica que la conforman tres componentes: el bucle fonológico o memoria de trabajo verbal, la agenda visoespacial o memoria de trabajo visoespacial y el ejecutivo central. Este último se encarga de coordinar nuestros procesos cognitivos y dirigir nuestra atención hacia la información relevante, suprimiendo los distractores o elementos

irrelevantes (Peng & Fuchs, 2014). Los tres componentes de la memoria de trabajo han sido abordados en investigaciones para observar su capacidad predictiva sobre el rendimiento matemático.

2.3.11. Velocidad de Procesamiento

Es la aptitud mental que nos permite codificar, transformar o recuperar información con rapidez (Lambert & Spinath, 2017).

2.3.12. Velocidad de Denominación

La velocidad de denominación o también conocida en inglés como rapid automatized naming (RAN), es la capacidad para nombrar rápidamente números, letras, colores y objetos presentados como estímulos visuales (Koponen et al., 2017).

2.3.13. Subitización

La subitización es la actividad en la que se identifica la numerosidad de un grupo reducido de elementos mediante una percepción rápida y directa del estímulo visual que los representa (Clements et al., 2019)



CAPÍTULO III

METODOLOGÍA

3.1 TIPO Y DISEÑO DE INVESTIGACIÓN

El presente trabajo es un Estado del arte, el cual es una investigación cualitativa-documental en la que se lleva a cabo una búsqueda, recuperación, análisis, interpretación y reflexión de unidades de información obtenidas de producciones científicas realizadas por otros investigadores sobre un fenómeno o tema de interés específico (Arias, 2012; Gómez et al., 2015).

El objetivo del Estado del arte consiste en la comprensión de una problemática concreta y su estado actual, así como el aporte a un campo de estudio mediante el balance documental y el análisis interpretativo de las investigaciones, que permitan identificar posibles relaciones, tendencias, discrepancias y líneas de investigación a explorar (Londoño et al., 2016; Guevara, 2016).

Para la construcción de un Estado del arte, sirve recurrir al modelo de análisis de la heurística y la hermenéutica como dos grandes momentos en el desarrollo de la investigación. La heurística, que significa descubrir o encontrar, es el momento

en el que se dispone a buscar, recopilar y organizar las fuentes de información pertinentes al objeto de estudio. Mientras que la hermenéutica, que significa explicar o traducir, es el momento en el que se lleva a cabo el análisis interpretativo de las unidades de información seleccionadas buscando la comprensión del estado de la cuestión y reflexión sobre la problemática (Naranjo, 2003 citado por Guevara, 2016; Gómez et al., 2015, Londoño et al., 2016).

3.2 POBLACIÓN Y MUESTRA

La búsqueda de las unidades de análisis que conformaron la muestra documental se realizó en las bases de datos APA PsycNet, EBSCO y ERIC, haciendo uso de los descriptores de búsqueda mathematics (matemáticas), achievement (logro), precursors (precursores) y predictors (predictores), siendo seleccionadas aquellas fuentes documentales que cumplieron con los siguientes criterios:

Tabla 1. Criterios de inclusión y exclusión

Criterios de inclusión	Criterios de exclusión
Artículos de revistas revisadas por pares.	Estudios teóricos, documentales o revisiones.
Horizonte temporal del 2010 al 2021.	Publicaciones de acceso restringido o solo resumen.
Idiomas inglés y español.	Estudios sobre variables psicológicas o socioemocionales asociadas al rendimiento matemático.
Publicaciones con acceso a texto completo.	Estudios con muestras de alumnos con dificultades o trastornos diagnosticados que afecten la ejecución de pruebas o tareas.
Estudios longitudinales.	
Estudios sobre habilidades cognitivas que podrían predecir el rendimiento matemático.	
Estudios que iniciaron con muestras de alumnos en nivel preescolar o primaria baja (1° y 2°).	
Estudios con muestras mayores a 50 estudiantes.	
Estudios con muestras de estudiantes con desempeño típico.	
Medidas del rendimiento matemático	

asociadas a la aritmética.

Elaboración propia

3.3 DEFINICIÓN DE EJES TEMÁTICOS

Partiendo de la información siguiente: problema de investigación, el objetivo general, los objetivos específicos y las preguntas específicas de la investigación, se procedió a elaborar una matriz de consistencia, la cual permite identificar y formular los ejes temáticos a considerar en el análisis. Se plantearon 4 ejes temáticos que permitirían organizar el análisis cualitativo de la muestra documental y de esta forma responder a los objetivos planteados para esta investigación.

Tabla 2. Matriz de consistencia

MATRIZ DE CONSISTENCIA				
		Preguntas específicas de la investigación	Objetivos Específicos	Ejes Temáticos
Problema de investigación	¿Qué habilidades de dominio general y dominio específico surgen como predictores cognitivos del rendimiento matemático?	¿Qué habilidades de dominio general surgen como predictores cognitivos del rendimiento matemático?	Determinar las habilidades de dominio general que surgen como predictores cognitivos del rendimiento matemático.	Habilidades de dominio general como predictores cognitivos del rendimiento matemático.
	¿Qué habilidades de dominio específico surgen como predictores cognitivos del rendimiento matemático?	¿Qué habilidades de dominio específico surgen como predictores cognitivos del rendimiento matemático?	Determinar las habilidades de dominio específico que surgen como predictores cognitivos del rendimiento matemático.	Habilidades de dominio específico como predictores cognitivos del rendimiento matemático.
Objetivo General	Identificar las habilidades de dominio general y dominio específico que surgen como predictores cognitivos del rendimiento matemático.	¿Cuáles son las discrepancias entre los hallazgos obtenidos por los estudios que han identificado habilidades de dominio general y dominio específico con valor predictivo sobre el rendimiento matemático?	Determinar las discrepancias entre los hallazgos obtenidos por los estudios que han identificado habilidades de dominio general y dominio específico con valor predictivo sobre el rendimiento	Discrepancias en las habilidades de dominio general o específico como predictores del rendimiento matemático.

matemático.

¿Cuáles son las líneas de investigación que se pueden proponer a partir de los hallazgos obtenidos por los estudios que han identificado habilidades de dominio general y dominio específico con valor predictivo sobre el rendimiento matemático?	Proponer líneas de investigación a partir de los hallazgos obtenidos por los estudios que han identificado habilidades de dominio general y dominio específico con valor predictivo sobre el rendimiento matemático.	Propuestas de líneas de investigación.
--	--	--

Elaboración propia

Eje Temático 1: Habilidades de dominio general como predictores cognitivos del rendimiento matemático.

Este eje incluye, habilidades de dominio general como inteligencia y razonamiento, memoria de trabajo, velocidad de procesamiento, funciones ejecutivas y habilidades lingüísticas que hayan surgido como predictores cognitivos del rendimiento matemático en los estudios considerados en la muestra documental.

Eje Temático 2: Habilidades de dominio específico como predictores cognitivos del rendimiento matemático.

Este eje incluye, habilidades de dominio específico como el sentido numérico, las habilidades numéricas tempranas y los sistemas de representación numérica, que hayan surgido como predictores cognitivos del rendimiento matemático en los estudios considerados en la muestra documental.

Eje Temático 3: Discrepancias en las habilidades de dominio general o específico como predictores del rendimiento matemático.

Este eje incluye, las habilidades de dominio general o de dominio específico que no demostraron valor predictivo sobre el rendimiento matemático, evidenciando discrepancias sobre su condición de predictores analizada en los ejes temáticos 1 y 2.

Eje Temático 4: Propuestas de líneas de investigación.

Esta categoría incluye, las propuestas de líneas de investigación que plantean los autores de los estudios seleccionados en la muestra documental a partir del análisis de sus hallazgos.

3.4 TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

Para el procesamiento de la información se hizo uso de dos tipos de instrumentos:

3.4.1 Matriz bibliográfica

En primer lugar, se elaboró una matriz bibliográfica, la cual es una tabla que facilitó el registro y la recopilación de los documentos seleccionados, recogiendo la siguiente información de los mismos: título de la investigación, descriptores de búsqueda, año, autor(es), el tamaño de la muestra, los grados evaluados, país y ubicación del artículo.

N°	Título	Descriptores	Año	Autor(es)	Muestra	Grados evaluados	País	Ubicación

3.4.2 Matriz de análisis de contenido

Para el análisis de la información relevante de los documentos seleccionados con el propósito de la presente investigación, se elaboró una matriz de análisis de contenido. Este instrumento comprende los ejes temáticos en los cuales se debe organizar la información para la interpretación cualitativa: habilidades de dominio general como predictores cognitivos del rendimiento matemático (eje temático 1), habilidades de dominio específico como predictores cognitivos del

rendimiento matemático (eje temático 2), discrepancias (eje temático 3) y propuestas de líneas de investigación (eje temático 4).

N°	Título	Eje temático 1	Eje temático 2	Eje temático 3	Eje temático 4

3.5 PROCEDIMIENTO

Según Londoño et al. (2016), para el desarrollo de un Estado del Arte desde la perspectiva de la heurística y hermenéutica se deben seguir una serie de procedimientos.

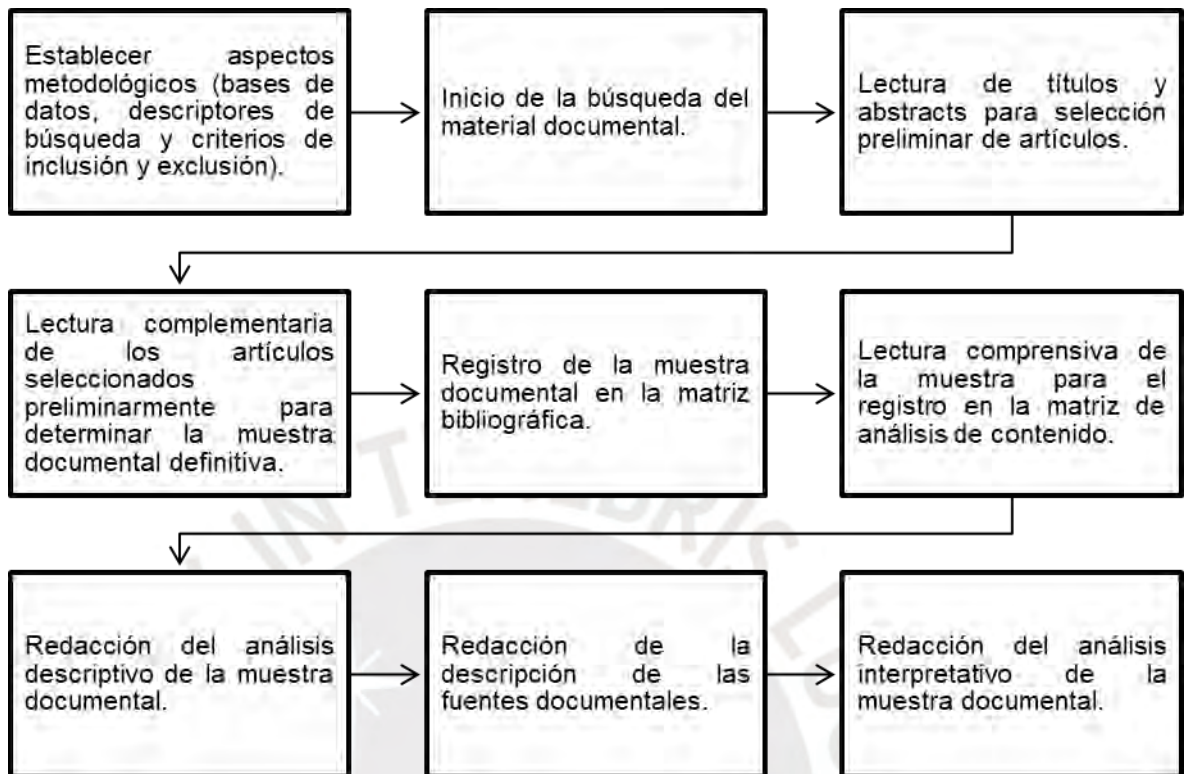
La fase heurística se inicia con la sub-fase preparatoria, donde se selecciona el tema a investigar e identifica y contextualiza el objeto de estudio. Luego se explora, a través de la lectura analítica, el problema de investigación para determinar el tipo de información que se requerirá. Después se procede a describir los datos pertinentes del material documental, estableciendo las perspectivas teóricas, los autores referentes, las delimitaciones pertinentes o los diseños metodológicos trabajados. De esta forma, se pasa a formular los indicadores a partir de la información reseñada previamente. Luego se recolecta la información más relevante o pertinente del material documental como conclusiones o evidencias, pudiendo hacer uso, por ejemplo, de fichas bibliográficas. Finalmente, se procede a la selección de la información, organizándola a modo de determinar si hay vacíos o se puede culminar con la búsqueda.

En la fase hermenéutica se empieza por la interpretación de la información, es decir, se analiza de manera integrada el material documental por categorías de análisis o ejes temáticos. Luego, se procede a la construcción teórica en la cual se revisa y reflexiona sobre la interpretación realizada a modo de establecer el estado de la cuestión. Por último, se publica el trabajo realizado con el fin de compartir los resultados con la comunidad científica.

3.5.1 Plan de análisis

Para la selección de la muestra documental y el posterior análisis se siguieron los lineamientos anteriormente planteados desde la heurística y hermenéutica. En primer lugar, teniendo en cuenta el problema de investigación y los objetivos, se establecieron los aspectos metodológicos como las bases de datos a las que se tendría acceso, los descriptores a utilizar y los criterios de inclusión y exclusión para dar inicio a la búsqueda del material documental. Se revisaron los títulos y abstracts de los documentos hallados, seleccionando de manera preliminar aquellos que estuvieran en relación con la temática del estudio. Seguido de ello, se hizo una lectura complementaria de cada artículo para determinar si cumplían con todos los criterios de inclusión y así seleccionar de manera definitiva la muestra documental. Luego se pasó a registrar cada artículo en la matriz bibliográfica. Posteriormente, se dio inicio a una lectura comprensiva y profunda que permitiera identificar la información correspondiente a las categorías de análisis o ejes temáticos y así registrar dicha información en la matriz de análisis de contenido. De esta forma se procedió a la redacción de los resultados, iniciando con una descripción de la muestra documental según la frecuencia por procedencia de las bases de datos, país de origen, año de publicación y periodo de desarrollo del estudio. Luego, se redactó la descripción de cada fuente documental. Finalmente, se realizó el análisis interpretativo de la información más relevante para el objetivo del estudio, es decir, aquella previamente registrada en la matriz de análisis de contenido.

Gráfico 1. Plan de análisis



Elaboración propia



CAPÍTULO IV

RESULTADOS

4.1 PRESENTACIÓN DE LOS RESULTADOS

4.1.1 Descripción de la muestra documental

La búsqueda de los artículos, fuentes de investigación, se realizó en tres bases de datos: APA PsycNet, EBSCO y ERIC. Se emplearon como descriptores de búsqueda las siguientes palabras: *mathematics*, *achievement*, *precursors*, *predictors*, siendo la ecuación de búsqueda la siguiente: *mathematics and achievement and (precursors or predictors)*, obteniendo como resultado una cantidad significativa de documentos, por lo que se aplicaron los criterios de inclusión y exclusión detallados anteriormente en la Tabla 1 del Capítulo III.

Luego del proceso de selección, se identificaron 20 investigaciones, de las cuales 9 documentos se encontraron en APA PsycNet; 8 documentos, en EBSCO y 3, en ERIC; tal como se presenta en la tabla 3.

Tabla 3. Número de documentos de acuerdo a las bases de datos

Base de datos	Nº	%
APA PsycNet	9	45 %
ERIC	3	15 %
EBSCO	8	40 %
Total	20	100 %

Elaboración propia

Respecto al país de origen de las investigaciones encontradas, todas son del ámbito internacional y publicadas en idioma inglés. Se encontraron investigaciones de 9 países, de los cuales 7 artículos provenían de los Estados Unidos de Norteamérica; 4, de Países Bajos; 2, de Canadá; 2, de Hong Kong; 1 estudio de Australia; 1, de Suecia; 1, de Italia; 1, de Suiza y 1, de Irlanda del Norte. Así como se muestra en la tabla 4.

Tabla 4. País de origen de las investigaciones

País de origen de la investigación	Número de publicaciones encontradas	%
Estados Unidos de Norteamérica	7	35%
Países Bajos	4	20%
Canadá	2	10%
Hong Kong	2	10%
Australia	1	5%
Suecia	1	5%
Italia	1	5%
Suiza	1	5%
Irlanda del Norte	1	5%

Total	20	100%
-------	----	------

Elaboración propia

En cuanto a la temporalidad, la cual se definió entre el periodo 2010 y 2021, se encontraron tres artículos del año 2017, tres artículos en el año 2016, tres en el año 2020, dos investigaciones del 2012, dos corresponden al 2018, dos fueron desarrolladas en el 2019; y una investigación en los años 2010, 2011, 2014, 2015 y 2021, como se muestra en la tabla 5.

Tabla 5. Cantidad de documentos por año de publicación

Año de la publicación	Cantidad de publicaciones	%
2010	1	5%
2011	1	5%
2012	2	10 %
2014	1	5%
2015	1	5%
2016	3	15%
2017	3	15%
2018	2	10%
2019	2	10%
2020	3	15%
2021	1	5%
Total	20	100%

Elaboración propia

Considerando los grados evaluados en las fuentes documentales y diferenciando la primaria baja (1°, 2° y 3°) de la primaria alta (4°, 5° y 6°); se identificaron que 9 de ellos iniciaban sus investigaciones con niños en edad preescolar y

culminaban cuando estos se encontraban en la primaria baja, 3 de los artículos refieren el inicio de las investigaciones en edad preescolar y se extiende hasta la primaria alta, 6 de los estudios inician con niños de primaria baja y culminan en la misma etapa, y 2 de ellos inician en la primaria baja y terminan en la primaria alta. Tal como se detalla en la tabla 6.

Tabla 6. Periodo del estudio longitudinal

Periodo del estudio longitudinal	Cantidad de publicaciones	%
De preescolar a primaria baja	9	45%
De preescolar a primaria alta	3	15%
De primaria baja a primaria baja	6	30%
De primaria baja a primaria alta	2	10%
Total	20	100%

Elaboración propia

4.1.2 Descripción de las fuentes documentales

A continuación, se presenta a manera de descripciones, un resumen de cada una de las fuentes documentales revisadas. En estas descripciones se detalla la siguiente información: autores, año, objetivo del estudio, tamaño de la muestra, grados evaluados, variables, instrumentos de evaluación y las conclusiones del estudio asociadas a nuestro objetivo de investigación.

LeFevre et al. (2010) llevaron a cabo una investigación en la cual pusieron a prueba un modelo sobre predictores longitudinales del rendimiento matemático, que incluía precursores cognitivos y habilidades aritméticas tempranas. En este estudio participaron 122 niños desde el preescolar hasta el segundo grado de primaria. El modelo propuesto abordaba 3 vías precursoras: cuantitativa, lingüística y de atención espacial.

Las vías fueron evaluadas en el primer año de investigación; la vía cuantitativa se evaluó mediante la tarea de subitización en donde les mostraban a los niños conjuntos de uno a seis puntos y les pedían que dijeran cuántos puntos había, lo

más rápido y preciso posible; la vía lingüística, mediante el vocabulario receptivo medido por el Peabody Picture Vocabulary Test–Revised Forma B y la conciencia fonológica a través del subtest de elisión del Comprehensive Test of Phonological Processing; para la vía de atención espacial se evaluó la memoria de trabajo visoespacial con una tarea denominada span espacial (spatial span task) en la que se le presentaban a los niños nueve nenúfares en un patrón pseudoaleatorio y aparecía una rana que se posaba en distintos nenúfares, a lo cual el niño debía estar atento a la secuencia de las posiciones porque luego se le solicitaba que señalara dicha secuencia.

También se evaluaron en el primer año de investigación las habilidades aritméticas tempranas. Estas habilidades fueron medidas a través de la tarea de nombrar números (number naming), en la que los niños debían nombrar los números que se le presentaban en la pantalla de una computadora y que luego de tres errores consecutivos se daba por terminada la tarea, y de la tarea de aritmética no lingüística (non-linguistic arithmetic), en la que los niños debían igualar cantidades, realizar adiciones y sustracciones haciendo uso únicamente de muñecos de animales de granero. En el último año de la investigación se evaluó el rendimiento matemático a través de los subtests de numeración, geometría y medición del KeyMath Test-Revised, el subtest de cálculo del Woodcock-Johnson Tests of Achievement- Revised y las tareas de recta numérica, en la que se le pedía a los niños que posicionaran un número objetivo en una recta numérica del 1 al 1000, y comparación de magnitudes simbólicas, en la cual se le presentaban a los niños un par de números de un solo dígito que variaban en tamaño físico y se les pedía que señalaran que número era “más”.

Los autores encontraron que, además de que cada una de las vías contribuía de manera independiente a las habilidades aritméticas tempranas, la contribución que tenga cada vía dependerá del tipo de medida de rendimiento matemático. Los resultados evidenciaron esto, puesto que la vía cuantitativa estuvo implicada en todas las medidas que conformaron el rendimiento matemático, con excepción de los subtests de geometría y medición; la vía lingüística influyó en todas las medidas de rendimiento matemático, siendo menos significativa para la comparación de magnitudes simbólicas y más significativa para la numeración, y la vía de atención espacial, aunque no fue el predictor dominante, explica de

manera moderada el rendimiento matemático, excepto la tarea de comparación de magnitudes simbólicas.

Por otro lado, Geary (2011) desarrolló un estudio en el que buscaba identificar a las competencias cuantitativas en primer grado de primaria que pudieran predecir el crecimiento en el rendimiento matemático hasta el quinto grado de primaria. En esta investigación participaron 177 niños desde el preescolar hasta quinto de primaria.

En primer grado evaluaron la inteligencia mediante los subtests de matrices y vocabulario de la Wechsler Abbreviated Scale of Intelligence (WASI); la memoria de trabajo fue evaluada de primer a quinto grado con la Working Memory Test Battery for Children (WMTB-C), y la velocidad de procesamiento, de primer a cuarto grado, mediante la evaluación de dos tareas de denominación automatizada rápida (rapid automatized naming - RAN) en las que primero se le presentan al niño cinco letras o números para determinar que es capaz de reconocerlos, luego, haciendo uso de esos estímulos se le presenta una matriz con 50 letras o números y se le pide que los nombre lo más rápido posible sin cometer errores .

Asimismo, en primer grado se evaluaron las competencias cuantitativas a través de las tareas de conocimiento de conteo (counting knowledge) en donde se le muestra al niño un títere contando fichas de distintos colores y por cada intento se le pregunta al niño si el conteo fue correcto; estrategias para la adición (addition strategy choices), se le presenta al niño catorce adiciones simples (ej. $2+5$), y seis complejas (ej. $14+7$) y se le pide que los resuelva sin lápiz y papel lo más rápido que pueda para luego preguntarle cómo había obtenido la respuesta ; conjuntos numéricos (number sets), para la cual, en la parte superior de una página se encuentra el número 5 o 9 como suma objetivo y más abajo 18 elementos a modo de fichas dominó que contienen como estímulos números arábigos y objetos, ante lo cual se le pide al niño que rodee los grupos de conjuntos que fueran igual a la suma objetivo (5 o 9) intentando trabajar lo más rápido posible y procurando no cometer muchos errores; y la estimación de la recta numérica (number line estimation), como muestra se le presenta a los niños, veinticuatro rectas numéricas del 0 al 100 con un número objetivo cada

una (ej. 24) y se le pidió que marcaran en la línea dónde debía estar el número objetivo.

Además, desde el preescolar hasta quinto grado, se evaluó el rendimiento matemático mediante el subtest de operaciones numéricas (Numerical Operations) del Wechsler Individual Achievement Test-II-Abbreviated, cuyos ítems más sencillos incluían discriminación numérica, conteo de memoria, producción numérica, suma y resta básica; mientras que los ítems de mayor dificultad comprendían sumas y restas multidígito, multiplicación y división y problemas de números racionales que los niños debían resolver con lápiz y papel.

Geary halló con respecto a las habilidades de dominio general que, la inteligencia, la velocidad de procesamiento y dos componentes de la memoria de trabajo, ejecutivo central y memoria visoespacial, predijeron el rendimiento matemático. Finalmente, todas las competencias cuantitativas medidas fueron predictores del rendimiento matemático, incluso superando la contribución de las habilidades de dominio general.

Asimismo, Passolunghi y Lanfranchi (2012) realizaron un estudio longitudinal, cuyo objetivo fue determinar la influencia de los precursores de dominio general y de dominio específico en el rendimiento matemático al final del primer grado de primaria, mediado por habilidades matemáticas tempranas. Se evaluaron las siguientes variables de dominio general al inicio del último año de preescolar: inteligencia, memoria de trabajo, memoria verbal y visoespacial de corto plazo, habilidades fonológicas, habilidades de conteo verbal y velocidad de procesamiento. Además, se evaluó la competencia numérica o habilidades matemáticas tempranas, al final del último año de preescolar, con el formulario B de la prueba "Utrecht early numeracy test". Finalmente se evaluó el rendimiento matemático al final del primer grado de primaria mediante una prueba estandarizada, esta se dividió en tres secciones: lógica (análisis espacio temporal, seriación y clasificación), aritmética (adquisición de conceptos numéricos y comprensión de operaciones básicas) y geometría (nociones de topología)

Para la evaluación de la inteligencia se utilizaron tareas con bloques de diseño (block designs) y tareas verbales (verbal tasks) tomadas de la escala de inteligencia de Weschler, las cuales estiman puntajes en el desempeño de la inteligencia y la inteligencia verbal respectivamente. La velocidad de procesamiento (procesamiento visual) se evaluó mediante dos tareas: la tarea de emparejamiento visual (WJ III visual matching task) que consiste en que el niño identifique y encierre en un círculo dos símbolos idénticos que aparecen en una fila de seis; y la tarea de comparación de patrones de velocidad (speed pattern comparison task), en la que se presentaban 60 pares de patrones para que el niño decida si ambos patrones eran idénticos. La memoria de corto plazo verbal se evaluó mediante tareas de recuerdo directo de palabras (forward recall word task) y de dígitos (forward recall digit task); y la memoria de corto plazo visoespacial, mediante el recuerdo del camino (pathway recall) y la tarea de bloques de Corsi (Corsi task forward). Las tareas para evaluar la memoria de trabajo fueron cuatro: tarea verbal doble (verbal double task), tarea doble visoespacial (visuo-spatial double task), tarea de recuerdo inverso de dígitos (digit backwards recall task) y la tarea de fluidez de palabras (word fluency task)

Los investigadores concluyeron que la competencia numérica, al final del último año de preescolar, está relacionada fuertemente con la memoria de trabajo y la velocidad de procesamiento. Además, refieren que el rendimiento matemático está directamente relacionado con la velocidad de procesamiento y el CI verbal, así como con la competencia numérica evaluada en preescolar.

Asimismo, Van der Ven et al. (2012) investigaron el desarrollo longitudinal de las funciones ejecutivas y las matemáticas, así como la relación entre las mismas; en 211 niños de primer grado de primaria, los cuales continuaron participando del estudio hasta segundo grado.

Las funciones ejecutivas abordadas fueron inhibición (inhibition), alternancia/flexibilidad cognitiva (shifting) y actualización (updating); las cuales fueron evaluadas cada seis meses en los dos años que duró la investigación, dando lugar a cuatro evaluaciones. La inhibición se evaluó mediante las siguientes tareas: Stroop de animales (animal stroop), en esta actividad se le presentan al niño imágenes de animales compuestos por la cabeza de un animal

y la cabeza de otro, ante lo cual el niño, debe de nombrar lo más rápidamente posible el animal al cual pertenece el cuerpo; global local (local global), en esta tarea se le presentan pequeñas formas geométricas idénticas que componen una forma geométrica más grande, frente a lo cual el niño debe nombrar a veces la forma pequeña y otras, la forma grande; y la tarea de Simón (Simon task), en la cual se le muestra al niño a la izquierda o derecha de la pantalla de una computadora, la imagen de un ratón o un dragón, si aparecía el ratón debía presionar la tecla A que se encontraba a la izquierda y si aparecía el dragón debían presionar la tecla L que se encontraba a la derecha. La función ejecutiva de alternancia/flexibilidad cognitiva se evaluó con las tareas de alternancia de animales (animal shifting), en la cual se le presentaba al niño en una pantalla de fondo amarillo o morado, imágenes de una fruta o un animal, si la pantalla era amarilla debía nombrar lo más rápido posible la fruta y si era morada, el animal; prueba de trazado en colores (trail making test in colours) en la que al niño se le presentaban 20 círculos, la mitad eran azules y el resto naranja, y ambos círculos de colores estaban enumerados del 1 al 10, ante lo cual el niño debía hacer un trazo conectando los círculos del 1 al 10 alternando los colores; y la tarea de clasificación (sorting task) en las que el niño debía clasificar y seleccionar los estímulos según el color, azul o naranja, y según la forma, estrella o cuadrado.

Finalmente, la función de actualización fue abordada a través de la tarea llevar la cuenta (keep track), en la que se le mostraba al niño imágenes pertenecientes a cinco categorías junto a algunos distractores, en cada intento se le pedía al niño que nombrara cada imagen y al finalizar la ronda el niño debía recordar aquellos elementos que pertenecían a las categorías previamente establecidas; y las tareas de recuento inverso de dígitos (digit span backwards) y el que sobra (odd one out) de la versión holandesa del test Automated Working Memory Assessment.

El rendimiento matemático se obtuvo a través de la escuela, mediante la aplicación del Cito test, tres meses después de cada evaluación de las funciones ejecutivas. El Cito test es una prueba holandesa estandarizada que se aplica dos veces al año. Durante el primer y segundo grado de primaria, los aprendizajes evaluados son los números y las relaciones numéricas; sumas y restas sencillas;

multiplicaciones y divisiones sencillas; aplicaciones matemáticas complejas, lo cual implica múltiples manipulaciones matemáticas; y mediciones como el peso y la longitud.

Los autores encontraron tras un análisis factorial confirmatorio que, las funciones ejecutivas inhibición y alternancia/flexibilidad cognitiva no se podían distinguir, considerándolas como un solo factor; mientras que la función actualización fue considerado un factor independiente. Con respecto a la relación de las funciones ejecutivas con el rendimiento matemático, aunque todas estuvieron relacionadas significativamente, en presencia de la función de actualización (updating), la inhibición y alternancia/flexibilidad cognitiva como un único factor, no fue predictor del rendimiento matemático, siendo así la actualización (updating) el predictor por excelencia del rendimiento matemático y un factor importante en el aprendizaje de las matemáticas.

De la misma manera, Fuchs et al. (2014) investigaron la contribución de habilidades de dominio general y habilidades de dominio específico a las diferencias individuales en la comprensión de la numeración (sistema de base 10) y el cálculo multidígito. En esta investigación participaron 394 niños desde primero hasta tercero de primaria.

Las habilidades cognitivas generales evaluadas al inicio de primer grado fueron el razonamiento espacial con el subtest de matrices del Wechsler Abbreviated Scale of Intelligence; la comprensión auditiva mediante el subtest del mismo nombre del Woodcock Diagnostic Reading Battery; el ejecutivo central (memoria de trabajo) evaluado a través de las tareas de recuerdo auditivo (listening recall), en donde se le presentan verbalmente al niño una serie de oraciones ante las cuales debe señalar si son verdaderas o falsas para luego pedirle que recuerde y refiera la última palabra de cada oración, y recuento de conteo (counting recall), tarea en la que al niño se le presentan unas tarjetas con 4, 5, 6 o 7 puntos para luego pedirle que recuerde y refiera el número de puntos que contó en cada tarjeta; y el comportamiento atento mediante la aplicación de los ítems de desatención de un cuestionario para maestros denominado Strengths and Weaknesses of ADHD-Symptoms and Normal-Behavior.

Las habilidades de dominio específico o competencias numéricas fueron evaluadas a través de la tarea de conjuntos numéricos (number sets) con el Number Sets Test y la estimación de la recta numérica (number line estimation), tarea en la cual, los niños debían ubicar un número en una recta del 0 al 100, al inicio del primer grado. Estas mismas competencias fueron evaluadas al final de segundo grado, además de las habilidades de cálculo multidígito y la comprensión de la numeración, a modo de mediadores. El rendimiento matemático fue operacionalizado con las medidas antes mencionadas, cálculo multidígito, el cual se evaluó con el subtest de aritmética del Wide Range Achievement Test y la comprensión de la numeración, con el subtest de numeración del KeyMath Test, ambos aplicados al final de tercer grado.

Los resultados evidenciaron que, en cuanto a las habilidades de dominio general, el razonamiento visoespacial, la comprensión auditiva, el ejecutivo central, específicamente el recuerdo auditivo, y el comportamiento atento, fueron predictores significativos considerando tanto los efectos directos como indirectos, del rendimiento matemático en la medida de comprensión de la numeración. Mientras que para el cálculo multidígito, el único predictor directo fue el comportamiento atento, ya que los demás predictores cognitivos generales y específicos influyen en el rendimiento de manera indirecta, es decir, a través de los mediadores evaluados en segundo grado. Con respecto a las habilidades de dominio específico, aunque ambas competencias numéricas fueron predictoras del rendimiento matemático, la que tuvo un efecto total significativo, fue medida a través de conjuntos numéricos en primer grado sobre la comprensión de la numeración en tercer grado.

Por otra parte, Friso-van den Bos et al. (2015) realizaron un estudio cuyo objetivo fue discutir el papel predictor de la recta numérica en el rendimiento matemático. El estudio fue longitudinal con una duración de 3 años, con un grupo de 354 niños que iniciaron la investigación en el preescolar (5 años) y terminaron en segundo grado (8 años).

Las variables en estudio fueron la estimación de la recta numérica (number to position task) y el rendimiento matemático, medido mediante la prueba Cito mathematics test (prueba nacional holandesa) evaluada a la mitad y al final del

primer grado y del segundo grado. Esta prueba consiste en la resolución de problemas de un amplio rango del dominio matemático, como: medición, tiempo, proporciones.

La tarea de estimación de la recta numérica, fue evaluada a la mitad y al final del último año de preescolar, del primer grado y del segundo grado. Se utilizó una versión computarizada, en la cual se le presentaba al niño una recta horizontal con el número 1 al inicio y el 100 al final de dicha recta, posteriormente se les presentaba un número el cual debían ubicar en la línea horizontal y señalar dicha ubicación en la pantalla. Se utilizaron números específicos en la prueba, los mismos que fueron mostrados de forma aleatoria

Se concluyó que existe una relación bidireccional entre la estimación de la recta numérica y el rendimiento matemático medido a través de la resolución de problemas. La relación bidireccional, es más fuerte que la relación unidireccional entre la estimación de la recta y el rendimiento matemático. Lo mencionado anteriormente fue demostrado mediante modelos estadísticos.

Asimismo, Fuhs et al. (2016) realizaron una investigación cuyo objetivo fue examinar si habilidades numéricas tempranas como la discriminación de cantidades (quantity discrimination), estimación de la recta numérica (number line estimation), identificación de conjuntos numéricos (number sets identification), conteo rápido (fast counting) y comprensión de palabras numéricas (number word comprehension) mediaban la relación entre las funciones ejecutivas y el rendimiento matemático. La muestra estuvo conformada por 141 niños que participaron desde preescolar hasta segundo grado de primaria.

Las funciones ejecutivas fueron evaluadas con las tareas stroop de día/noche (day/night stroop task), la cual midió el control inhibitorio mediante una actividad en la cual se le pedía al niño que dijera noche cada vez que se le mostraba una tarjeta blanca y día cuando la tarjeta era negra; y se aplicó la tarea de orden de tarjetas de cambio dimensional (dimensional change card sort task) para evaluar la alternancia atencional/flexibilidad cognitiva, en la cual se le pidió a los niños que clasificaran tarjetas según ciertos criterios, por ejemplo, agrupar las tarjetas de borde negro según el color y las que no tenían borde según la forma.

También midieron el coeficiente intelectual con la prueba Kaufman Brief Intelligence Test–Second Edition.

Con respecto a las habilidades numéricas tempranas, estas fueron evaluadas con las siguientes tareas: la discriminación de cantidades se evaluó mediante una tarea en la cual se le presentaron a los niños parejas de números del 0 al 20 y se les pidió que indicaran cuál era el número mayor en cada par; la estimación de la recta numérica se evaluó con una tarea para la cual se le brindaba al niño un número del 1 al 19 y debía ubicarlo en una recta numérica del 0 al 20; la identificación de conjuntos numéricos se midió con una actividad donde se mostraban a los niños imágenes de cajas con objetos en su interior y se les brindaba un número objetivo, para luego pedirles que encerraran todos los conjuntos que podían crearse con las cajas que igualaran el valor objetivo; para el conteo rápido se les presentó a los niños un número aleatorio de puntos del 1 al 6 y se les pidió que señalaran cuántos puntos había lo más rápido posible; y en la comprensión de palabras numéricas se les solicitó a los niños que relacionaran una palabra numérica con un dibujo, que representaba el número correspondiente en puntos.

El rendimiento matemático se evaluó tanto en preescolar como en segundo grado con el subtest de problemas aplicados (applied problems) de la batería de rendimiento Woodcock–Johnson III, el cual medía la capacidad del niño para resolver problemas matemáticos que requieran razonamiento cuantitativo y conocimientos matemáticos.

Los resultados del análisis longitudinal mostraron que las funciones ejecutivas fueron un predictor significativo del rendimiento matemático en segundo grado, gracias al papel mediador de la identificación de conjuntos numéricos, es decir, una mejor habilidad en las funciones ejecutivas pudo predecir un mejor desempeño en la tarea de identificación de conjuntos numéricos, y esto a su vez predijo un mejor rendimiento matemático.

Por otro lado, Nguyen et al. (2016) plantearon un estudio cuyo objetivo fue evaluar el rol relativo de las competencias preescolares con énfasis en conteo básico y avanzado, como precursores del rendimiento matemático en grados posteriores.

Se evaluó a 781 estudiantes, que se mantuvieron desde el preescolar hasta el quinto grado. Entre las tareas evaluadas, en el preescolar, se encuentran el conteo y cardinalidad, estas tareas se dividieron en básicas y avanzadas. Las tareas básicas fueron conteo verbal, correspondencia uno a uno, reconocimiento de los números, subitización perceptual (reconocimiento de un número sin contar). Las tareas avanzadas fueron contar con cardinalidad, contar hacia adelante o hacia atrás desde un número dado, subitización conceptual (reconocer un patrón numérico como la composición de partes o como un todo). Se evaluaron también los conocimientos de duplicar y extender patrones; identificar diversas formas geométricas bidimensionales utilizando un lenguaje apropiado, así como crear, construir y ampliar formas geométricas a partir de componentes; reconocer los atributos de longitud, área, peso y capacidad de los objetos cotidianos utilizando el vocabulario apropiado, de la misma manera, utilizar instrumentos de medida para determinar la longitud y la anchura de los objetos

Las competencias matemáticas anteriormente mencionadas fueron evaluadas mediante la prueba Research-based Early Mathematics Assessment (REMA). Esta evaluación está validada y diseñada específicamente para medir los conocimientos matemáticos de los niños de 3 a 8 años, y contiene dos secciones: La primera evalúa las competencias de los niños en conteo, reconocimiento de números, sumas y restas, y la segunda evalúa las competencias de los niños en materia de patrones, medidas, geometría y espacio. Se codificaron los ítems de la prueba REMA en las siguientes variables: conteo y cardinalidad, patrones, geometría, medición y datos. Estas competencias se evaluaron al inicio y al final del último año de preescolar.

El rendimiento matemático fue evaluado al final de quinto grado a través de la prueba Elementary Assessment in Math 3–5 (TEAM 3–5), una variante del REMA. El TEAM 3-5 constaba de dos partes y evaluaba una amplia variedad de conceptos matemáticos fundamentales para el rendimiento en matemáticas en los últimos años de la escuela primaria, incluyendo fracciones, geometría, multiplicación, división e interpretación de datos.

El resultado general que encontraron fue que las habilidades geométricas tempranas, los patrones y las habilidades de medición predecían el rendimiento matemático de quinto grado. Sin embargo, descubrieron que las habilidades de conteo y numeración, especialmente las habilidades de conteo avanzadas, eran las que más predecían el rendimiento matemático posterior.

De la misma manera, Toll et al. (2016) realizaron una investigación en la cual deseaban probar la hipótesis del doble déficit de las dificultades en matemáticas, es decir, buscaban comprobar si subyacente a estas dificultades se encontraban déficits en la memoria de trabajo visoespacial y en el sentido numérico. En este estudio se evaluó a 670 niños desde el final del primer año de preescolar hasta el final del primer grado de primaria (2 años).

Tanto la habilidad de domino general, memoria de trabajo visoespacial, como la habilidad de domino específico, sentido numérico (simbólico y no simbólico), fueron evaluadas al final del primero año, de los dos años que componían el nivel preescolar. La memoria de trabajo visoespacial fue evaluada mediante las subpruebas matriz de puntos (Dot Matrix) y el que sobra (Odd One Out) de la batería computarizada Automated Working Memory Assessment (AWMA). El sentido numérico no simbólico se evaluó mediante la tarea de comparación de puntos (Dot Comparison), en la cual se les pidió a los niños que compararan dos arreglos de puntos que variaban en cantidad y tamaño e indicaran aquel con el mayor número de puntos; mientras que para el sentido numérico simbólico se aplicó cuatro subpruebas (uso de números, conteo sincronizado y abreviado, conteo resultante y comprensión general de los números) del Early Numeracy Test-Revised (ENT-R). El rendimiento matemático se midió al final de primero de primaria, mediante las tareas de hechos numéricos con el test Speeded Number Facts Test y la resolución de problemas matemáticos, a través de la aplicación del Cito Test, una prueba de matemática holandesa estandarizada nacionalmente que se utiliza para supervisar el progreso de los niños en primaria.

Los autores, además de comprobar la hipótesis del doble déficit, hallaron que la memoria de trabajo visoespacial y el sentido numérico simbólico fueron predictores de ambas medidas que conformaban el rendimiento matemático

(hechos numéricos y resolución de problemas matemáticos), mientras que el sentido numérico no simbólico demostró ser predictor únicamente de la resolución de problemas matemáticos. De todas las variables, el sentido numérico simbólico pareció tener el mayor poder predictivo.

Por otra parte, Casey et al. (2017) en su estudio longitudinal, cuyo objetivo fue comprender la relación de las habilidades espaciales y el uso temprano de estrategias aritméticas avanzadas con las habilidades de razonamiento matemático posterior, evaluaron a niñas de primer grado en: habilidades verbales, precisión aritmética, estrategias aritméticas y habilidades espaciales, las cuales, posteriormente fueron evaluadas en quinto grado mediante pruebas de: razonamiento analítico matemático, fluidez aritmética y habilidades espaciales.

En el primer momento de evaluación, la prueba de habilidades verbales se midió mediante el Vocabulario de imágenes Peabody (PPVT-IV). La prueba de precisión aritmética fue evaluada con problemas numéricos simples de adición y sustracción; los problemas incluían números de un dígito (Ejemplo, $6 + 4$) y problemas mixtos (Ejemplo, $15 + 2$). Los niños recibieron la indicación de que podían resolver los problemas de cualquier forma que decidieran.

La prueba de habilidades espaciales fue evaluada con tres diferentes tareas. La primera, el subtest de diseño de bloques (block design) de la escala de inteligencia de Wechsler para niños (WISC-IV), el mismo que mide la habilidad para analizar y recrear estímulos visuales abstractos. La segunda fue una tarea de rotación mental en dos dimensiones, que consistió en unir mentalmente dos piezas separadas de una figura; y finalmente, la tercera tarea fue de rotación mental en tres dimensiones, esta consistió en presentarle a las niñas dos figuras tridimensionales iguales formadas por multicubos, pero en diferentes direcciones, las estudiantes debían rotar, físicamente, en tres y dos dimensiones, una de las figuras para obtener la misma dirección de la figura base. Esta tarea se complejiza mediante la añadidura de más elementos multicubos que apuntaban en más direcciones.

En el segundo momento evaluativo (quinto grado de primaria), la prueba de razonamiento analítico matemático se diseñó especialmente para la

investigación utilizando preguntas de otras pruebas estandarizadas y que cubrieran un amplio campo de habilidades matemáticas, se seleccionaron específicamente items de álgebra y numeración que requieran la toma de decisiones y el razonamiento. Para la prueba de fluidez aritmética se utilizó el subtest Woodcock Johnson arithmetic fluency, que mide la habilidad para resolver problemas aritméticos simples. Finalmente, la prueba de habilidades espaciales se midió mediante la prueba estandarizada de Vandenberg Mental Rotation test (MRT), prueba de rotación mental en 3D.

El resultado de la investigación fue que las habilidades espaciales de las niñas de primer grado tenían el mayor efecto directo sobre las habilidades de razonamiento matemático numérico algebraico en el quinto grado, incluso considerando los efectos indirectos y directos de las estrategias aritméticas del primer grado, las habilidades espaciales y la fluidez aritmética del quinto grado. Además, se concluyó que las habilidades espaciales del primer grado se relacionan fuertemente con las estrategias matemáticas en el primer grado, especialmente con las estrategias de descomposición más que las estrategias de recuperación, de esta manera se generó un vínculo indirecto entre las habilidades espaciales tempranas y el razonamiento matemático posterior.

Asimismo, Ching y Nunes (2017) realizaron un estudio cuyo objetivo fue investigar la importancia de la memoria de trabajo, la habilidad de conteo y el razonamiento aditivo en el rendimiento matemático de niños del segundo grado de primaria.

La memoria de trabajo se evaluó mediante tres tareas que corresponden a cada uno de sus componentes, estas tareas fueron tomadas de Working Memory Test Battery for Children,: el bucle fonológico se midió con la tarea de repetición directa de números de un solo dígito (digit span forward), desde una serie de dos números hasta series de nueve números; la agenda visoespacial, con la tarea span de Corsi (Corsi span), que consistía en que el experimentador toque una serie de nueve bloques y que el niño repita la misma secuencia, la tarea iniciaba con la manipulación de dos bloques y se incrementaba hasta los nueve bloques; y el ejecutivo central, con la tarea recuerdo de conteo (counting recall), que consistía en contar y recordar la cantidad de triángulos de una serie mostrada y

luego mencionar la cantidad observada, la serie comenzaba con dos triángulos y se incrementaba hasta nueve y la repetición inversa de números de un solo dígito (digit span backward).

La habilidad de conteo fue operacionalizada mediante tareas de conteo procedimental, es decir, precisión en el conteo, y el conocimiento conceptual de conteo, esto es, reconocer los principios del conteo y el uso coordinado de los mismos. Las tareas de conteo procedimental fueron dos: el recuento oral de memoria, en el que los niños contaban verbalmente secuencias numéricas en orden ascendente y descendente; y el recuento de objetos, en el que debían contar utilizando la correspondencia uno a uno entre palabras y objetos.

En la tarea del conocimiento conceptual de conteo, se utilizaron tres tipos de ensayos: recuentos correctos, recuentos incorrectos y recuentos correctos pero inusuales. Mientras que el razonamiento aditivo fue evaluado mediante la comprensión de los principios de conmutatividad y de complemento. El principio de conmutatividad se refiere a la irrelevancia del orden de los sumandos, es decir, " $a + b$ " tiene el mismo resultado que " $b + a$ ", mientras que el principio de complemento se refiere a la relación inversa entre la suma y la resta, es decir, " $a + b = c$ " implica " $c - a = b$ ".

Todas las variables anteriormente mencionadas se evaluaron en un primer momento, cuando los niños cursaban el primer grado de primaria. Se evaluó también la inteligencia, mediante las matrices progresivas de Raven y la lectura de palabras en chino, ambas como medidas de control. El rendimiento matemático se evaluó mediante tareas de cálculo de diversa complejidad (adición y sustracción); en un primer momento, se evaluaron adiciones de dos números hasta el 25 y sustracciones de dos números menores que 25; en un segundo momento, se evaluaron adiciones con números mayores que 25, adiciones con tres sumandos de un dígito y restas de 3 números con un solo dígito. El rendimiento también se evaluó mediante tareas de resolución de problemas; en un primer momento se evaluaron problemas de cambio, comparación, combinación e igualación; en un segundo momento, se evaluaron los mismos tipos de problemas, salvo dos de combinación que fueron

reemplazados por dos de transformación. La prueba fue diseñada considerando el currículo hongkonés.

Los autores concluyeron que existe una conexión fuerte entre el razonamiento aditivo y el rendimiento matemático. El razonamiento aditivo, tanto en tareas de adición como sustracción, está significativamente asociado al cálculo y la resolución de problemas. El ejecutivo central emerge como predictor del rendimiento matemático en segundo grado, más allá de la influencia sobre el rendimiento en primer grado. Además, se evidenció que solo el conocimiento conceptual de conteo fue el único que predijo el cálculo matemático, pero no la resolución de problemas.

Por otro lado, Wong y Ho (2017) examinaron los correlatos de la resolución de problemas matemáticos enunciados (arithmetic word-problem solving) a través de dos procesos componentes: la construcción de la oración numérica (proceso mediante el cual a partir de un enunciado se formula una operación numérica, ej. $6+2$) y el cómputo o cálculo. En este estudio participaron 153 niños desde el último año de preescolar hasta segundo de primaria.

Durante el último año de preescolar, los niños fueron evaluados en habilidades de dominio general como los componentes de la memoria de trabajo: el bucle fonológico fue evaluado con una tarea de recuerdo de sílabas (syllable recall) en la cual los niños escuchaban una secuencia de sílabas y debían repetirla en el orden exacto justo después de escucharla; la agenda visoespacial fue evaluada con la tarea de bloques de Corsi (The Corsi block task), donde los niños observaban al evaluador con un tablero con nueve cajas, las cuales golpeaba en una determinada secuencia y luego ellos puedan reproducir dicha secuencia; y el ejecutivo central fue evaluado mediante la tarea de span de dígitos hacia atrás (backward digit span task) en la cual se le brindaba verbalmente una secuencia de números a los niños para luego pedirles que la evocaran al revés. Además, en primer grado se evaluó la inteligencia no verbal a través de una forma abreviada del test Matrices de Raven y la lectura de palabras a través del subtest de lectura de palabras en chino de la prueba nacional Hong Kong Test of Specific Learning Difficulties in Reading and Writing for Primary School Students, Second Edition.

En cuanto a las habilidades de dominio específico o medidas de procesamiento numérico, se evaluaron al final del último año de preescolar. Las medidas abordadas fueron: tarea de procesamiento numérico no simbólico (nonsymbolic numerical processing) en la cual se le presentaba a los niños dos matrices de puntos de distinto tamaño y debían indicar cuál tenía más puntos sin contar; el procesamiento numérico simbólico (symbolic numerical processing) mediante la tarea de comparación de números para la cual se les presentaba a los niños dos números arábigos y debían señalar cuál era numéricamente mayor; y el mapeo simbólico – no simbólico (symbolic-nonsymbolic mapping) se evaluó con la tarea de producción de numerosidad, para la cual se le presentaba en la pantalla de una computadora un número arábigo y se les pedía que mantuvieran una tecla presionada, hasta que produjeran el mismo número de puntos pero sin la posibilidad de contarlos.

Por otro lado, la construcción de oraciones numéricas se evaluó al final de primer grado a través de la resolución de problemas aritméticos (arithmetic word problems). En esta tarea se presentaba el enunciado de un problema matemático que también era leído por el evaluador y luego se le indicaba al niño que escribiera la oración numérica (ej. $5+3$) que le permitiera resolver el problema, estos problemas incluían sumas y restas de un solo paso, así como de varios pasos. El cómputo o cálculo aritmético (arithmetic computation), además de evaluarse al final de primer grado, también se midió al final de segundo grado. Para esta tarea se le presentaron a los niños oraciones numéricas que debían resolver, en primer grado se trabajaron 18 ítems y en segundo, 25 ítems. Estos ítems incluyeron sumas y restas de tres dígitos; multiplicación y división de uno y dos dígitos; y operaciones mixtas de varios pasos. Finalmente, el desempeño en matemáticas se evaluó al final de segundo grado con el The Learning and Achievement Measurement Kit 2.0 Second Grade Mathematics, una prueba de matemáticas elaborada por la Oficina de Educación de Hong Kong, la cual constaba de 33 ítems que cubrían temas de aritmética, forma y espacio, medidas y estadísticas simples.

Los autores encontraron que, para el desempeño en matemáticas, los predictores longitudinales que surgieron fueron la construcción de oraciones

numéricas y el cómputo o cálculo aritmético de primer grado y la inteligencia no verbal.

De la misma manera O'Connor et al. (2018) estudiaron el impacto de la capacidad de ordenación no numérica, medido a través de la ordenación de secuencias de eventos familiares, en el desarrollo matemático. La muestra estuvo conformada por 87 niños que participaron desde primero hasta segundo grado de primaria.

Las medidas abordadas en esta investigación fueron el coeficiente intelectual, el procesamiento de orden, el procesamiento de magnitudes, la estimación y el rendimiento matemático. El coeficiente intelectual fue evaluado con los subtests de vocabulario y diseño con cubos del Wechsler Preschool & Primary Scale of Intelligence – Third UK Edition. El procesamiento de orden se evaluó con las siguientes pruebas o tareas: el Parental Order Processing Questionnaire (OPQ), un cuestionario a través del cual los padres reportaron la capacidad cotidiana de los niños para el procesamiento del orden; tarea de memoria de trabajo de orden (order working memory task), en la cual los niños debían retener y evocar en orden serial una secuencia de nombres de animales que se les presentó verbalmente; tarea de eventos diarios (daily events task), en donde se les mostraba tres imágenes de eventos diarios y ellos debían señalar si el orden en el que se presentaban era correcto o incorrecto; tarea de orden de números simbólicos (ordering symbolic number), en la cual al niño se le presentaban tarjetas con los números del 1 al 9 y debían ordenarlas en orden directo o inverso según lo solicitado por el evaluador; y la tarea de conteo (counting) donde se les pidió a los niños que contaran del 1 hasta el número más alto que pudieran, se les detenía si llegaban a 50, así como también se les pidió que contaran hacia adelante o hacia atrás desde distintos puntos de partida brindados por el evaluador.

Las medidas de procesamiento de magnitudes (magnitude processing measures) utilizadas fueron la adición no simbólica (non-symbolic addition), en la cual se le presentaba al niño dos sets de canicas azules y debían estimar la suma, para luego mostrarles un set de canicas rojas con el cual debían comparar la suma previamente realizada; y la comparación de números (number

comparison), donde se le mostraba al niño un número objetivo en la pantalla y se le indicaba que presionara un botón si pensaba que ese número era mayor que 5 y otro botón si era menor. Para la medida de estimación se evaluó la tarea de la recta numérica, en dos versiones, del 1 al 10 y del 1 al 20, pidiéndole a los niños que señalaran donde se encontraba en la recta el número objetivo brindado por el evaluador.

Finalmente, el rendimiento matemático, a diferencia de las otras medidas que solo fueron evaluadas en primer grado, también fue evaluado en segundo grado. Al final del primer grado se evaluó a los niños con el subtest de cálculo del Woodcock-Johnson III Tests of achievement y la forma A del Test of Early Mathematics Ability (TEMA-3). Al final de segundo grado, el rendimiento matemático se evaluó con la prueba Maths Assessment for Learning and Teaching (MALT), que abordó conteo y comprensión del número, conocer y utilizar hechos numéricos, cálculo y medidas.

Los resultados de este estudio mostraron que el procesamiento de orden se relacionó longitudinalmente con el rendimiento matemático. El predictor longitudinal más significativo fue la capacidad del ordenamiento no numérico, medido a través del ordenamiento de los eventos diarios y el cuestionario aplicado a los padres sobre el procesamiento ordinal de sus hijos. Además, un predictor significativo específicamente del rendimiento matemático de segundo grado fue la adición no simbólica.

Por otra parte, Xenidou-Dervou et al. (2018) desarrollaron un estudio longitudinal durante 3 años (el mismo que formó parte de un proyecto colaborativo llamado "The MathChild Project"), con una muestra de 334 niños que iniciaron en el preescolar y se prolongó hasta su segundo año de educación primaria. En este estudio se evaluó el cociente intelectual, los tres componentes de la memoria de trabajo, habilidades de conteo, comparaciones de magnitudes simbólicas y no simbólicas y habilidades aritméticas.

La inteligencia se evaluó en kindergarten mediante las Matrices Progresivas de Raven, las cuales fueron utilizadas para evaluar específicamente la inteligencia fluida no verbal, la que consistió en patrones visuales de dificultad creciente.

Para la evaluación de los componentes de la memoria de trabajo en kindergarten se utilizaron seis tareas, traducidas y adaptadas de la prueba “Automated WM Assessment battery”, las tareas elegidas se relacionaron con tareas matemáticas. La tarea de Cross Matrix (Matriz de cruces) evaluó la capacidad visoespacial de los niños, esta consistía en recordar el lugar donde aparecía y desaparecía una cruz en una matriz de 4x4. La dificultad aumentaba cuando se le colocaba más cruces (hasta 5 cruces); además, los estudiantes debían recordar no solo el lugar, sino también el orden de aparición. El bucle fonológico se evaluó mediante la tarea recuerdo directo de palabra (Word Recall) Forward”, que consistía en la repetición de palabras, de uso frecuente y de una sílaba, en el mismo orden que fueron escuchadas; y la tarea recuerdo directo de dígito (Digit Recall Forward), es decir la repetición de números del 1 al 9, en el orden mencionado por el evaluador. El ejecutivo central se evaluó mediante 3 tareas que se diferenciaban según el tipo de estímulos: la tarea de recuerdo inverso de palabras (Word Recall Backwards), consistía en la repetición de palabras en el orden inverso que fueron mencionadas; la tarea de recuerdo inverso de dígitos (Digit Recall Backwards) es una tarea fonológica específica de las matemáticas, que involucra la repetición de números en orden inverso; finalmente, se evaluó la tarea “Odd One Out”, de orden visoespacial.

La evaluación del conteo y el procesamiento de magnitudes se dio al inicio de primer grado. Para evaluar la habilidad de conteo se utilizaron 4 subescalas de la versión A de “The Early Numeracy Test-Revised”, las cuales fueron: el uso de números en palabras contando hacia adelante y hacia atrás hasta máximo el número 20; conteo estructurado contando y señalando objetos; conteo resultante contando sin señalar; y la comprensión general de los números. Finalmente, para evaluar las comparaciones de magnitudes simbólicas y no simbólicas y habilidades aritméticas, se utilizaron tareas de adiciones y comparaciones.

El rendimiento matemático fue evaluado con el “Cito mathematics test” (prueba nacional de rendimiento en matemática basada en el currículo escolar holandés), esta prueba se administra dos veces en un periodo académico anual. Para la investigación en mención, se consideraron cuatro puntajes: a la mitad y al final del primer y segundo grado. Este test incluye problemas sobre mediciones,

proporciones, números, relaciones numéricas, las cuatro operaciones aritméticas y operaciones complejas.

Se evidenció que las capacidades de la memoria de trabajo, el cociente intelectual y las habilidades de conteo, evaluadas al final del preescolar, fueron predictores longitudinales del estado inicial de los niños en rendimiento matemático, es decir cuando estos se encontraban en la mitad del primer grado. Además, concluyeron que la adición simbólica aproximada fue el único predictor del crecimiento del rendimiento matemático hasta final de segundo grado.

Asimismo, Gashaj et al. (2019) presentan como objetivo de su estudio, investigar el valor predictivo de las funciones ejecutivas, de las habilidades motoras finas y de las habilidades numéricas básicas para el rendimiento en matemáticas de forma simultánea. Además, dilucidar los posibles efectos indirectos de los factores de dominio general mediados por factores de dominio específico.

La muestra consistió en 136 niños evaluados en un primer momento al final del preescolar y de un segundo momento, al inicio del segundo grado de primaria. Las variables medidas fueron: habilidades numéricas básicas, funciones ejecutivas y habilidades motoras finas. Todas fueron evaluadas en el primer momento. Las tareas evaluadas en las dos primeras variables se describen a continuación:

Las habilidades numéricas básicas se midieron a través de la estimación en la recta numérica, donde los niños debían colocar números a lo largo de la recta que inicia 1 y termina en 100, para lo cual se utilizaron versiones simbólicas y no simbólicas; además, se evaluaron habilidades de comparación de magnitudes, en las que los niños debían decidir cuál de dos números era el mayor, se utilizaron versiones simbólicas (números arábigos) y no simbólicas (puntos).

Las funciones ejecutivas se midieron con tres tareas: se evaluó la inhibición mediante una tarea de flanqueo, es decir se le presentó el estímulo con 5 objetos, el objeto del medio fue el estímulo principal y dos estímulos más a cada lado, el niño debió decidir si apretar el botón de la izquierda o derecha dependiendo hacia donde apuntaba el estímulo central. En esta tarea se midió el tiempo de reacción. La segunda función ejecutiva fue la de alternancia/flexibilidad cognitiva (switching), la cual se evaluó con tareas de

flanqueo modificadas, esta vez los estímulos variaron por colores. La tercera fue la de actualización (updating), en esta se les mostró una secuencia de colores que los niños debían recordar y repetir en orden inverso, quienes realizaban correctamente tres secuencias, se les agregaba una más. En esta se medía la cantidad de secuencias correctamente reconocidas.

El rendimiento matemático se evaluó mediante subpruebas estandarizadas en formato de papel y lápiz, basadas en un plan de estudios. Las subpruebas fueron: Ecuaciones, Secuencias y Adición/Substracción. La subprueba de ecuaciones incluía comparaciones sencillas de números arábigos o comparaciones sencillas de cálculos (por ejemplo, $100 - 3$ comparado con 56), la tarea consistía en rellenar el espacio vacío entre los dos números o cálculos con los signos $>$ (mayor que), $<$ (menor que) o $=$ (igual a). En la subprueba de secuencias, los niños resolvieron un máximo de 20 filas en un tiempo de 3 min: ellos tenían que encontrar la regla con la que se construyeron las secuencias y se les pidió que escribieran los tres números siguientes en los espacios vacíos de cada fila. Para la subprueba de suma/resta, los niños resolvieron tareas de cálculo que se utilizan habitualmente en segundo grado.

Los investigadores concluyeron que, las habilidades numéricas básicas y la función ejecutiva de actualización (updating) fueron predictores significativos del rendimiento matemático. Por otro lado, las habilidades motoras finas, las funciones ejecutivas alternancia/inhibición (switching/inhibition) y la función de actualización (updating), fueron predictores significativos de las habilidades numéricas básicas, actuando estas últimas como mediadoras hacia el rendimiento matemático.

Por otra parte, Kiss et al. (2019) desarrollaron un estudio longitudinal que tenía como objetivo examinar la relación predictiva entre las habilidades matemáticas tempranas en el primer grado, y el rendimiento matemático en el tercer grado, este último medido a través de una prueba estandarizada norteamericana.

En esta investigación se evaluaron las siguientes habilidades matemáticas tempranas: Descomposición, secuencia numérica, identificación numérica, valor posicional, adición verbal, sustracción verbal, problemas enunciados y cálculo.

Las tareas de descomposición midieron la capacidad de componer y descomponer números y representaciones de conjuntos, estas tareas consistían en hallar un número (desconocido) que sumado a otros dos (conocidos) dieran como resultado un número entre 5 y 20, los números a componer fueron presentados mediante puntos. La secuencia numérica se evaluó mediante el conocimiento de una recta numérica mental, es decir se preguntó oralmente conteos directos, inversos, número anterior, posterior y medio. La identificación numérica fue medida a través del nombramiento fluido de números presentados en filas, los números estaban en un rango de 0 a 120. La tarea de valor posicional consistió en la comprensión de la representación numérica en base 10, la primera vez los niños observaban la representación en base 10 y debían escribir el número, la segunda vez debían encerrar las representaciones adecuadas según el número indicado. La adición verbal, consistía en responder verbalmente problemas de adición de números de un solo dígito, de forma parecida se evaluó la sustracción verbal. Los problemas enunciados fueron evaluados de dos maneras, en la primera el examinador leía el problema y presentaba 4 opciones de respuestas simbólicas, en la segunda, las respuestas eran orales. La tarea de cálculo consistió en calcular adiciones y sustracciones de un número de un solo dígito.

La prueba The Minnesota Comprehensive Assessment-Series III (MCA-III) sirvió como medida del rendimiento matemático en tercer grado de primaria, considerando los puntajes de matemática y lectura. Los puntajes de la prueba de matemática incluyeron los ejes de: Operaciones y numeración, álgebra, geometría y medida, así como probabilidad y análisis de datos.

Entre los resultados más significativos de la investigación, se hallaron que ciertas habilidades matemáticas tempranas se correlacionan o son importantes para ciertos dominios matemáticos. En otras palabras, las habilidades de descomposición, secuencia numérica y sustracción verbal explican un mejor rendimiento en el eje de número y operaciones; de la misma manera, la secuencia numérica y las habilidades de cálculo se relacionan directamente con el eje algebraico; así como, las habilidades en secuencia numérica, descomposición, sustracción verbal y valor posicional son predictores significativos del rendimiento en geometría y medición.

De la misma manera, Carr et al. (2020) desarrollaron un estudio longitudinal para determinar si las habilidades espaciales predicen el desarrollo del sentido numérico y de la competencia matemática, durante un periodo de estudio de segundo a cuarto grado de primaria.

En dicho estudio se evaluaron las siguientes variables: la memoria de trabajo verbal (al inicio del estudio), las habilidades espaciales y el sentido numérico (al inicio del segundo, tercer y cuarto grado, y al final del segundo y tercer grado). Además, se evaluó la competencia matemática al final del cuarto grado.

La memoria de trabajo verbal se evaluó con la tarea Backward Digit Span, en la que los niños debían recordar números en orden inverso. Las habilidades espaciales fueron medidas mediante dos pruebas que involucran imágenes de rotación mental en dos dimensiones, las cuales fueron lo suficientemente simples para el grado evaluado, es decir al inicio del segundo grado. La primera prueba de habilidades espaciales, The Primary Mental Abilities (PMA), subtest de relaciones espaciales, consistió en completar un rectángulo o cuadrado seleccionando uno de cuatro figuras, las que debían ser manipuladas mentalmente por los estudiantes para completar la figura inicial. La segunda prueba consistió en una tarea de relaciones espaciales en la cual debían unir dos piezas elegidas a partir de un grupo de cinco, para formar una imagen base, realizando rotaciones mentales en dos dimensiones.

El sentido numérico incluyó tareas de valor posicional, resolución de problemas no rutinarios (se solucionan utilizando un pensamiento creativo y en varios pasos), descomposición y resolución de problemas cognitivos (resolución mental). En la tarea de valor posicional se evaluaron dos tareas: en la primera, se brindó a los niños 4 dígitos (1;3;5 y 8), luego se les pidió que formaran el mayor y el menor número posible con dichos dígitos; esta tarea se complicó en el tercer y cuarto grado al pedirles que formen, con los mismos cuatro dígitos dados, un número que se encontraba en un intervalo dado (ejemplo: entre 5 120 y 5 680); la segunda tarea evaluó el conocimiento del valor posicional procedimental, mediante la resolución de problemas de adición y sustracción de números con dos y tres dígitos, en el segundo grado, y se propuso mayor dificultad en el tercer y cuarto grado a través de la resolución de problemas de

tres y cuatro dígitos. En todos los problemas se requirió llevar decenas, centenas y/o unidades de millar.

La tarea de descomposición consistió en mostrar, a los alumnos, dos formas de resolver un problema de adición o sustracción de números naturales de dos dígitos; la primera forma mostrada fue el algoritmo de resolución cotidiana (ordenamiento en columna), la segunda forma fue la descomposición (ejemplo: restar $29 - 18 = 30 - 18 - 1$). Se procedía a leer el problema, luego se mostraba la solución algorítmica, posteriormente se preguntaba si la alternativa de descomposición también era válida para resolver el problema, luego se pedía que explicaran su razonamiento.

La tarea de problemas no rutinarios consistió en dar al estudiante cinco problemas de solución en dos pasos (adición y sustracción, o viceversa). En el segundo grado resolvieron problemas con números naturales de dos dígitos, y en tercer y cuarto grado, con tres dígitos.

La resolución de problemas cognitivos, se evaluó mediante problemas de adición y sustracción, resueltos mentalmente. Luego de su respuesta, los niños debían explicar cómo lo resolvieron. Para el segundo grado, los problemas fueron de uno o dos dígitos; para el tercer y cuarto grado, de dos y tres dígitos.

La prueba de rendimiento matemático fue evaluada al final de cuarto grado, para la cual se utilizó el Criterion Reference Competency Test (CRCT), que fue una prueba estandarizada para matemáticas e incluyó rendimientos en habilidades computacionales, patrones y estadísticas, resolución de problemas y geometría.

Los resultados de la investigación demuestran que las habilidades espaciales predicen la competencia matemática a través de su impacto sobre el sentido numérico.

Por otro lado, Malone et al. (2020) realizaron un estudio en el que analizaron el valor predictivo de habilidades teóricamente fundamentales para el desarrollo aritmético temprano. La muestra consistió en 519 niños en su primer año de educación primaria, a los cuales se les hizo el seguimiento un año después.

Las habilidades de dominio general y de dominio específico fueron evaluadas cuatro meses después de iniciado el primer año de escuela primaria. Las

habilidades de dominio general abordadas fueron la gnosia de dedos (finger gnosia), funciones ejecutivas (memoria visoespacial, memoria de trabajo verbal, inhibición y atención selectiva) y el lenguaje (gramática receptiva y vocabulario expresivo). La gnosia de dedos, la cual es la habilidad de la persona para diferenciar sus dedos sin el apoyo visual, fue evaluada mediante una tarea en la cual se le pedía al niño que colocara ambas manos con las palmas hacia abajo dentro de una caja para que no pudieran verlas, luego se procedía a aplicar pequeña presión en algunos dedos y a continuación se le pedía que señalara qué dedos habían sido tocados. Con respecto a las funciones ejecutivas, la memoria visoespacial (visual spatial memory) fue evaluada con la tarea de localización de puntos (dot locations task) del Children's Memory Scale; la memoria de trabajo verbal (verbal working memory) fue medida con una tarea de recuerdo inverso de palabras (backward word span), en la que se le presentaba al niño verbalmente una secuencia de palabras y se le pedía que repitiera la secuencia en orden inverso; la inhibición (inhibition) fue evaluada con la tarea cabeza, dedos, rodillas y hombros (head, toes, knees and shoulders task) en la que se daba una indicación y el niño debía realizar la acción contraria, por ejemplo, si se le pedía que tocara su hombros, debía tocar sus rodillas, de la misma forma si la indicación era toca tus dedos, debía tocar su cabeza. Finalmente, en cuanto al lenguaje, la gramática receptiva (receptive grammar) se midió con el subtest estructura de oraciones (sentence structure) del test australiano Clinical Evaluation of Language Fundamentals (CELF), mientras que para evaluar el vocabulario expresivo (expressive vocabulary) se les pidió a los niños que nombraran una serie de acciones y objetos.

Por otro lado, las habilidades de dominio específico evaluadas fueron el conocimiento del número (number knowledge), el conteo (counting) y la discriminación de numerosidades no simbólicas (non-symbolic numerosity discrimination). Para evaluar el conocimiento de los números arábigos, se evaluó la tarea de identificación numérica (number identification), para la cual los niños debían elegir entre cuatro números arábigos aquel que era nombrado por el evaluador; y la escritura de número (number writing), donde los niños debían escribir en números arábigos las numerosidades dictadas por el evaluador. El conteo se evaluó con el recuerdo de secuencia de conteo (recalling the count

sequence), tarea en la cual se le pedía a los niños que empezaran a contar desde el 1 y se les detenía cuando cometían un error o llegaban a 40; y el conteo de objetos (object counting), en el que se les pedía que contaran los puntos que conformaban un grupo, preguntándoseles al final cuántos puntos habían. La discriminación de numerosidades no simbólicas se midió a través de una tarea en la cual se les mostraba a los niños un par de matrices compuestas por cuadrados pequeños y se les pedía que eligieran el que tenía más cuadraditos lo más rápido posible.

El rendimiento matemático, específicamente aritmético, se evaluó en dos momentos, al mismo tiempo que las habilidades de dominio general y de dominio específico, y luego un año después, mientras los niños cursaban el segundo grado de primaria. En la primera evaluación se abordó solo la suma mediante problemas de adición de un solo dígito con resultados menores a 10, además se les permitía usar objetos de conteo para resolverlas. En la segunda ocasión, se evaluó adición y sustracción mediante la prueba Test of Basic Arithmetic and Number Skills (TOBANS), aquí se les presentaban a los niños los problemas impresos y ellos debían dar las respuestas verbalmente.

Los resultados mostraron que, aunque todas las habilidades abordadas, con excepción de la gnosia de dedos, tuvieron correlaciones moderadas a significativas con el desempeño aritmético; el conocimiento del número y la discriminación de numerosidades no simbólicas surgieron como fuertes predictores longitudinales del rendimiento matemático en aritmética temprana incluso controlando los correlatos con las otras habilidades.

Asimismo, Träff et al. (2020) examinaron los mecanismos cognitivos subyacentes y precursores del desarrollo matemático jerárquico. La muestra estuvo conformada por 258 niños que fueron evaluados el año previo al inicio de la educación formal (primero de primaria), luego en tercero de primaria y finalmente, en sexto grado.

En el año previo al inicio de la educación primaria se evaluaron habilidades de dominio general y habilidades de dominio específico, así como dos medidas de aritmética básica verbal y no verbal. Las habilidades de dominio general evaluadas fueron: razonamiento lógico no verbal (nonverbal logical reasoning) a

través del subtest de matrices del Wechsler's Intelligence Scale for Children; memoria de trabajo verbal (verbal working memory) evaluada mediante la tarea span de palabras (word span task), en la cual se le presentó al niño una secuencia de palabras a la que debía responder una por una si se trataba o no de un animal, para finalmente pedirle que recordara en el orden correcto la secuencia de palabras; conciencia fonológica (phonological awareness) a través de la tarea de sustracción de segmentos (segment subtraction task), donde el niño debía señalar qué segmento se había eliminado de una palabra original; y velocidad de denominación (RAN - rapid automatic naming), la cual se evaluó mediante la tarea de nombrar colores, para la cual se le presentó al niño una hoja con un total de 30 letras X en colores rojo, verde, azul, negro y amarillo y se les pidió que los nombraran lo más rápido posible tratando de no cometer errores.

Las habilidades de dominio específico abordadas fueron: el conocimiento de la secuencia de conteo (counting sequence knowledge), tarea en la cual el niño debió contar bajo distintas condiciones como: contar de memoria del 1 al 50, contar hacia atrás, y nombrar el número que le sigue o precede al número brindado por el evaluador; y comparación de dígitos (digit comparison) , evaluada con una tarea en la cual se le presentaba una pareja de números al niño, a fin de que señalara rápidamente cuál de las cantidades era numéricamente mayor, tratando de no cometer errores. Además, se evaluaron tareas de aritmética verbal y no verbal con el fin de medir las habilidades aritméticas básicas. En la tarea de aritmética no verbal, el evaluador le mostraba al niño una cantidad de monedas sobre la mesa y le decía cuántas había, luego se cubrían para que el niño no pudiera verlas, a continuación, el evaluador agregaba o quitaba una por una cierta cantidad de monedas para preguntarle finalmente al niño cuántas monedas habían detrás antes de descubrirlas. Para la evaluación de la tarea de aritmética verbal, se le presentaron al niño de manera oral problemas de adición y sustracción, ante lo cual el niño también debía de responder oralmente.

El rendimiento matemático se evaluó en tercero y sexto de primaria. En tercero se evaluó a través de las tareas de cálculo multidígito (multidigit calculation) y de resolución de problemas aritméticos enunciados (arithmetic word problem-

solving task). En la tarea de cálculo multidígito se le pidió al niño que resolviera, con lápiz y papel, seis problemas de suma y seis de resta en 8 minutos, algunos de los cuales implicaban llevar o tomar prestado cantidades. En cuanto a la tarea de resolución de problemas aritméticos enunciados, se les pidió a los niños que resolvieran 14 problemas, los cuales estaban escritos en formato textual y requerían de cálculo multidígito para su resolución. Finalmente, el rendimiento matemático en sexto grado se evaluó con una prueba matemática basada en el plan curricular de estudios, la cual estuvo compuesta de cinco subtests: aritmética, estadística y probabilidades, geometría y resolución de problemas matemáticos.

Los resultados del análisis longitudinal evidenciaron que, para el rendimiento matemático en tercer grado, surgieron como predictores importantes las medidas de aritmética verbal y no verbal evaluadas en preescolar, así como la habilidad de razonamiento lógico no verbal y el conocimiento de la secuencia de conteo. Asimismo, para el rendimiento matemático de sexto de primaria, las variables con valor predictivo fueron el rendimiento matemático de tercer grado, el razonamiento lógico no verbal y la comparación de dígitos.

Por otro lado, Lau et al. (2021) plantearon como objetivo de investigación, contrastar dos teorías del desarrollo numérico temprano probando las predicciones teóricas establecidas mediante el análisis de la relación entre el sistema numérico aproximado, sistema numérico simbólico, la habilidad de traducción y el rendimiento matemático.

El estudio fue longitudinal y se evaluó a los niños en tres momentos: el primero y el segundo fueron a la mitad y al final de su último año de preescolar, respectivamente, y el tercero fue al final del primer grado de primaria. Las variables evaluadas fueron: comparación numérica, comparación de puntos, comparación mixta (numérica y de puntos), y el rendimiento matemático.

La tarea de comparación numérica es una medida del rendimiento en el sistema de numeración simbólica (entendida como la habilidad para representar y manipular números de forma simbólica), esta consistía en comparar dos números arábigos dispuestos uno al lado de otro, y mencionar cuál de los dos números era el mayor. Los números iban del 1 al 9, presentados de manera

aleatoria. La tarea de comparación de puntos, es una medida del rendimiento en el sistema de numeración aproximada (conocido también como sistema de numeración no-simbólica, habilidad para estimar rápidamente el número de objetos de un conjunto), esta consistía en comparar dos matrices de puntos dispuestos uno al lado de la otra e indicar cuál de las matrices contenía mayor cantidad de puntos. Para esta tarea se indicó a los niños que no contaran los puntos, sino que utilizaran la estimación. La siguiente tarea, de comparación mixta (numérica y de puntos), unió ambas tareas anteriores, es decir, esta vez se pidió a los niños que compararan un número arábigo con una matriz de puntos y decidieran cuál de ambos era el mayor; también debían hacerlo por estimación.

El rendimiento matemático fue evaluado mediante dos ítems: la tarea de verificación aritmética y las calificaciones del segundo semestre académico. La tarea de verificación aritmética mide la capacidad aritmética, esta consistía en mostrar a los niños una igualdad aritmética (Ejemplo: $2 + 4 = 6$), y verificar si esta era correcta o incorrecta, esta tarea tuvo 6 niveles de dificultad creciente. El reporte de calificaciones fue calculado mediante guías específicas de la entidad canadiense correspondiente, dichas calificaciones están separadas en cinco ejes: sentido numérico y numeración; medición; sentido geométrico y espacial; álgebra y patrones; y probabilidades y manejo de datos.

El estudio obtuvo los siguientes resultados: en primer lugar, se encontró que las habilidades en el sistema numérico simbólico al inicio del preescolar, predicen significativamente el crecimiento en el sistema numérico aproximado posterior, así como la habilidad de traducción entre ambos sistemas. Segundo, se evidenció que las habilidades en el sistema numérico simbólico son predictores consistentes del rendimiento matemático. Además, se concluyó que existe una relación bidireccional entre ambos sistemas numéricos.

4.2 DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS

4.2.1 Análisis interpretativo de la muestra documental

4.2.1.1 Eje temático 1: Habilidades de dominio general predictoras.

a. Sub-eje temático: Inteligencia y razonamiento lógico.

La inteligencia es la habilidad para razonar y encontrar relaciones entre eventos y datos para resolver un problema, de manera lógica y sistemática (Embretson, 1995).

Dentro de las habilidades de dominio general, la inteligencia surge como un predictor directo altamente significativo del rendimiento matemático. Investigadores como Träff et al. (2020) demostraron el poder predictivo de la inteligencia no verbal o razonamiento lógico no verbal en el rendimiento matemático en tercer y sexto grado de primaria; otros demostraron la influencia de la capacidad cognitiva medida en el preescolar sobre el rendimiento matemático durante el primer grado de primaria (Xenidou-Dervou et al., 2018).

El aprendizaje matemático es jerárquico, es decir, los conceptos matemáticos básicos son primordiales para adquirir conocimientos matemáticos más complejos. Esto es posible debido a las interacciones entre las habilidades matemáticas y habilidades cognitivas generales, estas relaciones son importantes para alcanzar el éxito matemático posterior. Considerando dicha jerarquía, Fuchs et al. (2010) menciona que las habilidades numéricas básicas van perdiendo su valor predictivo durante el desarrollo del aprendizaje matemático, puesto que este se torna más complejo conforme aumenta su nivel; por otro lado, para Traff et al. (2020) la influencia de las habilidades cognitivas generales se mantiene estable en todos los niveles del aprendizaje, entre ellas, la inteligencia.

Conforme a lo anterior, si bien, para algunos investigadores la inteligencia se relaciona de manera indirecta con el rendimiento matemático a través de habilidades matemáticas mediadoras, como son: la construcción de oraciones numéricas y el cálculo aritmético, al final del primer grado (Wong y Ho, 2017), dicha habilidad cognitiva general se mantiene estable y contribuye al rendimiento matemático de manera indirecta.

Por otro lado, si bien, la inteligencia surge como predictor significativo único del rendimiento matemático, esta disminuye su poder predictivo en

presencia de la memoria de trabajo y la velocidad de procesamiento (Geary, 2011).

En resumen, la inteligencia tiene un valor predictivo en habilidades numéricas tempranas y posteriores, es decir en el preescolar y/o el nivel primario, pero conforme pasan los grados, la inteligencia podría verse superada por otras habilidades de dominio general, como la memoria de trabajo y la velocidad de procesamiento. Además, lo anterior podría indicarnos que la inteligencia influye de manera indirecta en el aprendizaje matemático en los primeros años de la educación formal mediante las habilidades numéricas básicas.

b. Sub-eje temático: Memoria de trabajo.

La memoria de trabajo es el proceso cognitivo que permite el almacenamiento y manipulación de información a corto plazo en una actividad cognitivamente exigente (Sweet & Jerskey, 2011). El modelo más aceptado de la memoria de trabajo es el de Baddeley y Hitch, el cual propone que está compuesta por tres componentes: el bucle fonológico o memoria de trabajo verbal, la agenda visoespacial o memoria de trabajo visoespacial (MTVSP) y el ejecutivo central, que se encarga del control atencional, monitoreando los procesos cognitivos.

La tendencia dentro de los resultados observados en las investigaciones de la muestra documental indican que, la memoria de trabajo, en particular el ejecutivo central y la MTVSP, surgen como buenos predictores del rendimiento matemático. Geary (2011) halló que el ejecutivo central y la MTVSP fueron buenos predictores del rendimiento matemático cuando este fue evaluado a través de operaciones numéricas. LeFevre et al. (2010) y Toll et al. (2016), encontraron que la MTVSP en preescolar, surgió como un predictor significativo del rendimiento matemático en los dos primeros años de la educación primaria. Asimismo, Fuchs et al. (2014) y Ching y Nunes (2017) identificaron que el ejecutivo central en primero de primaria, surgió como un buen predictor del rendimiento matemático hasta dos años después.

Con respecto a esto, existen antecedentes de una relación bien establecida entre la memoria de trabajo y el rendimiento matemático. Bull et al. (2008) encontraron que la memoria de trabajo en preescolar fue capaz de predecir el rendimiento matemático medido en tres momentos diferentes hasta tercero de primaria. Simmons et al. (2008) hallaron que, en niños de 5 años, la MTVSP fue un predictor significativo independiente del rendimiento matemático en aritmética un año después. Además, Holmes y Adams (2006) concluyeron que en niños de 8 y 9 años, tanto la MTVSP como el ejecutivo central, fueron capaces de predecir una varianza significativa en el rendimiento matemático evaluado según el currículo nacional de Inglaterra.

A partir del análisis realizado, se señala lo siguiente:

En primer lugar, la importante influencia de la memoria de trabajo sobre el rendimiento matemático, no se atribuye solo por su naturaleza de habilidad de dominio general, sino que el almacenamiento y manipulación simultánea de información es esencial para el desempeño en tareas matemáticas de distinta complejidad como el cálculo, la resolución de problemas y la descomposición de números, puesto que requieren de pasos intermedios donde la información debe ser almacenada a medida que se van ejecutando la manipulación de cantidades.

Asimismo, la contribución del ejecutivo central hacia el rendimiento matemático podría encontrarse en la necesidad de monitorear y coordinar el almacenamiento y procesamiento de información en la resolución de tareas matemáticas, puesto que es necesario que el niño a medida que ejecuta la resolución, supervise lo que ha realizado y los pasos que le quedan por realizar, tomando así decisiones sobre el uso de recursos o estrategias necesarias para resolver la tarea, además de regular la atención para desarrollar el plan. En la misma línea y según lo observado por Geary (2011), el ejecutivo central parece ser un buen predictor de tareas más complejas o con las cuales, el niño se encuentra menos familiarizado, mientras que en tareas donde se procede de manera más automática, su trascendencia puede no ser tan significativa.

Finalmente, dentro de las investigaciones consideradas que hallaron la MTVSP como predictor significativo, esta fue evaluada en preescolar, por lo que la influencia de la MTVSP sobre el rendimiento matemático probablemente se deba a que esta habilidad cognitiva asiste la necesidad de los niños más pequeños, de ordenar espacialmente los números a nivel mental, facilitando la manipulación de cantidades para la ejecución de tareas matemáticas (Kolkman, Kroesbergen y Leseman, 2014, citado por Toll et al., 2016).

c. Sub-eje temático: Velocidad de procesamiento.

La velocidad de procesamiento se puede definir como una aptitud mental que nos permite codificar, transformar o recuperar información con rapidez (Lambert & Spinath, 2017). A menudo se la asocia a otras habilidades de dominio general como la inteligencia y la memoria de trabajo. Para evaluarla se pueden usar tareas generales de velocidad de procesamiento y tareas de velocidad de denominación (RAN por sus siglas en inglés). En el análisis realizado, se halló evidencia de que la velocidad de procesamiento puede ser un buen predictor del rendimiento matemático.

Cuando se evaluó con tareas RAN de letras y números, se encontró que el desempeño en la velocidad de denominación de números arábigos, surgió como un buen predictor del rendimiento matemático en un estudio longitudinal de 5 años (Geary, 2011). Asimismo, cuando la velocidad de procesamiento fue evaluada con tareas más generales de estímulos visuales como símbolos e imágenes, se encontró que fue un predictor significativo no solo de la competencia numérica un año después, sino que fue el único predictor del rendimiento matemático dos años después (Passolunghi & Lafranchi, 2012).

Estos resultados están en línea con hallazgos previos como el de Bull y Johnston (1997), quienes hallaron que los niños con dificultades aritméticas, evidencian un déficit en la velocidad de procesamiento el cual asocian a problemas en la automatización al recuperar hechos numéricos; así como Fuchs et al. (2006), que concluyeron que la

velocidad de procesamiento general, fue un predictor significativo del desempeño en aritmética en niños de tercero de primaria.

Todo lo anterior podría indicar que la velocidad de procesamiento es una habilidad que facilitaría el desarrollo de tareas matemáticas que requieren de la recuperación veloz y precisa de información, como conteo, hechos numéricos o resolución de problemas matemáticos; además, que la velocidad de procesamiento evaluada con estímulos específicos del área, como los números arábigos, tiene una mayor relevancia al ser asociado con el desempeño en matemáticas.

d. Sub-eje temático: Funciones ejecutivas.

Para muchos investigadores existen tres funciones ejecutivas claramente distinguibles: alternancia/flexibilidad cognitiva (shifting o switching), inhibición (inhibition) y actualización (updating); las cuales se interrelacionan entre sí. Estas funciones se definen del modo siguiente: La alternancia/flexibilidad cognitiva (switching) se refiere a la capacidad de cambiar la atención de forma flexible entre actividades o tareas; la inhibición implica la supresión de una respuesta automática, dominante o prepotente cuando es necesario, así como reprimir información que distrae o es irrelevante; finalmente, la función de actualización (updating), es la capacidad de monitorear, manipular y actualizar la información almacenada temporalmente en la memoria de trabajo (Miyake et al., 2000).

Van der Ven et al. (2012) y Gashaj et al. (2019) hallaron que las funciones de flexibilidad cognitiva e inhibición no pudieron distinguirse, conformando un solo factor; en cambio, la función de actualización (updating) se diferenció de las anteriores, considerándose como única. Esto también se evidenció en un estudio de Lee et al. (2013), quienes demostraron que, en las funciones ejecutivas, evaluadas en los primeros años de primaria, se distinguen en dos factores: uno de actualización (updating) y el otro una combinación de alternancia/inhibición (switching/inhibition). Una de las razones de esta coincidencia, podría ser

que las habilidades de velocidad/precisión son inherentes a ambas tareas. Además, ambas tareas parecen compartir procesos inhibitorios.

Según lo analizado, de la muestra documental, se observa que, de las funciones ejecutivas, la actualización (updating) surge como un predictor fuerte del rendimiento matemático hasta dos años después de evaluada dicha función ejecutiva (Van der Ven et al., 2012; Gashaj et al., 2019). Así mismo, Fuhs et al. (2016) encontró que las funciones ejecutivas, consideradas como un solo factor, fueron capaces de predecir el rendimiento matemático de manera indirecta a través de la mediación de las habilidades numéricas tempranas evaluadas específicamente con la tarea de identificación de conjunto numéricos.

El aprendizaje de las matemáticas implica la resolución de situaciones diversas, para lo cual debe almacenarse información en la memoria de trabajo, así como recuperarse o reemplazarse cuando sea necesario; además, la resolución de problemas requiere del uso de buenas estrategias elegidas con flexibilidad y de inhibición de la información irrelevante, sin duda en un proceso complejo que requiere de mecanismos especiales, como son las funciones ejecutivas, especialmente la de actualización (updating). Según Van der Ven et al. (2012) todas las funciones ejecutivas requieren de las habilidades de actualización (updating), esta habilidad es necesaria para mantener las representaciones que surgen en tareas de inhibición y alternancia/flexibilidad cognitiva (shifting) relacionadas con las matemáticas, por esta razón, niños con menor capacidad de actualización (updating) podrían ser más propensos a cometer fallos procedimentales. Para Bull & Lee (2014) la actualización (updating), juega un rol preponderante en mantener la información relevante durante la resolución de un problema y en el almacenamiento y recuperación de los resultados parciales, además la actualización (updating), encierra las influencias de las otras funciones ejecutivas.

Para Fuhs et al. (2016) existe un solapamiento entre las habilidades de las funciones ejecutivas en edades tempranas, por lo cual no se pueden

estudiar de forma individual los componentes sin evaluarlos junto con los otros, esto es conocido como “the task impurity problem” o el problema de la impureza de la tarea. Esto se refiere al hecho de que las funciones ejecutivas regulan otras funciones cognitivas, lo que significa que cada tarea ejecutiva mide también algunas habilidades no ejecutivas (Miyake et al., 2000). Debido al problema de la impureza de la tarea, las funciones ejecutivas no pueden medirse de forma aislada mediante una única tarea: una única puntuación está inevitablemente contaminada con la varianza de las habilidades no ejecutivas. Esto es especialmente problemático cuando se utilizan tareas que contienen contenidos relacionados con la variable criterio: en este caso, contenidos matemáticos o numéricos.

Muchos autores han demostrado que las funciones ejecutivas están positivamente relacionadas con las habilidades numéricas básicas en la etapa preescolar (Espy et al., 2004; Kroesbergen et al., 2009), puesto que las tareas evaluadas en dichos estudios fueron tareas de conteo, es decir, corresponder un número con la cantidad de objetos, para lo cual se requirió inhibir respuestas automáticas, reprimir distractores, así como manipular la información temporalmente, para luego evocarla y utilizarla con el fin de relacionar números. Lo anterior se corresponde con los hallazgos de Fuhs et al. (2016), quienes refieren a las funciones ejecutivas como un predictor significativo del rendimiento matemático en segundo grado, gracias al papel mediador de la identificación de conjuntos numéricos en el preescolar.

e. Sub-eje temático: Habilidades lingüísticas.

El lenguaje como medio de comunicación, es de suma importancia para la adquisición de cualquier tipo de aprendizaje. En las matemáticas se maneja un lenguaje específico que nos permite comprenderlas y representarlas (Peng et al., 2020). Debido a la complejidad del mismo, existen muchos componentes mediante los cuales se pueden evaluar las habilidades lingüísticas, desde aspectos fonológicos hasta semánticos.

La información recogida y analizada en la muestra documental evidenció la influencia de las habilidades lingüísticas sobre el rendimiento

matemático. En el estudio de LeFevre et al. (2010) se encontró que la vía lingüística, evaluada a través del vocabulario receptivo y la conciencia fonológica (elisión), fue un predictor significativo del rendimiento matemático, siendo más influyente para la numeración. Passolunghi & Lafranchi (2012) hallaron que el CI verbal, evaluado a través del vocabulario, estuvo relacionado al rendimiento matemático casi dos años después. Asimismo, Fuchs et al. (2014) identificaron que la comprensión auditiva en primer grado, surgió como un predictor significativo de la comprensión de la numeración en tercer grado.

Estos estudios, principalmente el de LeFevre y colaboradores, tienen como cimiento la evidencia de investigaciones de neuroimagen y procesamiento numérico revisada por Dehaene y colegas. Dehaene et al. (2005) proponen que el procesamiento numérico tiene lugar en el lóbulo parietal y en este se distinguen tres circuitos neuronales: el sistema cuantitativo central que activa el segmento horizontal del surco intraparietal; el procesamiento lingüístico de los números, que activa una región de la circunvolución angular izquierda; y la atención espacial que activa porciones del lóbulo parietal posterior superior. Asociadas a estas regiones del cerebro se encuentran tres códigos del procesamiento numérico propuestos en el Modelo de Triple Código (Dehaene & Cohen, 1995). Según este modelo, los números se pueden representar de tres formas: en forma numérica arábiga (ej. 5, 13), en forma verbal o escrita con palabras numéricas (ej. cinco, trece) y en forma de representación de magnitud analógica (ej. cinco dedos, trece puntos). Las dos primeras son formas de representación simbólica y la última es no simbólica.

Otro aspecto relevante es que, en dos de los estudios analizados (Fuchs et al., 2014; LeFevre et al., 2010), el rendimiento matemático asociado al lenguaje fue evaluado por el subtest de numeración del KeyMath Test, el cual requiere del dominio del sistema numérico simbólico, que en este caso es el sistema decimal o sistema base 10, puesto que algunas de las tareas son lectura de números, identificación de números ordinales, ordenar números en una recta numérica e identificación de los números según su valor posicional. Esto podría indicarnos que, en tareas que

requieran el dominio del sistema numérico simbólico, estaría presente la influencia de las habilidades lingüísticas, puesto que, así como cuando aprendemos a leer asociamos una letra con su nombre y su sonido respectivo; al aprender un sistema numérico debemos asociar los números arábigos a sus respectivas etiquetas o representaciones mentales, por lo que este paralelo reflejaría dicha capacidad.

4.2.1.2 Eje temático 2: Habilidades de dominio específico predictoras.

La magnitud y el tipo de contribución relativa que una habilidad de dominio específico predictora tenga sobre el rendimiento matemático posterior, puede variar dependiendo de las características de este último. Es decir, depende del área matemática que se haya abordado, como en este caso, la aritmética; también depende del nivel de complejidad del aprendizaje matemático utilizado para operacionalizar el área seleccionada, así como de los requerimientos específicos de las tareas que se hayan utilizado para la evaluación. Esto se debe a que, como se señaló anteriormente, las matemáticas tienen un desarrollo jerárquico, por lo tanto, es necesario consolidar competencias numéricas básicas o tempranas para posteriormente adquirir niveles matemáticos más complejos (Kiss et al., 2019; LeFevre et al., 2010; Toll et al., 2016; Träff et al., 2020). Por este motivo, se ha organizado este eje temático de la siguiente manera: en el sub-eje temático de predictores del aprendizaje matemático básico se consideraron aquellos estudios que hallaron habilidades de dominio específico con valor predictivo sobre el rendimiento matemático hasta segundo de primaria; mientras que, en predictores del aprendizaje matemático complejo, aquellos que identificaron predictores del rendimiento matemático de tercero de primaria en adelante.

a. Sub-eje temático: Predictores del aprendizaje matemático básico.

A modo de preámbulo, será importante recordar un concepto presente en las habilidades de dominio específico, el sentido numérico. El sentido numérico, conocido en inglés como number sense, es esta facultad

innata para reconocer cantidades (Butterworth, 2005). El sentido numérico puede ser no simbólico, es decir, discriminar y manipular cantidades o representaciones de magnitudes analógicas (ej. set de puntos) y es previo a la educación formal y la introducción del sistema numérico; o puede ser simbólico, que precisamente se apoya en el conocimiento del sistema numérico simbólico, ya sea manifestado en la forma numérica arábica (ej. 6) o en las formas verbal y escrita (ej. seis) (Dehaene, 2016). Entonces, algunas tareas con las que se evaluaron las habilidades de dominio específico abordarán el sentido numérico no simbólico, mientras otras, el sentido numérico simbólico.

En ese sentido, O'Connor et al. (2018) hallaron que la adición no simbólica (non-symbolic addition) en primer grado de primaria fue capaz de predecir el rendimiento matemático al final de segundo grado, evaluado con la prueba Maths Assessment for Learning and Teaching (MALT), que abordó conteo y comprensión del número, conocer y utilizar hechos numéricos, cálculo y medidas. Esto último, replica lo hallado en otras investigaciones recogidas en un metaanálisis realizado por Chen y Li (2014) en la cual la precisión de las habilidades de estimación no simbólicas ha sido señalada como un buen predictor del rendimiento matemático.

Asimismo, Malone et al. (2020) evaluaron en niños de primero de primaria habilidades de dominio específico como la discriminación de numerosidades no simbólicas (non-symbolic numerosity discrimination), a través de la identificación rápida del set con mayor cantidad de cuadrados pequeños; y el conocimiento del número (number knowledge), mediante el reconocimiento de números arábigos y la escritura de números. Ambas habilidades resultaron ser fuertes predictores del rendimiento matemático en segundo de primaria, evaluado a través de la adición y sustracción del Test of Basic Arithmetic and Number Skills (TOBANS).

Una posible razón por la cual estas habilidades del sentido numérico no simbólico, adición no simbólica y discriminación de numerosidades no

simbólicas, evidenciaron un valor predictivo significativo, es que las medidas con las que se evaluaron el rendimiento matemático requerían del conocimiento del sentido numérico simbólico, y según el Modelo de Triple Código (Dehaene & Cohen, 1995), el aporte del sentido numérico no simbólico se encuentra en el valor semántico que le brinda a los números arábigos o las representaciones verbales o escritas del número en el sentido numérico simbólico; es decir, la representación simbólica de un número (ej. 3 , tres) podría carecer de significado si no se tuviera la noción de la cantidad que dicho símbolo representa gracias a lo aprendido a través del sentido numérico no simbólico.

Por otro lado, LeFevre et al. (2010) encontraron que el conocimiento cuantitativo (quantitative knowledge) o la habilidad para evaluar y discriminar cantidades en niños de nivel preescolar, medido a través de la latencia al realizar la tarea de subitización de hasta 6 objetos, surgió como predictor del rendimiento matemático 3 años después, específicamente del desempeño en el subtest de numeración del KeyMath Test-Revised, del subtest de cálculo del Woodcock-Johnson Tests of Achievement- Revised y en las tareas de recta numérica y comparación de magnitudes simbólicas.

De la misma manera, Toll et al. (2016) identificaron que el sentido numérico simbólico (symbolic number sense), evaluado durante 2 años, mediante la aplicación de cuatro subpruebas (uso de números, conteo sincronizado y abreviado, conteo resultante y comprensión general de los números) del Early Numeracy Test-Revised (ENT-R), observaron que en el primer año del nivel preescolar obtuvieron un valor predictivo significativo sobre el rendimiento matemático al final de primero de primaria, siendo este último operacionalizado mediante las tareas de hechos numéricos del Speeded Number Facts Test y la resolución de problemas matemáticos de la prueba matemática holandesa Cito Test.

Lo señalado en estos dos últimos estudios, además de lo hallado por Malone y colegas con respecto al conocimiento del número (number knowledge), nos podría indicar que, el dominio de las competencias más

básicas del sentido numérico simbólico, es decir, el manejo del sistema numérico simbólico en edades tempranas, es un cimiento para el desarrollo de aprendizajes matemáticos posteriores, puesto que, sin ser capaz de identificar y comprender lo que los números arábigos representan, el niño no podría adquirir habilidades aritméticas más complejas.

Asimismo, una de las tareas frecuentemente utilizadas para evaluar el sentido numérico es la estimación de la recta numérica, sobre la cual Friso-van den Bos et al. (2015) encontraron que la precisión en la estimación de la recta numérica (number line estimation) desde primer grado, fue capaz no solo de predecir el rendimiento matemático un año después, como lo han hallado estudios previos como el de Sasanguie et al. (2013) y Siegler y Booth (2014), sino que además se halló una relación bidireccional entre la precisión de la estimación de la recta numérica y el rendimiento matemático evaluado a través de la resolución de problemas con el Cito Test. Al respecto, Friso-van den Bos y colegas proponen que esta relación bidireccional podría deberse a lo siguiente: la recta numérica mental es una herramienta que facilita la manipulación de los números durante la resolución de cálculos matemáticos y al mismo tiempo, el realizar estos cálculos fomenta un mejor entendimiento del sistema numérico y las relaciones numéricas, lo que a su vez estaría retroalimentando representaciones más exactas de los números favoreciendo la estimación de los mismos en la recta numérica.

Por otra parte, Xenidou-Dervou et al. (2018) determinaron que la adición simbólica aproximada (symbolic approximate addition) abordada al inicio de primer grado, fue el único predictor del crecimiento del rendimiento matemático, evaluado con la resolución de problemas en el Cito Test, hasta el final de segundo grado. Los autores explican que quizás se hubiera podido asumir que la razón por la cual la adición simbólica aproximada resultara un predictor fuerte del rendimiento matemático es que ambos son en esencia aritmética, por ello agregaron la tarea de adición simbólica exacta a modo de comparar los valores predictivos, encontrando que incluso bajo estas condiciones, la adición simbólica

aproximada continuaba siendo el predictor más significativo, por lo que concluyeron que no solo la naturaleza aritmética de la tarea era lo que explicaba su valor predictivo, sino que quizás se deba a un mecanismo de monitoreo que se pone en marcha en la adición simbólica aproximada que le permite a uno percibir si su respuesta está dentro de un rango aceptable.

Finalmente, Ching y Nunes (2017) hallaron que el razonamiento aditivo (additive reasoning) evaluado en primer grado mediante la comprensión de los principios de conmutatividad ($a+b=b+a$) y de complemento ($a+b=c$, lo cual implica que: $c-a=b$) surgió como el predictor longitudinal más importante del rendimiento matemático en segundo grado, operacionalizado a través de las tareas de cálculo y resolución de problemas. De acuerdo con Ching y Nunes, una posibilidad que podría explicar este hallazgo es que el razonamiento aditivo estaría contribuyendo al desarrollo de una mejor comprensión de la naturaleza del número, de las relaciones entre los mismos y del uso de estrategias de resolución más eficientes; todo esto es de suma importancia para el cálculo aritmético, puesto que no solo se trata de memorizar las operaciones y, sobre todo, el uso de estrategias más eficientes impactaría directamente en la resolución de problemas, ya que le brinda al niño un entendimiento más amplio, permitiéndole aplicar soluciones más sencillas.

b. Sub-eje temático: Predictores del aprendizaje matemático complejo.

En cuanto a las habilidades predictoras del aprendizaje matemático complejo, Geary (2011) encontró que las competencias cuantitativas: conocimiento del conteo (counting knowledge), conjuntos numéricos (number sets), estimación de la recta numérica (number line estimation) y estrategias para la adición (addition strategy choices), es decir, en general la capacidad no solo del reconocimiento y denominación de números, sino también del mapeo y manipulación de cantidades, al ser evaluadas en primer grado, fueron capaces de predecir el crecimiento del rendimiento matemático hasta quinto de primaria, el cual fue medido con

el subtest de operaciones numéricas del Wechsler Individual Achievement Test-II-Abbreviated; cuyos ítems más sencillos incluían discriminación numérica, conteo de memoria, producción numérica, suma y resta básica; y los ítems de mayor dificultad comprendían sumas y restas multidígito, multiplicación, división y problemas de números racionales. Estos resultados están en línea con lo encontrado por Jordan et al. (2009), quienes hallaron que la competencia cuantitativa (reconocimiento y conteo numérico, comparación de números, cálculos no verbales, combinación de números y problemas), al ser evaluada en preescolar, mostró ser un buen predictor del rendimiento matemático de tercer grado.

Asimismo, Fuchs et al. (2014) determinaron que la competencia numérica básica evaluada al inicio de primer grado con la tarea de conjuntos numéricos (number sets), la cual abordó la comprensión de números de un solo dígito, relaciones parte-todo y la codificación fluida entre los números arábigos y las cantidades correspondientes; fue el predictor con el efecto total más significativo del rendimiento matemático de tercer grado, específicamente del desempeño en la comprensión de la numeración (sistema base 10) evaluada con el subtest de numeración del KeyMath Test. En concordancia con este hallazgo, von Aster y Shalev (2007) señalan que para el aprendizaje del sistema decimal o base 10, es importante que el niño domine el sistema numérico simbólico y que además sea capaz de mapear los símbolos numéricos, ya sean los números arábigos o sus representaciones verbales o escritas, con sus cantidades correspondientes.

Finalmente, en el estudio de Kiss et al. (2019) se evidenció que las habilidades matemáticas de descomposición y secuencia numérica (number sequence), en la cual se abordó el conteo hacia adelante, hacia atrás, el número anterior, posterior e intermedio, al ser evaluadas en primer grado; demostraron capacidad predictiva significativa sobre el rendimiento matemático en tercer grado, específicamente el evaluado mediante el subtest números y operaciones (number y operations) de la prueba MCA-III (Minnesota Comprehensive Assessment-Series III). Un

antecedente de estos resultados son los hallazgos de Missall et al. (2012), ya que encontraron que las tareas de “missing number” (encontrar el número que faltan en una secuencia numérica) y “quantity discrimination” (comparar dos números simples e identificar el mayor) fueron los mejores predictores del rendimiento matemático en tercer grado.

Los estudios antes descritos podrían indicarnos que, las competencias cuantitativas medidas a través de las diferentes tareas señaladas, lo que en esencia representa es, además del dominio del sistema numérico simbólico, la facilidad para vincular el número con la cantidad o magnitud que representa (Rousselle y Noël, 2007). Esta comprensión de las cantidades que los símbolos numéricos representan, aunada a la destreza en la manipulación de las mismas, facilita el desempeño en la descomposición, que a su vez afinan los procedimientos de conteo mediante la reconfiguración de numerales con fluidez, como la que se lleva a cabo en la tarea de conjuntos numéricos. Es así que, las competencias cuantitativas estarían facilitando el desarrollo de niveles más profundos de la comprensión del número, como es el caso de la descomposición de numerales, que es la base para el desarrollo de habilidades operacionales que se ponen a prueba en el cálculo y la resolución de problemas (Kiss et al., 2019); por esta razón se observa el impacto que han demostrado sobre los aprendizajes matemáticos complejos.

4.2.1.3 Eje temático 3: Discrepancias en las habilidades de dominio general o específico como predictores del rendimiento matemático.

El análisis que se desarrolla a continuación, se ha enfocado en torno a las habilidades de dominio específico, puesto que, dentro de la muestra documental, no se hallaron discrepancias con respecto a las habilidades de dominio general revisadas en el eje temático 1. Además, para la selección de las discrepancias a tratar en este eje temático, se consideró que representaran la contraparte de alguno de los hallazgos descritos en el eje temático 2; asimismo, que los estudios a analizar sean

comparables en cuanto a las medidas aplicadas y el impacto que los autores hipotetizaban que estas habilidades de dominio específico tuvieran sobre las formas de rendimiento matemático utilizadas, debido a su naturaleza de habilidades básicas para el desarrollo del aprendizaje matemático.

De esta manera, se encontró que, en el estudio de Kiss et al. (2019), la identificación numérica (numeral identification) en primer grado de primaria, la cual evaluó el conocimiento del sistema numérico simbólico a través del nombramiento fluido de números; no fue predictor del desempeño en el subtest de número y operaciones del test MCA-III, ni de ningún otro que compuso el rendimiento matemático en tercero de primaria. Los autores señalan que, aunque tal resultado es inesperado, podría deberse a que, en el momento en el que evaluaron la identificación numérica, los niños de primer grado ya tenían dominada esta habilidad, por lo que no había una gran variabilidad en los resultados obtenidos por la muestra que pudieran explicar diferencias en el rendimiento matemático posterior. Este hallazgo por parte de Kiss y colaboradores, discrepa de lo encontrado por Malone et al. (2020), que identificaron que el conocimiento del número (number knowledge), evaluado mediante el reconocimiento de números arábigos y la escritura de números en primero de primaria, fue un buen predictor del rendimiento matemático en segundo de primaria, evaluado a través de la adición y sustracción del Test of Basic Arithmetic and Number Skills (TOBANS).

Por otro lado, en la investigación desarrollada por Ching y Nunes (2017) se encontró que la habilidad de conteo evaluada en primero de primaria a través del conteo procedimental, el cual mide la destreza para realizar un conteo con precisión utilizando la denominación numérica; y el conteo conceptual, el cual aborda la comprensión y manejo de los principios de correspondencia uno a uno, ordinalidad y cardinalidad, no fue predictor longitudinal del rendimiento matemático de segundo grado, en la medida de resolución de problemas. Esto discrepa con lo hallado por Geary (2011) y Kiss et al. (2019), quienes en sus investigaciones evaluaron el conteo procedimental, y hallaron que fue un buen predictor del

rendimiento matemático en el subtest de operaciones numéricas (Numerical Operations) del Wechsler Individual Achievement Test-II-Abbreviated hasta quinto de primaria, y en el subtest de números y operaciones (number y operations) de la prueba MCA-III (Minnesota Comprehensive Assessment-Series III) en tercer grado.

Asimismo, otros estudios como los de Aunola et al. (2004) y Koponen et al. (2013), también señalan al conteo procedimental como un fuerte predictor del rendimiento matemático en tareas aritméticas durante la educación primaria. Aunque, Ching y Nunes (2017) esperaban que el conteo surgiera como un buen predictor debido a que este fomenta el desarrollo de una mejor comprensión del número, las cantidades que representa y la relación entre los mismos, siendo estos aprendizajes básicos para el desempeño en matemáticas; los resultados demostraron lo contrario; en ese sentido, los autores atribuyen estos resultados al excelente desempeño que los estudiantes chinos demostraron para la habilidad de conteo, pudiendo esto deberse al idioma. Por ejemplo, tanto en el español como en el inglés, en el sistema de base 10, para la denominación de los números agrupamos las unidades formando decenas o las decenas formando centenas, etc., y les asignamos una palabra numérica (ej. a las seis decenas se les denomina sesenta). En el chino, el mecanismo para las denominaciones o palabras numéricas es más transparente, permitiéndoles a los niños con tan solo conocer las palabras numéricas más básicas, el reconocer más fácilmente el razonamiento para generar otras palabras numéricas sin haberlas aprendido previamente (ej. la palabra para 6 es liù; la palabra para 10 es shí, entonces 60 es liù shí). Por lo tanto, los estudiantes chinos pueden demostrar un dominio temprano del conteo procedimental en comparación a los estudiantes de occidente.

Al igual que en la discrepancia antes descrita, el desempeño excepcional en el conteo que demostraron los estudiantes de este estudio resultó en un rango restringido en la variación de los puntajes obtenidos, pudiendo esto haber influido en la relación con el rendimiento matemático posterior y no poder explicar diferencias en el mismo.

4.2.1.3 Eje temático 4: Propuestas de líneas de investigación.

Considerando la importancia de las investigaciones longitudinales para la comprensión teórica y práctica de la influencia de las habilidades de dominio general o específico sobre las matemáticas, se evidencia la necesidad de desarrollar estudios que apoyen, complementen o discrepen con los resultados obtenidos hasta el momento. Para la selección de las propuestas de líneas de investigación a analizar se tomó en cuenta que no fueran altamente específicas, ya que la contribución de sus resultados es restringida, además, que sean novedosas y que su desarrollo genere un impacto en la construcción de conocimientos de este campo de estudio. Por tanto, se plantean las siguientes líneas de investigación basadas en las propuestas de los autores de los artículos revisados.

Passolunghi y Lanfranchi (2012) propone realizar investigaciones que evalúen al mismo tiempo la memoria de trabajo (habilidad del dominio general) y la competencia numérica (habilidad del dominio específico), en un primer momento, antes del inicio de la educación formal y luego de un periodo, en un segundo momento evaluar el rendimiento matemático, esto con el fin de evitar habilidades mediadoras y descartar hipótesis de la influencia indirecta de la memoria de trabajo. Estos dos periodos de medición podrían predecir dificultades específicas del aprendizaje matemático en un determinado grado de la educación primaria. Sin embargo, Gashaj et al. (2019) sugiere que las investigaciones futuras deberían considerar tres puntos de medición; en un primer momento evaluar, por ejemplo, habilidades motrices y funciones ejecutivas; en un segundo tiempo, las habilidades numéricas básicas; y finalmente los logros matemáticos, de manera que se puedan estimar los modelos de mediación longitudinal de una manera más estricta, así como apoyar la fundamentación teórica de la jerarquía del aprendizaje matemático.

También se sugiere para futuras investigaciones que, deben ser evaluadas múltiples habilidades cognitivas, tanto de dominio general como de dominio específico, con la finalidad de identificar el rendimiento matemático posterior, así como examinar si el entrenamiento de dichas habilidades podría mejorar el rendimiento (Xenidou-Dervou et al., 2018; Passolunghi y Lanfranchi, 2012).

Asimismo, para Kiss et al. (2019) es primordial la realización de futuras investigaciones longitudinales en las que se incluya el rendimiento en la lectura como variable de control, puesto que esto permitiría determinar la especificidad de algunas habilidades al analizar su capacidad predictiva tanto para la lectura como para las matemáticas, evitando así resultados sesgados sobre los predictores específicos del rendimiento matemático y así tomar mejores decisiones en la intervención educativa.

Por otro lado, el tamaño de la muestra es importante para la agrupación de los estudiantes en distintos niveles de competencia, de manera que puedan proponerse resultados específicos para cada uno de los grupos con diversos grados de déficit de las matemáticas (Toll et al., 2016). Para Kiss et al. (2019), las investigaciones posteriores deben considerar diferentes grupos de medida con un tamaño muestral grande, que permita estudiar un mayor número de estudiantes con dificultades en el aprendizaje, y generalizar los resultados a diversos estudiantes.

Para algunos investigadores son necesarios mayores estudios longitudinales hasta el final de la etapa primaria y más allá, puesto que la mayor parte de las investigaciones cesan a mediados de la primaria. Estas investigaciones permitirán conocer la relación entre las habilidades numéricas tempranas y el análisis de datos, geometría y medición, medidas desde un entorno escolar; identificar factores cognitivos que contribuyan al crecimiento del rendimiento a lo largo de la etapa analizada y si su valor predictivo es significativo en determinadas etapas (Kiss et al., 2019; Xenidou-Dervou et al., 2018). Investigaciones futuras podrían determinar la relevancia de dichas habilidades en grados posteriores, más allá de la escuela primaria.

Finalmente, con respecto a habilidades particulares, se proponen mayores investigaciones sobre el razonamiento aditivo (Ching y Nunes, 2017); habilidades de ordenación numérica y no-numérica (O'Connor et al., 2018); aritmética simbólica aproximada (Xenidou-Dervou et al., 2018); variables no cognitivas, como por ejemplo: la atención en clase, la organización del trabajo (Geary, 2011); el nivel de instrucción en el aula, la cantidad de tiempo dedicado a actividades aritméticas y el plan de estudios (Malone et al., 2020).



CONCLUSIONES

Las conclusiones a las que se llegaron en el presente estudio fueron las siguientes:

- En la muestra documental analizada, con respecto a las habilidades de dominio general, concluimos que la inteligencia, el ejecutivo central y la agenda visoespacial de la memoria de trabajo, la velocidad de procesamiento, las funciones ejecutivas, principalmente la función de actualización o updating, y las habilidades lingüísticas, surgen como habilidades cognitivas con un buen valor predictivo sobre rendimiento matemático en la educación primaria.
- En cuanto a las habilidades de dominio específico, concluimos que, aunque algunos resultados señalaron que el sentido numérico no simbólico contaba con valor predictivo, la tendencia que se observó fue que existe mayor evidencia que respalda al sentido numérico simbólico como un fuerte predictor del aprendizaje matemático básico y complejo. Con respecto al aprendizaje matemático básico, el sentido numérico simbólico surge como predictor no solo desde el conocimiento del sistema numérico como en tareas de nombrar y escribir números, sino sobre todo desde la manipulación de numerosidades como en tareas de estimación de la recta numérica o adiciones. De igual manera, para el aprendizaje matemático complejo, el manejo del sistema numérico simbólico y las competencias cuantitativas reflejadas en tareas de conteo, demostraron tener capacidad predictora sobre el rendimiento matemático posterior.
- Por otro lado, en lo que respecta a las discrepancias halladas sobre las habilidades de identificación numérica y conteo, se concluye que ninguna

de las discrepancias difiere teóricamente de lo señalado por otros estudios que también formaron parte de la muestra documental, sino que estas discrepancias se atribuyeron a factores estadísticos que representaron un sesgo al momento de probar su valor predictivo, ya que las muestras en ambos estudios se desempeñaron excepcionalmente bien en las tareas utilizadas para medir dichas habilidades, por lo que no se identificó una gran variabilidad en los puntajes que pudiera explicar las diferencias en el rendimiento matemático posterior.

- Finalmente, en cuanto a las propuestas de líneas de investigación, se concluye que, algunos autores plantean realizar investigaciones con dos momentos de medición para determinar predictores con influencia directa sobre el rendimiento matemático, mientras que otros proponen tres momentos de medición, con el fin de considerar habilidades mediadoras, identificar predictores indirectos y contribuir al marco teórico del aprendizaje matemático jerárquico. Además, otras propuestas que realizan los autores implican: el desarrollo de investigaciones que comprendan múltiples habilidades de dominio general como específico para tener una mirada global del rendimiento matemático; investigaciones que trabajen con muestras más numerosas; la inclusión del rendimiento en la lectura como variable de control para determinar la especificidad de una habilidad; estudios longitudinales que lleguen hasta el final del nivel primario o grados posteriores; y el abordaje de algunas habilidades matemáticas en particular.

RECOMENDACIONES

A partir de lo analizado en la discusión de los resultados y las conclusiones a las que se llegaron, las recomendaciones que brindamos son las siguientes:

- Adaptar y estandarizar instrumentos de evaluación de habilidades matemáticas para niños y niñas.
- Desarrollar investigaciones con la aplicación de instrumentos adaptados a nuestro contexto, que permita replicar estudios como los que se analizaron en el presente trabajo para obtener resultados que reflejen nuestra realidad.
- Desarrollar investigaciones experimentales longitudinales, donde se intervenga las habilidades de dominio general o específico revisadas, y poder observar el impacto que dicha intervención tiene sobre el rendimiento matemático posterior de los niños y niñas.
- Desarrollar investigaciones como las antes descritas, operacionalizando el rendimiento matemático desde la aritmética, específicamente desde el sentido numérico, la memorización de hechos numéricos, el cálculo correcto o fluido y el razonamiento matemático correcto, puesto que son estas competencias donde las dificultades específicas del aprendizaje matemático se manifiestan.

REFERENCIAS

- Arias, F. G. (2012). *El Proyecto de Investigación. Introducción a la Metodología Científica*. 6ta. Edición.
- Ato, M., López, J., & Benavente, A. (2013). Un sistema de clasificación de los diseños de investigación en psicología. *Anales de Psicología*, 29(3), 1038–1059. <https://n9.cl/i2mqwz>
- Aunola, K., Leskinen, E., Lerkkanen, M.-K., & Nurmi, J.-E. (2004). Developmental Dynamics of Math Performance From Preschool to Grade 2. *Journal of Educational Psychology*, 96(4), 699–713. <https://doi.org/10.1037/0022-0663.96.4.699>
- Beddington, J., Cooper, C. L., Field, J., Goswami, U., Huppert, F. A., Jenkins, R., Jones, H. S., Kirkwood, T. B. L., Sahakian, B. J., & Thomas, S. M. (2008). The mental wealth of nations. *Nature*, 455(7216), 1057–1060. <https://doi.org/10.1038/4551057a>
- Bull, R., & Johnston, R. S. (1997). Children's arithmetical difficulties: contributions from processing speed, item identification, and short-term memory. *Journal of experimental child psychology*, 65(1), 1–24. <https://doi.org/10.1006/jecp.1996.2358>
- Bull, R., & Lee, K. (2014). Executive functioning and mathematics achievement. *Child Development Perspectives*, 8(1), 36–41. <https://doi.org/10.1111/cdep.12059>
- Bull, R., Espy, K. A., & Wiebe, S. A. (2008). Short-term memory, working memory, and executive functioning in preschoolers: longitudinal predictors of mathematical achievement at age 7 years. *Developmental neuropsychology*, 33(3), 205–228. <https://doi.org/10.1080/87565640801982312>
- Burkart, J. M., Schubiger, M. N., & van Schaik, C. P. (2017). The evolution of general intelligence. *Behavioral and Brain Sciences*, 40, e195. <https://doi.org/DOI:10.1017/S0140525X16000959>
- Butterworth, B. (2005). Developmental dyscalculia. In *Handbook of mathematical cognition*. (pp. 455–467). Psychology Press.

- Butterworth, B. (2019). Foreword. En Fritz, A., Haase, V. G., & Räsänen, P., *International Handbook of Mathematical Learning Difficulties* (pp. 7-8). Springer.
- Butterworth, B., Varma, S., & Laurillard, D. (2014). Dyscalculia. Oxford Handbooks Online. doi:10.1093/oxfordhb/9780199642342.013.001
- Bynner, J., & Parsons, S. (2006). Does numeracy matter more? London, UK: National Research and Development Centre for Adult Literacy and Numeracy.
- Carr, M., Horan, E., Alexeev, N., Bared, N., Wang, L., & Otumfuor, B. (2020). A longitudinal study of spatial skills and number sense development in elementary school children. *Journal of Educational Psychology*, 112(1), 53–69. <https://doi.org/10.1037/edu0000363>
- Casey, B. M., Lombardi, C. M., Pollock, A., Fineman, B., & Pezaris, E. (2017). Girls' Spatial Skills and Arithmetic Strategies in First Grade as Predictors of Fifth-Grade Analytical Math Reasoning. *Journal of Cognition and Development*, 18(5), 530–555. <https://doi.org/10.1080/15248372.2017.1363044>
- Chen, Q., & Li, J. (2014). Association between individual differences in non-symbolic number acuity and math performance: A meta-analysis. *Acta Psychologica*, 148, 163–172. <https://doi.org/10.1016/j.actpsy.2014.01.016>
- Ching, B. H.-H., & Nunes, T. (2017). The importance of additive reasoning in children's mathematical achievement: A longitudinal study. *Journal of Educational Psychology*, 109(4), 477–508. <https://doi.org/10.1037/edu0000154>
- Clements, D., Sarama, J., & Macdonald, B. (2019). *Subitizing: The Neglected Quantifier: Merging Perspectives from Psychology and Mathematics Education* (pp. 13–45). https://doi.org/10.1007/978-3-030-00491-0_2
- Costa, H. M., Nicholson, B., Donlan, C., & Van Herwegen, J. (2018). Low performance on mathematical tasks in preschoolers: the importance of domain-general and domain-specific abilities. *Journal of Intellectual Disability Research*, 62(4), 292–302. <https://doi.org/https://doi.org/10.1111/jir.12465>
- Defior, S., Serrano, F., & Gutiérrez, N. (2015). *Dificultades específicas de aprendizaje*. Síntesis.
- Dehaene, S. (2016). *El cerebro matemático: Cómo nacen, viven y a veces mueren los números en nuestra mente*. Siglo Veintiuno Editores.
- Dehaene, S., & Cohen, L. (1995). Towards an anatomical and functional model of number processing. *Mathematical Cognition*, 1, 83–120.

- Dehaene, S., Piazza, M., Pinel, P., & Cohen, L. (2005). Three parietal circuits for number processing. En Campbell, J. I. D. (Ed.), *Handbook of mathematical cognition* (pp.433–453). New York: Psychology Press.
- Desoete, A., & Baten, E. (2017). Indicators for a specific learning disorder in mathematics or dyscalculia in toddlers and in kindergarten children. *Belgian Journal of Paediatrics*, 19 (2), 122-124. https://bvksbp.be/uploads/files/2/15877206101_2017-02.pdf
- Desoete, A., Ceulemans, A., De Weerd, F., & Pieters, S. (2012). Can we predict mathematical learning disabilities from symbolic and non-symbolic comparison tasks in kindergarten? Findings from a longitudinal study. *British Journal of Educational Psychology*, 82(1), 64–81. <https://doi.org/https://doi.org/10.1348/2044-8279.002002>
- Dietrich, J. F., Huber, S., Dackermann, T., Moeller, K., & Fischer, U. (2016). Place-value understanding in number line estimation predicts future arithmetic performance. *British Journal of Developmental Psychology*, 34(4), 502–517. doi:10.1111/bjdp.12146
- Dorneles, B. V. (2019). Mathematical Learning and Its Difficulties in Latin-American Countries. *International Handbook of Mathematical Learning Difficulties*, 201–212. doi:10.1007/978-3-319-97148-3_13
- Duncan GJ, Dowsett CJ, Claessens A, Magnuson K, Huston AC, Klebanov P, Pagani LS, Feinstein L, Engel M, Brooks-Gunn J, Sexton H, Duckworth K. (2007). School readiness and later achievement. *Developmental Psychology* 43:1428_1446 DOI 10.1037/0012-1649.43.6.1428.
- Embretson, S. E. (1995). The role of working memory capacity and general control processes in intelligence. *Intelligence*, 20, 169 –189. [doi:10.1016/0160-2896\(95\)90031-4](https://doi.org/10.1016/0160-2896(95)90031-4)
- Espy, K. A., McDiarmid, M. M., Cwik, M. F., Stalets, M. M., Hamby, A., & Senn, T. E. (2004). The contribution of executive functions to emergent mathematical skills in preschool children. *Developmental Neuropsychology*, 26, 465–486. doi:10.1207/s15326942dn2601_6
- Friso-van den Bos, I., Kroesbergen, E. H., Van Luit, J. E. H., Xenidou-Dervou, I., Jonkman, L. M., Van der Schoot, M., & Van Lieshout, E. C. D. M. (2015). Longitudinal development of number line estimation and mathematics performance in primary school children. *Journal of Experimental Child Psychology*, 134, 12–29. <https://doi.org/10.1016/j.jecp.2015.02.002>
- Fuchs, L. S., Fuchs, D., Compton, D. L., Powell, S. R., Seethaler, P. M., Capizzi, A. M., Schatschneider, C., & Fletcher, J. M. (2006). The cognitive correlates of third-grade skill in arithmetic, algorithmic computation, and arithmetic word problems. *Journal of Educational Psychology*, 98(1), 29–43. <https://doi.org/10.1037/0022-0663.98.1.29>

- Fuchs, L. S., Geary, D. C., Compton, D. L., Fuchs, D., Hamlett, C. L., Seethaler, P. M., Bryant, J. D., & Schatschneider, C. (2010). Do different types of school mathematics development depend on different constellations of numerical versus general cognitive abilities? In *Developmental Psychology* (Vol. 46, Issue 6, pp. 1731–1746). American Psychological Association. <https://doi.org/10.1037/a0020662>
- Fuchs, L. S., Geary, D. C., Fuchs, D., Compton, D. L., & Hamlett, C. L. (2014). Sources of Individual Differences in Emerging Competence With Numeration Understanding Versus Multidigit Calculation Skill. *Journal of educational psychology*, 106(2), 482–498. <https://doi.org/10.1037/a0034444>
- Fuhs, M. W., Hornburg, C. B., & McNeil, N. M. (2016). Specific early number skills mediate the association between executive functioning skills and mathematics achievement. *Developmental psychology*, 52(8), 1217–1235. <https://doi.org/10.1037/dev0000145>
- Gashaj, V., Oberer, N., Mast, F. W., & Roebers, C. M. (2019). The relation between executive functions, fine motor skills, and basic numerical skills and their relevance for later mathematics achievement. *Early Education and Development*, 30(7), 913–926. <https://doi.org/10.1080/10409289.2018.1539556>
- Geary D. C. (2011). Cognitive predictors of achievement growth in mathematics: a 5-year longitudinal study. *Developmental psychology*, 47(6), 1539–1552. <https://doi.org/10.1037/a0025510>
- Geary, D. C., Nicholas, A., Li, Y., & Sun, J. (2017). Developmental change in the influence of domain-general abilities and domain-specific knowledge on mathematics achievement: An eight-year longitudinal study. *Journal of Educational Psychology*, 109(5), 680–693. <https://doi.org/10.1037/edu0000159>
- Geary, D.C. (2013). Early foundations for mathematics learning and their relations to learning disabilities. *Current Directions in Psychological Science*, 22 (1), 23–27.
- Gómez, M., Galeano, C., & Jaramillo, D. A. (2015). El estado del arte: una metodología de investigación. *Revista Colombiana de Ciencias Sociales; Vol. 6, Núm. 2* (2015): (Julio-Diciembre, 2015) DOI - 10.21501/22161201.1469. <https://www.funlam.edu.co/revistas/index.php/RCCS/article/view/1469>
- Gross, J., Hudson, C. & Price, D. (2009). *The long term costs of numeracy difficulties*. https://www.numicon.co.nz/uploads/66441/files/Numicon_research_ECC_paper.pdf

- Guevara, R. (2016). El estado del arte en la investigación: ¿análisis de los conocimientos acumulados o indagación por nuevos sentidos? *Revista Folios*, 44, 165–179. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=345945922011>
- Hart, S. A. (2011). *Getting to the core of it all: An exploration of domain specific and domain general influences on mathematics outcomes*. (Vol. 71, Issues 11-A). ProQuest Information & Learning.
- Holmes, J., & Adams, J. W. (2006). Working memory and children's mathematical skills: Implications for mathematical development and mathematics curricula. *Educational Psychology*, 26(3), 339–366. <https://doi.org/10.1080/01443410500341056>
- Jordan, N. C., Kaplan, D., Ramineni, C., & Locuniak, M. N. (2009). Early math matters: kindergarten number competence and later mathematics outcomes. *Developmental psychology*, 45(3), 850–867. <https://doi.org/10.1037/a0014939>
- Kiss, A. J., Nelson, G., & Christ, T. J. (2019). Predicting Third-Grade Mathematics Achievement: A Longitudinal Investigation of the Role of Early Numeracy Skills. *Learning Disability Quarterly*, 42(3), 161–174. <https://doi.org/10.1177/0731948718823083>
- Koponen, T., Georgiou, G., Salmi, P., Leskinen, M., & Aro, M. (2017). A meta-analysis of the relation between RAN and mathematics. *Journal of Educational Psychology*, 109(7), 977–992. <https://doi.org/10.1037/edu0000182>
- Koponen, T., Salmi, P., Eklund, K., & Aro, T. (2013). Counting and RAN: Predictors of arithmetic calculation and reading fluency. *Journal of Educational Psychology*, 105(1), 162–175. <https://doi.org/10.1037/a0029285>
- Kroesbergen, E. H., Van Luit, J. E. H., Van Lieshout, E. C. D. M., Van Loosbroek, E., & Van de Rijt, B. A. M. (2009). Individual Differences in Early Numeracy: The Role of Executive Functions and Subitizing. *Journal of Psychoeducational Assessment*, 27(3), 226–236. <https://doi.org/10.1177/0734282908330586>
- Lambert, K., & Spinath, B. (2017). Conservation Abilities, Visuospatial Skills, and Numerosity Processing Speed: Association With Math Achievement and Math Difficulties in Elementary School Children. *Journal of Learning Disabilities*, 51(3), 223–235. <https://doi.org/10.1177/0022219417690354>
- Lau, N., Merkley, R., Tremblay, P., Zhang, S., De Jesus, S., & Ansari, D. (2021). Kindergarteners' symbolic number abilities predict nonsymbolic number abilities and math achievement in grade 1. *Developmental psychology*, 57(4), 471–488. <https://doi.org/10.1037/dev0001158>

- Lee, K., Bull, R., & Ho, R. M. (2013). Developmental changes in executive functioning. *Child Development, 84*(6), 1933–1953. doi:10.1111/cdev.12096
- LeFevre, J. A., Fast, L., Skwarchuk, S. L., Smith-Chant, B. L., Bisanz, J., Kamawar, D., & Penner-Wilger, M. (2010). Pathways to mathematics: longitudinal predictors of performance. *Child development, 81*(6), 1753–1767. <https://doi.org/10.1111/j.1467-8624.2010.01508.x>
- Londoño, O., Maldonado, L. & Calderón, L. (2016). *Guía para construir Estados del Arte*. Bogotá: ICONK. <http://iconk.org/docs/guiaea.pdf>
- Malone, S. A., Burgoyne, K., & Hulme, C. (2020). Number knowledge and the approximate number system are two critical foundations for early arithmetic development. *Journal of Educational Psychology, 112*(6), 1167–1182. <https://doi.org/10.1037/edu0000426>
- Missall, K. N., Mercer, S. H., Martínez, R. S., & Casebeer, D. (2012). Concurrent and longitudinal patterns and trends in performance on early numeracy curriculum-based measures in kindergarten through third grade. *Assessment for Effective Intervention, 37*, 95–106. doi:10.1177/1534508411430322
- Miyake, A., Friedman, N. P., Emerson, M. J., Witzki, A. H., Howerter, A., & Wager, T. D. (2000). The unity and diversity of executive functions and their contributions to complex “frontal lobe” tasks: A latent variable analysis. *Cognitive Psychology, 41*, 49–100. <http://dx.doi.org/10.1006/cogp.1999.0734>
- Mulder, H., Verhagen, J., Van der Ven, S. H. G., Slot, P. L., & Leseman, P. P. M. (2017). Early Executive Function at Age Two Predicts Emergent Mathematics and Literacy at Age Five. In *Frontiers in Psychology* (Vol. 8, p. 1706). <https://www.frontiersin.org/article/10.3389/fpsyg.2017.01706>
- Nelson, G., & Powell, S. R. (2018). A Systematic Review of Longitudinal Studies of Mathematics Difficulty. *Journal of Learning Disabilities, 51*(6), 523–539. <https://doi.org/10.1177/0022219417714773>
- Nguyen, T., Watts, T. W., Duncan, G. J., Clements, D. H., Sarama, J. S., Wolfe, C., & Spitzer, M. E. (2016). Which Preschool Mathematics Competencies Are Most Predictive of Fifth Grade Achievement?. *Early childhood research quarterly, 36*, 550–560. <https://doi.org/10.1016/j.ecresq.2016.02.003>
- Nogues, C. P., & Dorneles, B. V. (2021). Systematic review on the precursors of initial mathematical performance. *International Journal of Educational Research Open, 2–2*(November 2020), 100035. <https://doi.org/10.1016/j.ijedro.2021.100035>

- O'Connor, P. A., Morsanyi, K., & McCormack, T. (2018). Young children's non-numerical ordering ability at the start of formal education longitudinally predicts their symbolic number skills and academic achievement in maths. *Developmental science*, 21(5), e12645. <https://doi.org/10.1111/desc.12645>
- Pandey, B. (2017). A study of mathematical achievement of secondary school students. *International Journal of Advanced Research*, 5(12), 1951–1954. doi:10.21474/ijar01/6165
- Parsons, S., & Bynner, J. (2007). *Illuminating disadvantage: Profiling the experiences of adults with entry level literacy or numeracy over the life course*. https://dera.ioe.ac.uk/21971/1/doc_3912.pdf
- Passolunghi, M. C., & Lanfranchi, S. (2012). Domain-specific and domain-general precursors of mathematical achievement: a longitudinal study from kindergarten to first grade. *The British journal of educational psychology*, 82(Pt 1), 42–63. <https://doi.org/10.1111/j.2044-8279.2011.02039.x>
- Peng, P., & Fuchs, D. (2014). A Meta-Analysis of Working Memory Deficits in Children With Learning Difficulties: Is There a Difference Between Verbal Domain and Numerical Domain? *Journal of Learning Disabilities*, 49(1), 3–20. <https://doi.org/10.1177/0022219414521667>
- Peng, P., Lin, X., Ünal, Z. E., Lee, K., Namkung, J., Chow, J., & Sales, A. (2020). Examining the mutual relations between language and mathematics: A meta-analysis. In *Psychological Bulletin* (Vol. 146, Issue 7, pp. 595–634). American Psychological Association. <https://doi.org/10.1037/bul0000231>
- Pinto, G., Bigozzi, L., Tarchi, C., Vezzani, C., & Accorti Gamannossi, B. (2016). Predicting Reading, Spelling, and Mathematical Skills: A Longitudinal Study From Kindergarten Through First Grade. *Psychological Reports*, 118(2), 413–440. <https://doi.org/10.1177/0033294116633357>
- Purpura, D. J., Day, E., Napoli, A. R., & Hart, S. A. (2017). Identifying Domain-General and Domain-Specific Predictors of Low Mathematics Performance: A Classification and Regression Tree Analysis. *Journal of Numerical Cognition*, 3(2 SE-Special Issue), 365–399. <https://doi.org/10.5964/jnc.v3i2.53>
- Reyna, V. F., Nelson, W. L., Han, P. K., & Dieckmann, N. F. (2009). How numeracy influences risk comprehension and medical decision making. *Psychological Bulletin*, 135(6), 943–973. <https://doi.org/10.1037/a0017327>
- Ritchie, S. J., & Bates, T. C. (2013). Enduring links from childhood mathematics and reading achievement to adult socioeconomic status. *Psychological Science*, 24, 1301–1308. <https://doi.org/10.1177/0956797612466268>

- Rose, H., & Betts, J. (2004). The effect of high school courses on earnings. *Review of Economics and Statistics*, 86, 497–513.
- Rousselle, L., & Noël, M.-P. (2007). Basic numerical skills in children with mathematical learning disabilities: A comparison of symbolic vs. nonsymbolic number magnitude processing. *Cognition*, 102, 361–395. doi: 10.1016/j.cognition.2006.01.005
- Roy, E. (2013) Cognitive Factors. In: Gellman M.D., Turner J.R. (eds) *Encyclopedia of Behavioral Medicine*. Springer, New York, NY. https://doi.org/10.1007/978-1-4419-1005-9_1116
- Salkind, N. J. (2010). *Encyclopedia of research design* (Vols. 1-0). Thousand Oaks, CA: SAGE Publications, Inc. doi: 10.4135/9781412961288
- Sasanguie, D., Göbel, S. M., Moll, K., Smets, K., & Reynvoet, B. (2013). Approximate number sense, symbolic number processing, or number-space mappings: what underlies mathematics achievement?. *Journal of experimental child psychology*, 114(3), 418–431. <https://doi.org/10.1016/j.jecp.2012.10.012>
- Schneider, M., Beeres, K., Coban, L., Merz, S., Susan Schmidt, S., Stricker, J., & De Smedt, B. (2017). Associations of non-symbolic and symbolic numerical magnitude processing with mathematical competence: a meta-analysis. *Developmental Science*, 20(3), 1–16. <https://doi.org/10.1111/desc.12372>
- Siegler, R. S., & Booth, J. L. (2004). Development of numerical estimation in young children. *Child development*, 75(2), 428–444. <https://doi.org/10.1111/j.1467-8624.2004.00684.x>
- Simanowski, S., & Krajewski, K. (2019). Specific Preschool Executive Functions Predict Unique Aspects of Mathematics Development: A 3-Year Longitudinal Study. *Child Development*, 90(2), 544–561. <https://doi.org/https://doi.org/10.1111/cdev.12909>
- Simmons, F., Singleton, C., & Horne, J. (2008). Brief report--Phonological awareness and visual-spatial sketchpad functioning predict early arithmetic attainment: Evidence from a longitudinal study. *European Journal of Cognitive Psychology*, 20(4), 711–722. <https://doi.org/10.1080/09541440701614922>
- Sobrido, M., & Rumbo-Prieto, J. M. (2018). La revisión sistemática: pluralidad de enfoques. *Enfermería Clínica*, 28(6), 387–393. <https://doi.org/10.1016/j.enfcli.2018.08.008>
- Stock, P., Desoete, A., & Roeyers, H. (2010). Detecting Children With Arithmetic Disabilities From Kindergarten: Evidence From a 3-Year Longitudinal Study on the Role of Preparatory Arithmetic Abilities. *Journal of Learning Disabilities*, 43(3), 250–268. <https://doi.org/10.1177/0022219409345011>

- Swanson, H. L., & Jerman, O. (2006). Math disabilities: A selective meta-analysis of the literature. *Review of Educational Research*, 76(2), 249–274. <https://doi.org/10.3102/00346543076002249>
- Sweet, L. H., & Jerskey, B. A. (2011). *Working Memory BT - Encyclopedia of Clinical Neuropsychology* (J. S. Kreutzer, J. DeLuca, & B. Caplan (eds.); pp. 2729–2731). Springer New York. https://doi.org/10.1007/978-0-387-79948-3_1339
- Toll, S. W. M., Van der Ven, S. H. G., Kroesbergen, E. H., & Van Luit, J. E. H. (2010). Executive Functions as Predictors of Math Learning Disabilities. *Journal of Learning Disabilities*, 44(6), 521–532. <https://doi.org/10.1177/0022219410387302>
- Toll, S. W., Kroesbergen, E. H., & Van Luit, J. E. (2016). Visual working memory and number sense: Testing the double deficit hypothesis in mathematics. *The British journal of educational psychology*, 86(3), 429–445. <https://doi.org/10.1111/bjep.12116>
- Träff, U., Olsson, L., Skagerlund, K., & Östergren, R. (2020). Kindergarten domain-specific and domain-general cognitive precursors of hierarchical mathematical development: A longitudinal study. *Journal of Educational Psychology*, 112(1), 93–109. <https://doi.org/10.1037/edu0000369>
- Tricot, A., & Sweller, J. (2014). Domain-Specific Knowledge and Why Teaching Generic Skills Does Not Work. *Educational Psychology Review*, 26(2), 265–283. <https://doi.org/10.1007/s10648-013-9243-1>
- Van der Ven, S. H., Kroesbergen, E. H., Boom, J., & Leseman, P. P. (2012). The development of executive functions and early mathematics: a dynamic relationship. *The British journal of educational psychology*, 82(Pt 1), 100–119. <https://doi.org/10.1111/j.2044-8279.2011.02035.x>
- von Aster, M. G., & Shalev, R. S. (2007). Number development and developmental dyscalculia. *Developmental Medicine & Child Neurology*, 49, 868–873. doi:10.1111/j.1469-8749.2007.00868.x
- Wong, T. T.-Y., & Ho, C. S.-H. (2017). Component processes in arithmetic word-problem solving and their correlates. *Journal of Educational Psychology*, 109(4), 520–531. <https://doi.org/10.1037/edu0000149>
- Xenidou-Dervou, I., Molenaar, D., Ansari, D., van der Schoot, M., & van Lieshout, E. C. D. M. (2017). Nonsymbolic and symbolic magnitude comparison skills as longitudinal predictors of mathematical achievement. *Learning and Instruction*, 50, 1–13. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.learninstruc.2016.11.001>
- Xenidou-Dervou, I., Van Luit, J., Kroesbergen, E. H., Friso-van den Bos, I., Jonkman, L. M., van der Schoot, M., & van Lieshout, E. (2018). Cognitive predictors of children's development in mathematics achievement: A latent

growth modeling approach. *Developmental science*, 21(6), e12671.
<https://doi.org/10.1111/desc.12671>

Zhu, M., Cai, D., & Leung, A. W. S. (2017). Number Line Estimation Predicts Mathematical Skills: Difference in Grades 2 and 4. In *Frontiers in Psychology* (Vol. 8, p. 1576).
<https://www.frontiersin.org/article/10.3389/fpsyg.2017.01576>







Matriz Bibliográfica

N°	Título de la investigación	Descriptores	Año	Autor(es)	Muestra	Grados evaluados	Lugar	Ubicación
1	Pathways to mathematics: Longitudinal predictors of performance	mathematics, achievement, precursors, predictors	2010	LeFevre, J.-A., Fast, L., Skwarchuk, S.-L., Smith-Chant, B. L., Bisanz, J., Kamawar, D. & Penner-Wilger, M.	N= 122	Preescolar - 2° Prim.	Canadá	https://web-b-ebSCOhost-com.ezproxybib.pucp.edu.pe/ehost/detail/detail?vid=7&sid=6dc8466d-c58f-48b7-89ed-9801cd2bd4e8%40sessionmgr102&bdata=Jmxhbmc9ZXMmc2l0ZT1laG9zdC1saXZl#db=eue&AN=55203529
2	Cognitive predictors of achievement growth in mathematics: A 5-year longitudinal study	mathematics, achievement, precursors, predictors	2011	Geary, D. C.	N= 177	Preescolar - 5° Prim.	Estados Unidos	https://psycnet.apa.org/search/display?id=56ea9c29-e466-32b3-749f-450cf7574117&recordId=1&tab=PA&page=1&display=25&sort=PublicationYearMSSort%20desc,AuthorSort%20asc&sr=1
3	Domain-specific and domain-general precursors of mathematical achievement: A longitudinal study from kindergarten to first grade	mathematics, achievement, precursors, predictors	2012	Passolunghi, M. C. & Lanfranchi, S.	N= 70	Preescolar - 1°Prim.	Italia	https://eric.ed.gov/?q=Domain-specific+and+domain-general+precursors+of+mathematical+achievement%3a+A+longitudinal+study+from+kindergarten+to+first+grade&id=EJ965354
4	The development of executive functions and early mathematics: A dynamic relationship	mathematics, achievement, precursors,	2012	Van der Ven, S. H. G., Kroesbergen, E.	N= 211	1° Prim. - 2° Prim.	Países Bajos	https://web-b-ebSCOhost-com.ezproxybib.pucp.edu.pe/ehost/detail/detail?vid=10

		predictors		H., Boom, J. & Leseman, P. P. M.					https://psycnet.apa.org/search/display?id=6dc8466d-c58f-48b7-89ed-9801cd2bd4e8%40sessionmgr102&bdata=Jmxhbmc9ZXMmc2l0ZT1laG9zdC1saXZl#AN=73464977&db=eu
5	Sources of individual differences in emerging competence with numeration understanding versus multidigit calculation skill	mathematics, achievement, precursors, predictors	2014	Fuchs, L. S. , Geary, D. C. , Fuchs, D. , Compton, D. L. & Hamlett, C. L.	N= 394	1° Prim. - 3° Prim.		Estados Unidos	https://psycnet.apa.org/search/display?id=e5a5c84e-b19c-0310-8cce-b0d7c291fd3b&recordId=1&tab=PA&page=1&display=25&sort=PublicationYearMSSort%20desc,AuthorSort%20asc&sr=1
6	Longitudinal development of number line estimation and mathematics performance in primary school children	mathematics, achievement, precursors, predictors	2015	Friso-van den Bos, I., Kroesbergen, E. H., Van Luit, J. E. H., Xenidou-Dervou, I., Jonkman, L. M., Van der Schoot, M. & Van Lieshout, E. C. D. M.	N= 354	Preescolar - 2° Prim.		Países Bajos	https://psycnet.apa.org/search/display?id=07e3f42b-9011-8128-28f4-56d8a52ffa03&recordId=1&tab=PA&page=1&display=25&sort=PublicationYearMSSort%20desc,AuthorSort%20asc&sr=1
7	Specific early number skills mediate the association between executive functioning skills and mathematics achievement	mathematics, achievement, precursors, predictors	2016	Fuhs, M. W., Hornburg, C. B. & McNeil, N. M.	N= 141	Preescolar - 2° Prim.		Estados Unidos	https://psycnet.apa.org/search/display?id=2593564f-cb8f-8181-f6a4-cc878a7ea0e3&recordId=1&tab=PA&page=1&display=25&sort=PublicationYearM

[SSort%20desc,AuthorSort%20asc&sr=1](#)

8	Which preschool mathematics competencies are most predictive of fifth grade achievement?	mathematics, achievement, precursors, predictors	2016	Nguyen, T., Watts, T.W., Duncana, G.J., Clements, D.H., Sarama, J.S., Wolfe, C. & Spitler, M.E.	N= 781	Preescolar Prim.	-	5°	Estados Unidos	https://eric.ed.gov/?q=Which+preschool+mathematics+competencies+are+most+predictive+of+fifth+grade+achievement%3f+&id=ED566923
9	Visual working memory and number sense: Testing the double deficit hypothesis in mathematics	mathematics, achievement, precursors, predictors	2016	Toll, S., Kroesbergen E. & Van Luit, J.	N= 670	Preescolar Prim.	-	1°	Países Bajos	https://web-a-ebSCOhost-com.ezproxybib.pucp.edu.pe/ehost/detail/detail?vid=3&sid=7bdbddaa-541f-4247-8734-611ff589c1e7%40sessionmgr4006&bdata=Jmxhbmc9ZXMmc2I0ZT1laG9zdC1saXI#AN=117343049&db=eue
10	Girls' spatial skills and arithmetic strategies in first grade as predictors of fifth-grade analytical math reasoning	mathematics, achievement, precursors, predictors	2017	Casey, B. M., Lombardi, C. M. P., Pollock, A., Fineman, B. & Pezaris, E.	N= 138	1° Prim.	-	5° Prim.	Estados Unidos	https://web-b-ebSCOhost-com.ezproxybib.pucp.edu.pe/ehost/detail/detail?vid=12&sid=6dc8466d-c58f-48b7-89ed-9801cd2bd4e8%40sessionmgr102&bdata=Jmxhbmc9ZXMmc2I0ZT1laG9zdC1saXI
11	The importance of additive reasoning in children's mathematical achievement: A	mathematics, achievement, precursors,	2017	Ching, B. H.-H. & Nunes, T.	N= 115	1° Prim.	-	2° Prim.	Hong Kong	https://psycnet.apa.org/search/display?id=0e27ddf3-78ef-59d3-93e3-7cf078fe56a5&recordId=1&

	Longitudinal Study	predictors								
										https://psycnet.apa.org/search/display?id=08937f9f-4bcb-4f95-d0f5-c9caacf767aa&recordId=1&tab=PA&page=1&display=25&sort=PublicationYearMSort%20desc,AuthorSort%20asc&sr=1
12	Component processes in arithmetic word-problem solving and their correlates	mathematics, achievement, precursors, predictors	2017	Wong, T. T.-Y. & Ho, C. S.-H.	N= 153	Preescolar Prim.	-	2°	Hong Kong	https://web-a-ebSCOhost.com.ezproxybib.pucp.edu.pe/ehost/detail/detail?vid=5&sid=7bdbddaa-541f-4247-8734-611ff589c1e7%40sessionmgr4006&bdata=JmxhbmC9ZXMmc2l0ZT1laG9zdC1saXZl#AN=131499221&db=a9h
13	Young children's non-numerical ordering ability at the start of formal education longitudinally predicts their symbolic number skills and academic achievement in maths	mathematics, achievement, precursors, predictors	2018	O'Connor, P., Morsanyi, K. & McCormack, T.	N= 87	1° Prim.	-	2° Prim.	Irlanda del Norte	https://eric.ed.gov/?q=Cognitive+predictors+of+children%27s+development+in+mathematics+achievement%3a+A+latent+growth+modeling+approach&id=EJ1194795
14	Cognitive predictors of children's development in mathematics achievement: A latent growth modeling approach	mathematics, achievement, precursors, predictors	2018	Xenidou-Dervou, I., Van Luit, J. E. H., Kroesbergen, E. H., Friso-van den Bos, I., Jonkman, L. M., van der Schoot, M. & van Lieshout, E. C.	N= 334	Preescolar Prim.	-	2°	Países Bajos	https://eric.ed.gov/?q=Cognitive+predictors+of+children%27s+development+in+mathematics+achievement%3a+A+latent+growth+modeling+approach&id=EJ1194795

				D. M.				
15	The relation between executive functions, fine motor skills, and basic numerical skills and their relevance for later mathematics achievement	mathematics, achievement, precursors, predictors	2019	Gashaj, V., Oberer, N., Mast, F.W. & Roebers, C.M.	N= 136	Preescolar - 2° Prim.	Suiza	https://web-a-ebSCOhost-com.ezproxybib.pucp.edu.pe/ehost/pdfviewer/pdfviewer?vid=0&sid=a592e747-c136-4ab7-97da-508fbc72196f%40sdc-v-sessmgr01
16	Predicting third-grade mathematics achievement: A longitudinal investigation of the role of early numeracy skills	mathematics, achievement, precursors, predictors	2019	Kiss, A. J., Nelson, G., & Christ, T. J.	N= 175	1°Prim. - 3° Prim.	Estados Unidos	https://web-b-ebSCOhost-com.ezproxybib.pucp.edu.pe/ehost/detail/detail?vid=14&sid=6dc8466d-c58f-48b7-89ed-9801cd2bd4e8%40sessionmgr102&bdata=Jmxhbmc9ZXMc2l0ZT1laG9zdC1saXZl#AN=137477567&db=eu
17	A longitudinal study of spatial skills and number sense development in elementary school children	mathematics, achievement, precursors, predictors	2020	Carr, M., Horan, E., Alexeev, N., Barned, N., Wang, L. & Otumfuor, B.	N= 304	2°Prim. - 4° Prim.	Estados Unidos	https://psycnet.apa.org/search/display?id=3357c7b6-bbc6-b834-4374-b4727f93ba5a&recordId=1&tab=PA&page=1&display=25&sort=PublicationYearMSSort%20desc,AuthorSort%20asc&sr=1
18	Number knowledge and the approximate number system are two critical foundations for early	mathematics, achievement, precursors,	2020	Malone, S. A., Burgoyne, K. & Hulme, C.	N= 519	1°Prim. - 2°Prim.	Australia	https://psycnet.apa.org/search/display?id=f3f6abc4-8028-b23b-2f1c-cb7e1cd94332&recordId=1

arithmetic development

predictors

[&tab=PA&page=1&display=25&sort=PublicationYearMSSort%20desc,AuthorSort%20asc&sr=1](#)

19	Kindergarten domain-specific and domain-general cognitive precursors of hierarchical mathematical development a longitudinal study	mathematics, achievement, precursors, predictors	2020	Träff, U., Olsson, L., Skagerlund, K. & Östergren, R.	N= 258	Preescolar Prim.	-	6°	Suecia	https://psycnet.apa.org/search/display?id=907f3e41-9c8e-fbbb-68e0-d65d6aeb6096&recordId=1&tab=PA&page=1&display=25&sort=PublicationYearMSSort%20desc,AuthorSort%20asc&sr=1
20	Kindergarteners' symbolic number abilities predict nonsymbolic number abilities and math achievement in grade 1	mathematics, achievement, precursors, predictors	2021	Lau, N., Merkley, R., Tremblay, P., Zhang, S., De Jesus, S. & Ansari, D.	N= 622	Preescolar Prim.	-	1°	Canadá	https://web-b-ebSCOhost-com.ezproxybib.pucp.edu.pe/ehost/detail/detail?vid=3&sid=6dc8466d-c58f-48b7-89ed-9801cd2bd4e8%40sessionmgr102&bdata=JmxhbmC9ZXMmc2l0ZT1laG9zdC1saXZl#AN=149960314&db=ue



Matriz de análisis de contenido (traducida al español)

Nº	Título de la investigación	Eje temático 1	Eje temático 2	Eje temático 3	Eje temático 4
1	Pathways to mathematics: Longitudinal predictors of performance	<p>"...las tres vías están implicadas en el rendimiento en las tareas de numeración, cálculo y línea numérica..."</p> <p>"La vía de la atención espacial fue la única responsable de cantidades moderadas de variabilidad en seis de las siete tareas matemáticas..."</p> <p>"La vía lingüística explicó de forma única la variabilidad en todos los resultados matemáticos..."</p> <p>"Demostramos que las tres vías se relacionan de forma diferencial con las pruebas convencionales de conocimiento matemático..."</p>	<p>"...las tres vías están implicadas en el rendimiento en las tareas de numeración, cálculo y línea numérica..."</p> <p>"Para la vía cuantitativa, la fuerza de la relación con los resultados en general fue modesta".</p> <p>"Demostramos que las tres vías se relacionan de manera diferencial con las pruebas convencionales de conocimiento matemático..."</p>		
2	Cognitive predictors of achievement growth in mathematics: A 5-year	<p>"...la inteligencia y la velocidad de procesamiento, y el componente ejecutivo</p>	<p>"La fluidez temprana en el procesamiento y la manipulación del tamaño de los conjuntos</p>		<p>"Una limitación importante del presente estudio es la no inclusión de variables de instrucción, del aula</p>

longitudinal study

central de la memoria de trabajo predijeron el rendimiento o el crecimiento del rendimiento en matemáticas...":

"La importancia de la inteligencia para el rendimiento en la prueba de Operaciones Numéricas aumentó a lo largo de los grados..."

"Los hallazgos actuales se suman a la literatura de las habilidades de dominio general al demostrar que la memoria de trabajo y la velocidad de procesamiento contribuyen a estas diferencias individuales por encima de las contribuciones de la inteligencia."

"De los componentes de la memoria de trabajo, el ejecutivo central, fue un importante predictor tanto del rendimiento en matemáticas como en lectura, confirmando

numéricos y los números arábigos, el uso preciso de procedimientos sofisticados de conteo para resolver problemas de adición, y la precisión en la realización de colocaciones en una línea numérica matemática fueron predictores únicos del rendimiento en matemáticas."

"Los hallazgos centrales de este estudio se encuentran en las medidas de cognición matemática que predijeron el rendimiento en matemáticas y el crecimiento del rendimiento por encima de las contribuciones de las habilidades de dominio general."

"En particular, el conocimiento de los niños de la línea numérica matemática en primer grado no predijo las puntuaciones de Operaciones Numéricas en los primeros grados,

(por ejemplo, la atención en clase) y otras centradas en el alumno (por ejemplo, la organización del trabajo en clase) (...). Es de suponer que alguna combinación de estos tipos de factores explicaría parte de la variación en las puntuaciones de Operaciones Numéricas que no fueron explicadas por las variables cognitivas utilizadas en el presente estudio."

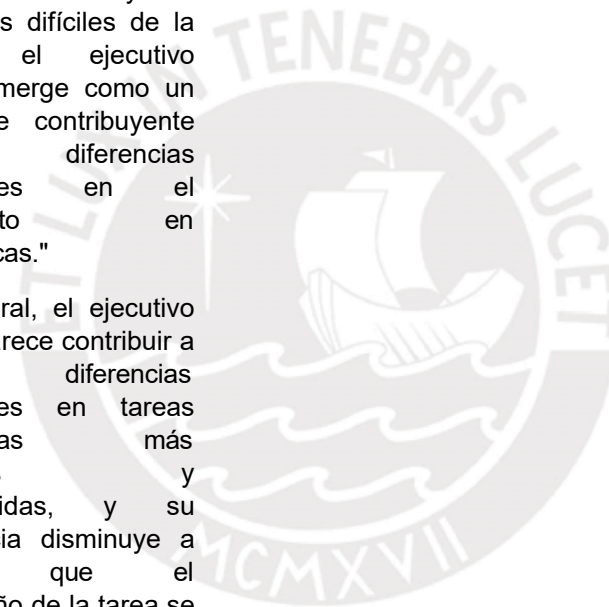
estudios anteriores..."

"Los ítems más fáciles de la prueba de Operaciones Numéricas no parecen requerir un compromiso extenso del ejecutivo central, pero con los grados sucesivos y los ítems más difíciles de la prueba, el ejecutivo central emerge como un importante contribuyente a las diferencias individuales en el rendimiento en matemáticas."

"En general, el ejecutivo central parece contribuir a las diferencias individuales en tareas académicas más complejas y desconocidas, y su importancia disminuye a medida que el desempeño de la tarea se vuelve más dependiente de los procesos automáticos basados en la memoria a largo plazo."

"El bucle fonológico fue el único que predijo la

pero este conocimiento sí predijo el rendimiento posterior."



lectura de palabras y el cuaderno de dibujo visoespacial de las matemáticas":

"El hallazgo de que el sistema de representación visoespacial predijo el rendimiento en matemáticas, pero no en lectura, manteniendo constantes otras habilidades generales del dominio, refuerza los resultados de otros estudios..."

"...la velocidad de recuperación de los nombres de los números predijo las puntuaciones en Operaciones Numéricas..."

3 Domain-specific and domain-general precursors of mathematical achievement: A longitudinal study from kindergarten to first grade

"En cuanto a los predictores de dominio general, el modelo mostró que la memoria de trabajo y la velocidad de procesamiento están relacionadas con la competencia numérica en los niños de preescolar

"Para descartar la hipótesis de la influencia directa de la memoria de trabajo sobre el rendimiento en matemáticas en el momento 3, sería necesario evaluar al mismo tiempo tanto la memoria de trabajo como

(tiempo 2) ..."

"...La memoria de trabajo y la velocidad de procesamiento son predictores distintos y significativos de la competencia numérica al final del último año de preescolar".

"Nuestro modelo demostró que la velocidad de procesamiento tiene una relación significativa con la competencia numérica al final del preescolar y también tiene una relación con el rendimiento matemático al final del primer grado (Hipótesis 3)."

"Además, el CI verbal se relacionó con el rendimiento matemático en los alumnos de primer grado".

- 4 The development of executive functions and early mathematics: A dynamic relationship
- "La actualización fue siempre un predictor significativo, pero en presencia de la actualización, la

la competencia numérica".

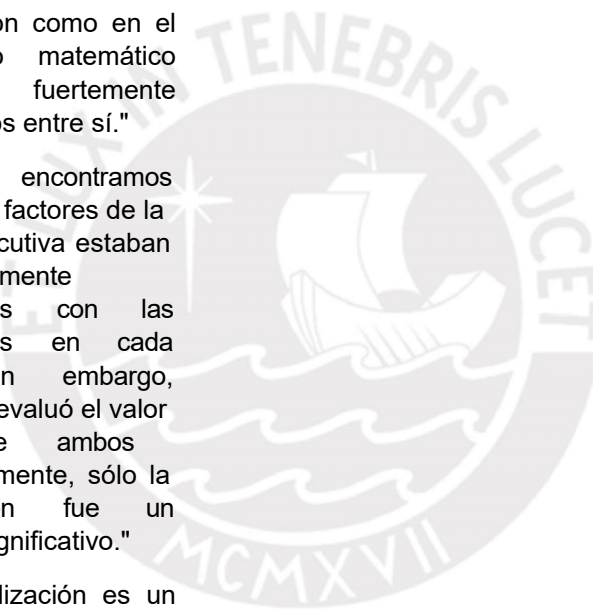
"...De acuerdo con esto, los futuros estudios longitudinales que analicen los precursores del rendimiento en matemáticas deberían considerar tanto los factores específicos del dominio como los generales para obtener una imagen más específica de este fenómeno."

inhibición/desplazamiento nunca lo fue".

"Estos resultados sugieren que tanto el nivel general del niño como el crecimiento durante los 2 años de estudio tanto en la actualización como en el rendimiento matemático estaban fuertemente relacionados entre sí."

"También encontramos que ambos factores de la función ejecutiva estaban significativamente relacionados con las matemáticas en cada onda. Sin embargo, cuando se evaluó el valor predictivo de ambos simultáneamente, sólo la actualización fue un predictor significativo."

"...la actualización es un factor importante durante el proceso de aprendizaje de las matemáticas y que la actualización y las matemáticas se influyen mutuamente. La capacidad de almacenar



y manipular la información parece un proceso vital en el aprendizaje de las matemáticas: hay que recordar la información de un problema matemático y las operaciones necesarias y almacenar los resultados parciales. La capacidad de actualización, a su vez, también podría aumentar porque los niños practican estas habilidades durante la resolución de problemas matemáticos. Es probable que los niños con menor capacidad de actualización sean más lentos y más propensos a cometer errores en sus procedimientos matemáticos, lo que les llevará a un desarrollo más lento."

- | | | |
|---|--|---|
| <p>5 Sources of individual differences in emerging competence with numeration understanding versus</p> | <p>"Cuatro habilidades cognitivas generales - razonamiento visoespacial, comprensión auditiva, memoria de trabajo en</p> | <p>"Entre todos los predictores de primer grado, los conjuntos numéricos tuvieron el mayor efecto total, la mayor parte fue mediado</p> |
|---|--|---|

multidigit calculation skill

forma de recuerdo auditivo y comportamiento atento-ejercieron efectos directos sobre la comprensión de la numeración. Cada uno de estos efectos directos fue significativo..."

"Entre los efectos directos e indirectos, el efecto total fue significativo para el razonamiento visoespacial ($\beta = .17$), la comprensión auditiva ($\beta = .11$), la memoria de trabajo en forma de recuerdo auditivo ($\beta = .17$) y el comportamiento atento ($\beta = .16$). De esta manera, las habilidades cognitivas generales jugaron un fuerte papel en el desarrollo de la comprensión numérica de tercer grado, más allá de lo que es atribuible a las formas fundacionales de la comprensión numérica."

"De estas maneras, el presente estudio indica

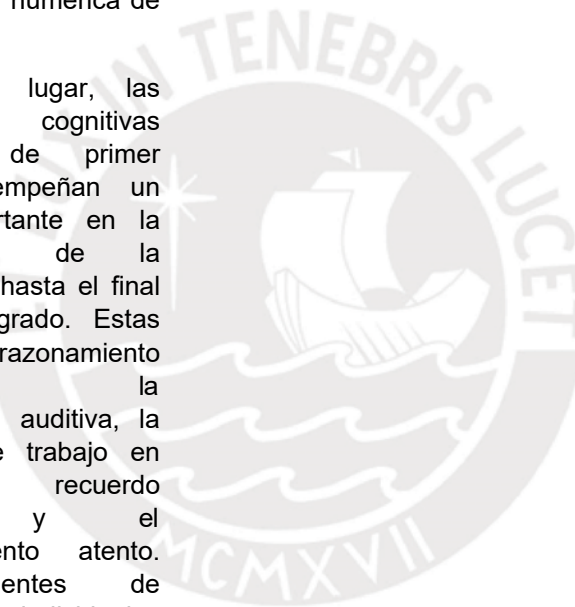
a través de los conjuntos numéricos de segundo grado, la línea numérica y la comprensión de la numeración".

"Consideramos dos tipos de cognición numérica de primer grado. La prueba de conjuntos numéricos es una medida compleja que evalúa la comprensión de números de un solo dígito (...) Las diferencias individuales en esta forma de conocimiento numérico ejercieron un efecto directo sustancial en la comprensión de la numeración ($\beta = .15$) ..."

"Este efecto directo de los conjuntos numéricos sobre la comprensión de la numeración se combinó con tres efectos indirectos significativos a través del rendimiento en matemáticas de segundo grado para producir un impresionante efecto total de .30".

que el razonamiento visoespacial, la memoria de trabajo, la comprensión auditiva y el comportamiento atento contribuyen de manera importante y única al desarrollo de la comprensión numérica de los niños."

"En primer lugar, las capacidades cognitivas generales de primer grado desempeñan un papel importante en la comprensión de la numeración hasta el final del tercer grado. Estas incluyen el razonamiento visoespacial, la comprensión auditiva, la memoria de trabajo en forma de recuerdo auditivo y el comportamiento atento. Estas fuentes de diferencias individuales son directas y mayores para la comprensión de la numeración que para los cálculos de varios dígitos,..."



6 Longitudinal development of number line estimation and mathematics performance in primary school children

"...Los problemas matemáticos (medidos por la prueba de matemáticas Cito) y la agudeza en la línea numérica mostraron relaciones bidireccionales, y un modelo bidireccional mostró un mejor ajuste que el modelo con líneas numéricas que predice las matemáticas y el modelo con matemáticas que predice las líneas numéricas."

"La relación bidireccional entre las matemáticas y la agudeza de la línea numérica también puede ser directamente responsable de la repentina caída de las colocaciones al azar después del comienzo del primer grado..."

"...el rendimiento en matemáticas es un predictor de la agudeza en la línea numérica y viceversa. Esto puede indicar que los niños no

sólo utilizan sus habilidades numéricas en el aprendizaje de la comprensión y resolución de problemas matemáticos (...), sino que también (...) desarrollan representaciones más exactas del número debido a la práctica con problemas matemáticos."

- 7 Specific early number skills mediate the association between executive functioning skills and mathematics achievement
- "...encontramos una mediación parcial, de manera que las habilidades de funcionamiento ejecutivo siguieron siendo un predictor significativo del rendimiento en matemáticas de segundo grado incluso después de introducir la identificación de conjuntos de números en el modelo".

"Cuando examinamos cada medida de habilidades de funcionamiento ejecutivo por separado en lugar de como un compuesto, encontramos que el

efecto de mediación fue ligeramente más fuerte para el modelo que utiliza el DCCS como un solo indicador de habilidades de funcionamiento ejecutivo en comparación con un modelo con la tarea Día/Noche como el indicador..."

8 Which preschool mathematics competencies are most predictive of fifth grade achievement?

9 Visual working memory and number sense: Testing the double deficit hypothesis in mathematics

"...la memoria de trabajo visual y el sentido numérico simbólico fueron predictores significativos de las puntuaciones de los niños en los hechos matemáticos".

"...la memoria de trabajo visual y el sentido numérico simbólico al inicio del jardín de infancia están relacionados con el rendimiento matemático 2 años después..."

"...la memoria de trabajo visual, y el sentido numérico simbólico fueron predictores significativos de las puntuaciones de los niños en hechos matemáticos".

"En ambos análisis, el sentido numérico simbólico parecía tener más valor explicativo..."

"El sentido numérico simbólico parece ser el predictor más fuerte para ambas áreas matemáticas (hechos

"... un examen más detallado de los resultados fue posible al clasificar subgrupos de niños que fallan en uno o ambos aspectos del sentido numérico".

"La memoria de trabajo visual y el sentido numérico (simbólico) son buenas medidas de predicción para identificar ya a los niños con riesgo de bajo rendimiento en matemáticas a los cinco años".

"...la memoria de trabajo visual y el sentido numérico simbólico al inicio del jardín de infancia están relacionados con el rendimiento matemático 2 años después"

"La memoria de trabajo visual y el sentido numérico (simbólico) son buenas medidas de predicción para identificar ya a los niños con riesgo de bajo rendimiento en matemáticas a los cinco años".

10 Girls' spatial skills and arithmetic strategies in first grade as predictors of fifth-grade analytical math reasoning

11 The importance of additive reasoning in children's mathematical achievement: A Longitudinal Study

"...la memoria de trabajo siguió siendo un predictor independiente del rendimiento matemático de T2 más allá de la influencia del rendimiento

"La segunda hipótesis de este estudio es que el razonamiento aditivo es independiente y más importante que la memoria de trabajo y la

"Dado que la capacidad de conteo no se correlacionó significativamente con la resolución de problemas matemáticos T2, es poco

"Este hallazgo aborda el primer paso del paradigma para determinar si el razonamiento aditivo es una causa potencial del

de los niños en el rendimiento matemático de T1".

"...la memoria de trabajo continuó explicando una cantidad significativa de varianza en todas las medidas de rendimiento matemático después de que se controlaran todos los demás factores. Esto sugiere que la memoria de trabajo es un factor estable que contribuye al rendimiento matemático de los niños desde el primer al segundo grado."

"...el ejecutivo central pareció ser un predictor más fuerte que el bucle fonológico y el esquema visoespacial".

"Se encontró que el componente ejecutivo central de la memoria de trabajo hizo contribuciones independientes para explicar las variaciones en el cálculo y la resolución de problemas matemáticos más allá de

capacidad de contar en el aprendizaje de las matemáticas de los niños. Esta hipótesis está fuertemente apoyada por los resultados. De acuerdo con esta hipótesis, el razonamiento aditivo contribuyó de forma independiente a explicar la varianza en el cálculo y la resolución de problemas matemáticos, más allá de los efectos de la edad, el coeficiente intelectual, la memoria de trabajo y la capacidad de conteo en ambas oleadas de evaluaciones. Los análisis de regresión mostraron que la cantidad adicional de varianza explicada por el razonamiento aditivo más allá de todos los demás factores era sustancial (cerca del 30% tanto para el cálculo como para la resolución de problemas matemáticos)."

probable que contribuya de forma única a la misma cuando también se controla el efecto de la memoria de trabajo."

"Tanto el conocimiento conceptual del conteo como el conteo procedimental no fueron predictores independientes (valores de $p > 0,05$)".

"La capacidad de contar contribuye significativamente a explicar la varianza del cálculo más allá de la influencia de la edad, el CI y la memoria de trabajo. Sin embargo, no hace una contribución única a la resolución de problemas matemáticos. El conteo procedimental no parece ser un buen predictor del rendimiento de los niños tanto en el cálculo como en la resolución de problemas matemáticos en el presente estudio. Sin embargo, el conocimiento

rendimiento matemático de los niños. Un posible proyecto de investigación en el futuro podría centrarse en la aplicación de programas de intervención destinados a mejorar el razonamiento aditivo de los niños y examinar si una mejora en el razonamiento aditivo daría lugar a un progreso significativo en el aprendizaje de las matemáticas."

los efectos de todos los demás factores."

conceptual del conteo es un predictor único del cálculo, independiente de la edad, el coeficiente intelectual y la memoria de trabajo, en ambos momentos."

- 12** Component processes in arithmetic word-problem solving and their correlates
- "El rendimiento matemático de los niños fue predicho significativamente por la construcción de frases numéricas en el tiempo 3 (...) el cálculo aritmético en el tiempo 3 (...) y en el tiempo 4 (...), y la inteligencia no verbal (...), explicándose el 53% de la varianza a través de estas variables..."

- 13** Young children's non-numerical ordering ability at the start of formal education longitudinally predicts their symbolic number skills and academic achievement in maths

"El rendimiento de la adición no simbólica fue un predictor significativo del rendimiento matemático posterior de los niños, y del crecimiento de las habilidades matemáticas formales durante el segundo año de escuela..."

"Así, aunque nuestros resultados demostraron que las habilidades tempranas de ordenamiento no numérico estaban fuertemente relacionadas con las habilidades matemáticas formales al final del primer año escolar, no está claro si las habilidades tempranas

14 Cognitive predictors of children's development in mathematics achievement: A latent growth modeling approach

"Específicamente, como se esperaba, encontramos que las capacidades de la memoria de trabajo de los niños, su puntuación de CI y sus habilidades de conteo fueron todos predictores únicos del punto de partida de los niños en el rendimiento matemático".

"...también encontramos que el CI, la memoria de trabajo visoespacial (evaluado con la Matriz Cruzada) y el componente ejecutivo de la memoria de trabajo (Word Recall Backwards), así como las habilidades de conteo (ENT-R) fueron predictores únicos del

"Sin embargo, sólo una de estas habilidades -la suma simbólica aproximada- fue un predictor único del crecimiento del desarrollo individual de los niños en el rendimiento matemático del primer al segundo grado".

de ordenamiento predijeron el crecimiento de las habilidades matemáticas formales durante el primer año escolar. Esta cuestión podría explorarse en futuros estudios".

"Hasta el momento, los resultados del presente estudio sugieren que una constelación de múltiples habilidades cognitivas de dominio general y de dominio específico deberían utilizarse como herramientas de cribado para identificar a los niños con riesgo de tener dificultades en matemáticas."

"En particular, la suma simbólica aproximada también puede ser un indicador del ritmo de crecimiento de un niño en matemáticas. Además, los estudios futuros deberían examinar si el entrenamiento de las habilidades de adición simbólica aproximada de

estado inicial de los niños en el rendimiento matemático."

los niños -en forma de "a+b vs. c"; "¿Cuál es más grande?"- podría mejorar la tasa de crecimiento de un niño en el rendimiento matemático."

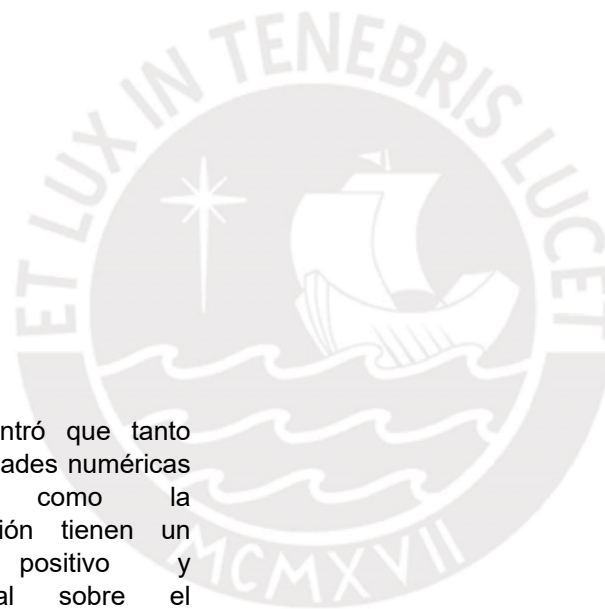
"Sería interesante para futuras investigaciones seguir el crecimiento de los niños hasta el final de la escuela primaria para identificar los factores cognitivos que contribuyen a su crecimiento a lo largo de toda la etapa de desarrollo de los años de la escuela primaria."

15 The relationbetween executive functions, fine motor skills, and basic numerical skills and their relevance for later mathematics achievement

"Se encontró que tanto las habilidades numéricas básicas como la actualización tienen un efecto positivo y longitudinal sobre el rendimiento en matemáticas en segundo grado".

"En conclusión, el presente estudio documenta dos fuertes

"Las investigaciones futuras deberían considerar tres puntos de medición -en los que se administran medidas de motricidad fina y de funciones ejecutivas, en el primer punto temporal, habilidades numéricas básicas en el segundo y logros matemáticos en el tercero- para estimar los modelos de mediación



predictores del rendimiento matemático posterior, a saber, la actualización y las habilidades numéricas básicas".

longitudinal de forma más estricta. Por otra parte, si se hubieran utilizado otras tareas o se hubieran medido a una edad diferente, la estructura factorial de las funciones ejecutivas podría haber sido diferente y, con ello, todo el modelo de ecuaciones estructurales podría haber cambiado".

16 Predicting third-grade mathematics achievement: A longitudinal investigation of the role of early numeracy skills

"...descubrimos que la tarea de Secuencia Numérica -que medía la capacidad de conteo de los estudiantes y la comprensión de la recta numérica mental- explicaba la variación significativa de las puntuaciones del MCA-III en tres de las cuatro vertientes".

"La vertiente de Números y Operaciones se explicaba mejor por las habilidades tempranas de componer y descomponer numerales y conjuntos (Descomposición), la comprensión de la recta

"...La identificación numérica y la adición verbal no fueron predictores significativos para ninguna de las ramas de las matemáticas. Esto fue sorprendente, ya que se trata de habilidades en las que a menudo se hace hincapié en la enseñanza temprana y que también se utilizan como indicadores de habilidades académicas. Es posible que en la primavera de primer grado estas habilidades fueran dominadas por muchos estudiantes; sin embargo, al examinar las

"También se justifica la realización de más investigaciones relacionadas con la influencia del rendimiento en lectura sobre el rendimiento en matemáticas a lo largo de los grados. Los estudios longitudinales del rendimiento en matemáticas que sólo consideran las matemáticas sin controlar el rendimiento en lectura pueden proporcionar resultados sesgados de los predictores significativos del rendimiento en

numérica mental estadísticas descriptivas matemáticas..."
(Secuencia Numérica) y la variabilidad no parece ser una preocupación."
de las operaciones de sustracción (Sustracción Verbal)."

"Específicamente, la Descomposición y la Secuencia Numérica pueden ser medidas preferibles en esta etapa del desarrollo de las matemáticas, porque ambas fueron predictores significativos de dos o más vertientes o dominios matemáticos posteriores"

"La investigación futura puede considerar la continuación de los estudios longitudinales en grados posteriores para determinar la importancia de las habilidades matemáticas tempranas para el rendimiento posterior más allá de las matemáticas generales."

"La investigación futura puede beneficiarse de estudios con tamaños de muestra más grandes que permitirían un mayor número de grupos que pueden representar la dificultad con las matemáticas. Un tamaño de muestra más grande también beneficiaría a la investigación futura, ya que los resultados podrían prestarse mejor a la generalización a través de más entornos y estudiantes diversos."

- 17 A longitudinal study of spatial skills and number sense development in

elementary school children

- 18** Number knowledge and the approximate number system are two critical foundations for early arithmetic development

"Mientras que todos los predictores (con la excepción de la gnosis de los dedos) mostraron correlaciones de moderadas a fuertes entre sí y con las habilidades aritméticas posteriores, sólo el conocimiento de los números y la discriminación de la numerosidad no simbólica capturaron una varianza única en el rendimiento aritmético que no fue explicada por ningún otro predictor en nuestro modelo":

"El hallazgo de que el conocimiento de los números es un fuerte predictor longitudinal de la habilidad aritmética temprana replica una serie de estudios anteriores..."

"Nuestros resultados sugieren que el

"No obstante, conviene reconocer que el nivel o el tipo de instrucción que los niños reciben en casa o en la escuela también han demostrado influir en el desarrollo matemático (...). No recogimos información sobre la instrucción en el aula, ya que todas las escuelas participantes seguían el mismo plan de estudios (...)"

conocimiento de los dígitos arábigos al entrar en la escuela es importante para el desarrollo de las habilidades aritméticas posteriores..."

"Aquí, como se predijo, encontramos evidencia de que la capacidad de hacer juicios de numerosidad es un predictor longitudinal del constructo más estrecho de la aritmética. (...)esta relación siguió siendo significativa incluso después de controlar el conocimiento de los números y otros predictores putativos."

"Es notable que la discriminación de la numerosidad no simbólica siguió siendo un predictor significativo de la aritmética después de controlar otros correlatos conocidos, incluyendo la EF."

"Encontramos que tanto

el conocimiento de los números como la discriminación de la numerosidad no simbólica evaluados al entrar en la escuela predicen la capacidad aritmética de los niños un año después."

"...encontramos que el conocimiento de los números arábigos es un predictor del desarrollo aritmético temprano. También encontramos evidencias en este periodo de desarrollo temprano de que las variaciones en la eficiencia del sistema numérico aproximado (según las tareas de discriminación de la numerosidad no simbólica) eran un importante predictor del desarrollo aritmético posterior.(...) Creemos que una diferencia crítica entre estos estudios y el nuestro es la edad temprana a la que evaluamos el sistema

numérico aproximado."

- 19 Kindergarten domain- "El modelo explicó el 29%
specific and domain- (R2 =.290) de la variación
general cognitive en aritmética avanzada
precursors of de tercer grado. La
hierarchical mathematical aritmética del jardín de
development a infancia ($\beta=0,202$,
longitudinal study p<0,009), el razonamiento
lógico no verbal ($\beta=0,174$,
p=0,007) y el
conocimiento de las
secuencias de conteo
($\beta=0,163$, p=0,027) se
asociaron directamente
con la aritmética del
tercer grado. El modelo
explicó el 45% (R2 =
0,448) de la varianza en
las matemáticas
avanzadas del sexto
grado. La aritmética de
tercer grado ($\beta = .421$, p
<.001), el razonamiento
lógico no verbal ($\beta=.141$,
p =.009) y la comparación
de dígitos ($\beta= -.117$, p
=.018) se asociaron
directamente con las
matemáticas de sexto
grado".

- 20 Kindergarteners'
symbolic number

abilities predict
nonsymbolic number
abilities and math
achievement in grade 1

