

Relación entre habilidades matemáticas simbólicas y no simbólicas en niños: Un metaanálisis

Gómez Muiño, Brenda Magalí^a; Formoso, Jesica^b & Ortiz, Sofía Soledad^b

Artículo de Revisión

Resumen

Abstract

Tabla de Contenido

Numerosos estudios han concluido que el sistema numérico aproximado (SNA) asiste a aspectos del entendimiento emergente de los componentes simbólicos matemáticos, propios del sistema numérico simbólico (SNS). El propósito del presente trabajo fue examinar la intensidad de la asociación entre las habilidades matemáticas que tienen origen en el SNA y aquellas vinculadas al SNS en niños neurotípicos de 2 a 13 años de edad. A su vez, se buscó identificar posibles moderadores de esta asociación mediante la realización de un metaanálisis. Los resultados obtenidos indican una fuerza de asociación de intensidad baja a moderada entre las habilidades numéricas simbólicas y no simbólicas. Esta correlación no resultó impactada por el efecto de la edad, del idioma de los participantes, ni del tipo de tarea utilizada para evaluar las habilidades matemáticas simbólicas.

Symbolic and Non-Symbolic Math Ability in Children: A meta-analysis. Numerous studies have concluded that the approximate number system (ANS) plays a key role in the emerging understanding of math's symbolic components, which are related to the symbolic number system (SNS). This study aimed to examine the intensity of the association between mathematical abilities that originate from the ANS and those linked to the SNS in neurotypical children aged 2 to 13. It was also sought to identify possible moderators of this association through a meta-analysis. The results indicate a low to moderate correlation between symbolic and non-symbolic number skills. This association was not impacted by the effect of age or language of the children nor the type of symbolic task used to evaluate their symbolic math skills.

Introducción	1
Metodología	3
Resultados	6
Discusión	9
Referencias	10

Palabras clave:

cognición numérica, sistema numérico aproximado, sistema numérico simbólico, metaanálisis.

Keywords:

numerical cognition, approximate number system, symbolic number system, meta-analysis.

Recibido el 15 de julio de 2024; Aceptado el 11 de abril de 2025

Editaron este artículo: Federico Bermejo, Leticia Sarli, Sebastián Miranda y Florencia Assalone.

Los humanos tenemos un conocimiento intuitivo de lo que una cantidad representa, el cual nos permite estimar cantidades de forma aproximada y sin contabilizar cada elemento de modo individual, así como discriminar magnitudes o manipular grandes cantidades numéricas prescindiendo del uso del lenguaje o símbolos (Feigenson et al., 2004). Esta habilidad se encuentra presente desde el nacimiento (Gordon, 2004; Izard et al., 2009; Pica et al., 2004; Xu & Spelke, 2000) y es compartida con una amplia gama de especies animales (Dehaene et al., 1998,

Lyons & Ansari, 2015).

La teoría predominante actualmente sugiere que esta habilidad innata depende del sistema numérico aproximado, el cual permite la representación espontánea del valor cardinal de conjuntos de objetos (Piazza & Eger, 2016). Este número estimado e impreciso de entidades discretas en un conjunto es denominado "numerosidad" (Spelke, 2017). Siguiendo la ley de Weber, el margen de discriminación incrementa linealmente con la numerosidad (Dehaene, 2003; Dietrich et al., 2015). Esto implica que los números

^a Universidad de Buenos Aires, Facultad de Psicología, Instituto de Investigaciones en Psicología, Buenos Aires, Argentina.

^b Centro Interdisciplinario de Investigaciones en Psicología Matemática y Experimental "Dr. Horacio J.A. Rimoldi" (CIIPME-CONICET), Buenos Aires, Argentina.

Enviar correspondencia a: Gómez Muiño, B. M. E-mail: brendagomezmuino@gmail.com

Citar este artículo como: Gómez Muiño, B. M., Formoso, J., & Ortiz, S. S. (2026). Relación entre habilidades matemáticas simbólicas y no simbólicas en niños: Un metaanálisis. *Revista Argentina de Ciencias del Comportamiento*, 18(1), 1-12



estarían representados cognitivamente en una línea numérica mental, donde las representaciones numéricas muestran una superposición que disminuye en función de la razón entre las mismas (Lyons & Ansari, 2015).

Sin embargo, a diferencia de otros animales, los humanos también adquieren un sistema numérico simbólico exacto especializado para representar magnitudes precisas, conocido como sistema numérico simbólico (Dietrich et al., 2015; Wagner & Johnson, 2011). Los números arábigos (dígitos del 0 al 9) comienzan a ser reconocidos y manipulados alrededor de los 4 años. Estos dígitos serían puestos en relación con una representación numérica aproximada preexistente por medio de un proceso de *mapping* o mapeo, una asociación de dichos símbolos a sus magnitudes análogas no simbólicas (Caviola et al., 2020; Hutchison et al., 2020; Schwenk et al., 2017). Así, el sistema numérico aproximado (SNA) asistiría a aspectos del entendimiento emergente de los componentes simbólicos matemáticos, propios del sistema numérico simbólico (SNS). En otras palabras, el SNA sería fundacional del conocimiento simbólico desde la infancia temprana.

Diferentes investigaciones han estudiado esta proposición, buscando establecer el grado de correlación entre tareas matemáticas simbólicas relativas al SNS y tareas no simbólicas como medida del SNA. Las tareas para evaluar el sistema numérico no simbólico son en general tareas de estimación o discriminación de puntos, donde se presentan dos (o más) conjuntos de puntos que deben ser comparados o sumados/sustraídos. Cuando se trata de una comparación, la instrucción dada a los sujetos es la de indicar cuál de los dos conjuntos presentados es mayor (Dietrich et al., 2015).

Por el contrario, las tareas utilizadas para evaluar las habilidades numéricas simbólicas suelen ser más variadas. Entre ellas se encuentran el *Give-a-number* o *Give-N task*, la tarea *How-Many?*, la comparación de números arábigos y la tarea de línea numérica, siendo estas dos últimas aquellas utilizadas con mayor frecuencia (Mou et al., 2023; Sasanguie & Vos, 2018). Para la comparación de números arábigos, se presentan al sujeto dos dígitos que debe comparar entre sí, siguiendo la misma lógica que la versión no simbólica de esta tarea. En cuanto a la tarea de línea numérica, la misma requiere que los participantes indiquen dónde ubicarían un número

arábigo dado en una línea numérica continua, con las cifras 0 y 100 o 0 y 1000 siendo sus extremos (Yuan et al., 2020).

En relación con la posible asociación entre los sistemas numéricos desarrollados, diversos estudios plantean al SNA como facilitador (Chu et al., 2015) y como predictor (Shusterman et al., 2016; vanMarle et al., 2018) de la adquisición de la cardinalidad, característica fundamental del conocimiento numérico simbólico. La relevancia de estos resultados radica en que el SNA funcionaría como capacitador del aprendizaje aritmético temprano, e intervenciones realizadas en este sistema mejorarían el desempeño en ejercicios matemáticos simbólicos en infantes (Odic & Starr, 2018). Investigaciones que describen una mejora de las habilidades matemáticas simbólicas a partir de un entrenamiento del SNA (e.g., Geary & vanMarle, 2016; Wang et al., 2020) reflejan esta teoría.

Asimismo, existen estudios empíricos con niños de 3 a 12 años que sugieren que las habilidades numéricas simbólicas serían capaces de predecir el crecimiento del procesamiento no simbólico, siendo el SNS fomentador de la evolución del SNA en este caso (e.g., Lyons et al., 2014; Matejko & Ansari, 2016; Mussolin et al., 2014; Yuan et al., 2020) y proponiendo así una doble direccionalidad de la relación SNA-SNS.

Otras investigaciones, sin embargo, no han encontrado una correlación entre ambos sistemas. Los resultados de Ouyang et al. (2021) y Sasanguie et al. (2014) muestran una falta de relación significativa entre el rendimiento en tareas de comparación numérica simbólica y tareas no simbólicas en niños. En esta misma línea, varios estudios han concluido que el desempeño en tareas que competen al SNS no se ve afectado por el entrenamiento en habilidades matemáticas no simbólicas (e.g., Matejko & Ansari, 2016; Sullivan et al., 2016).

Negen y Sarnecka (2015) argumentan que la correlación encontrada por diversos estudios entre el conocimiento simbólico y la precisión del SNA en niños no es válida, ya que las tareas de aproximación basadas en la discriminación de conjuntos de puntos pueden ser realizadas exitosamente utilizando criterios distintos a la numerosidad. Particularmente, sostienen que los niños realizan las tareas de conjuntos de puntos basándose en el tamaño de los puntos y no en su magnitud. Además, argumentan que los niños más

jóvenes no poseen el conocimiento numérico necesario para comprender las instrucciones de la tarea (por ejemplo, lo que la frase “más puntos” significa numéricamente hablando). Cualquier correlación encontrada entre el sistema numérico aproximado y el sistema numérico simbólico por medio de estas medidas no sería relevante debido a la falta de precisión de los diseños experimentales empleados.

La existencia y/o direccionalidad de una relación entre el SNA y SNS, por lo tanto, aún se encuentra en debate. En esta misma línea, el motivo del presente estudio es examinar la intensidad de la asociación entre habilidades matemáticas no simbólicas asociadas al sistema numérico aproximado y habilidades matemáticas simbólicas en niños. Se propuso, a su vez, identificar posibles moderadores de esta asociación, como la edad y el idioma de los participantes y el tipo de tarea simbólica empleada.

Metodología

Se revisó la literatura publicada en búsqueda de estudios que evaluaran habilidades matemáticas simbólicas y no simbólicas en niños de entre 2 y 13 años siguiendo las pautas del reporte de la declaración PRISMA (Page et al., 2021). Para ello, se realizó una búsqueda sistemática en las bases de datos APA-Psycnet, Wiley, PubMed y Scielo de publicaciones realizadas entre 2012 y 2022. Se utilizaron combinaciones de términos asociados a las habilidades de aproximación, como sistema numérico aproximado y línea numérica mental, al igual que sus respectivas traducciones al inglés (*approximate number system* y *mental number line*), y términos relativos a las habilidades simbólicas, como sistema numérico simbólico y números arábigos, nuevamente tanto en español como en inglés (*symbolic number system* y *arabic numerals*). Además, fueron revisados los estudios incluidos en los metaanálisis recolectados en esta búsqueda.

Para la incorporación de los estudios en el análisis, se requirió que los artículos incluyeran:

(1) Participantes de entre 2 y 13 años de edad, sin alteraciones cognitivas o sensoriales ni de nacimiento pretérmino.

(2) Al menos una tarea de discriminación o estimación de cantidades no simbólicas y una tarea asociada al conocimiento del sistema numérico arábigo.

(3) Al menos un coeficiente de correlación entre una medida de habilidades numéricas simbólicas y una medida de habilidades numéricas no simbólicas.

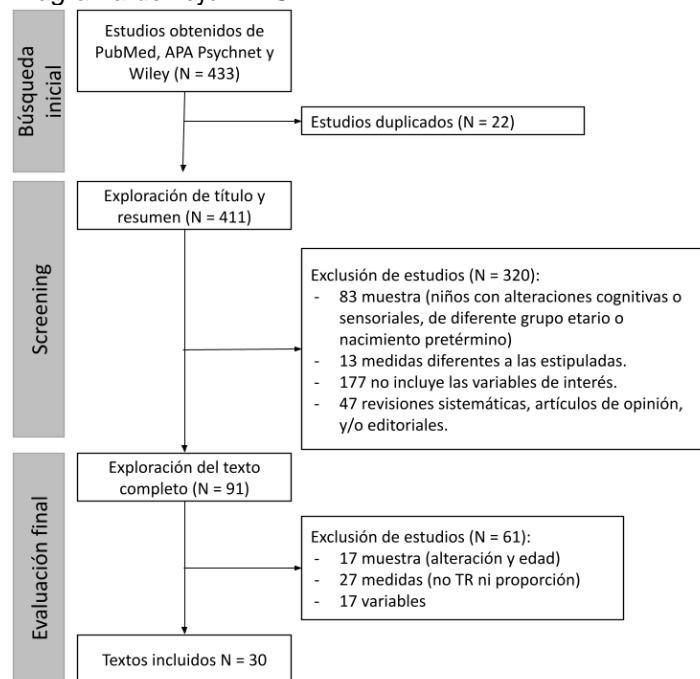
La Figura 1 presenta un resumen del proceso de screening y selección de los 433 registros iniciales obtenidos. En total, 30 artículos cumplieron con los criterios de inclusión presentados. Una descripción de los mismos puede encontrarse de forma resumida en la Tabla 1.

Análisis de datos

Para el presente metaanálisis, se recopilaron los coeficientes de correlación reportados por todos los estudios incluidos. Dado que algunos coeficientes eran negativos debido a las diferentes medidas utilizadas (tiempos de reacción, puntajes, proporción de respuestas correctas, entre otras), se utilizó el valor absoluto de los mismos para

Figura 1.

Diagrama de flujo PRISMA



Nota. Se consideraron como “variables” aquellos artículos donde no se evalúa el vínculo entre SNA y SNS, así como aquellos donde no hay al menos una tarea de procesamiento de información numérica simbólica y al menos una tarea de comparación de magnitud numérica no simbólica, o se centran en el estudio de habilidades cognitivas no vinculadas a los objetivos de este estudio.

Tabla 1.*Características de los estudios incluidos en los análisis*

Autores	N	Edad media (en meses)	Tareas que evalúan habilidades numéricas no simbólicas	Medidas	Tareas que evalúan habilidades numéricas simbólicas	Medidas
Anobile et al. (2018)	105	108	Discriminación de conjuntos de puntos presentados simultáneamente (dos sesiones de 35 ensayos)	Fracción de Weber	Elección de cifra más grande entre tres numerales arábigos (uno a cinco dígitos, 36 ensayos) Ubicar cifras en una secuencia (uno a seis dígitos, 18 ensayos)	Puntaje
Bartelet et al. (2014)	209	71.8	Discriminación de conjuntos de puntos presentados simultáneamente (64 ensayos) y estimación de conjuntos de puntos (67 ensayos)	Tiempo de reacción	Elección de cifra más grande entre dos numerales arábigos (32 ensayos) y enumeración en voz alta de conjuntos de entre 1 y 9 puntos (32 ensayos)	Tiempo de reacción
Bull et al. (2021)	215	74.5	Discriminación de conjuntos de puntos presentados simultáneamente (100 ensayos)	Proporción de respuestas correctas	Línea numérica (números de 0 a 100, 26 ensayos)	Proporción de errores
Cai et al. (2018)	100	66.5	Discriminación de conjuntos de puntos presentados simultáneamente (24 ensayos)	Proporción de respuestas correctas	Línea numérica (números de 0 a 100, 26 ensayos)	Puntaje
Fazio et al. (2014)	53	128.6	Discriminación de conjuntos de puntos presentados simultáneamente (186 ensayos)	Tiempo de reacción Fracción de Weber	Elección de cifra más grande entre dos numerales arábigos (números de 5 a 21, 40 ensayos)	Tiempo de reacción
Formoso et al. (2018)	207	53	Discriminación de conjuntos de puntos presentados simultáneamente (16 ensayos)	Puntaje	Reconocimiento de numerales arábigos (9 ensayos) y línea numérica (10 ensayos)	Puntaje
Geary & vanMarle (2016)	197	46	Panamath Version 1.21 (Halberda et al., 2008)	Proporción de respuestas correctas	Enumeración en voz alta de 20 ítems presentados, señalándolos uno por uno	Puntaje
Hornung et al. (2014)	165	74.8	Conteo de conjuntos de puntos presentados simultáneamente (22 ensayos)	Puntaje	Elección de cifra más grande entre dos numerales arábigos (uno a dos dígitos, 7 ensayos)	Puntaje
Hutchison et al. (2020)	540	62	Discriminación de conjuntos de puntos presentados simultáneamente (mayor cantidad posible en 2 minutos)	Puntaje	Elección de cifra más grande entre dos numerales arábigos (mayor cantidad posible en 2 minutos)	Puntaje
Jordan et al. (2013)	357	105.9	Panamath Version 1.21 (Halberda et al., 2008)	Proporción de errores	Línea numérica (números de 0 a 1000, 22 ensayos)	Proporción de respuestas correctas
Lau et al. (2021)	622	62	Discriminación de conjuntos de puntos presentados simultáneamente	Puntaje	Elección de cifra más grande entre dos numerales arábigos (números de 1 a 9, 72 ensayos)	Puntaje
Liu (2018)	40	122	Panamath Version 1.21 (Halberda et al., 2008)	Tiempo de reacción Fracción de Weber	Línea numérica (fracciones de 0 a 1, 20 ensayos)	Proporción de errores
Lonnemann et al. (2013)	67	87	Discriminación de conjuntos de puntos presentados simultáneamente (8 ensayos)	Tiempo de reacción Fracción de Weber	Subtest de adición del Diagnostisches Inventar zu Rechenfertigkeiten im Grundschulalter (DIRG) (Grube et al., 2010)	Puntaje
Lyons et al. (2014)	139 1	108	Discriminación de conjuntos de puntos presentados simultáneamente (64 ensayos)	Tiempo de reacción Proporción de errores	Elección de cifra más grande entre dos numerales arábigos (62 ensayos)	Tiempo de reacción Proporción de errores
Malone et al. (2021)	522	69.6	Discriminación de conjuntos de puntos presentados simultáneamente (108 ensayos)	Puntaje	Reconocer numerales arábigos impresos (14 ensayos)	Puntaje

Continuación Tabla 1.

Matejko & Ansari (2016)	30	76.2	Discriminación de conjuntos de puntos presentados simultáneamente (56 ensayos)	Proporción de respuestas correctas	Elección de cifra más grande entre dos numerales arábigos (números de 1 a 9, 56 ensayos)	Proporción de respuestas correctas
Mou et al. (2023)	216	46.3	Discriminación de conjuntos de puntos presentados simultáneamente (64 ensayos)	Proporción de respuestas correctas	Versiones digitales de tareas Give-N y How Many? (Mou et al., 2021)	Proporción de respuestas correctas
Mussolin et al. (2014)	57	48	Discriminación de conjuntos de puntos presentados simultáneamente (14 ensayos)	Proporción de respuestas correctas	Conteo en voz alta hasta sesenta	Puntaje
Negen & Sarnecka (2015)	46	51.6	Discriminación de conjuntos de puntos presentados simultáneamente (60 ensayos)	Proporción de respuestas correctas	Tarea Give-N con 15 elementos	Puntaje
O'Connor et al. (2018)	87	74	Adición estimada de dos conjuntos de puntos y comparación con un tercer conjunto (24 ensayos)	Puntaje	Determinar si cifra presentada (entre 1 a 4 o 6 a 9) es mayor o menor que cinco (24 ensayos)	Puntaje
O'Connor et al. (2019)	87	59	Adición de conjuntos de puntos presentados simultáneamente (24 ensayos)	Puntaje	Conteo en voz alta hasta cincuenta	Puntaje
Odic et al. (2016)	244	87.1	Panamath Version 1.21 (Halberda & Ly, 2015)	Proporción de respuestas correctas	Elección de cifra más grande entre dos numerales arábigos (números de 1 a 21, mayor cantidad posible en 4 minutos)	Puntaje
Ouyang et al. (2021)	138	59.7	Panamath Version 1.21 (Halberda et al., 2008)	Proporción de respuestas correctas	Línea numérica (números de 0 a 100, 24 ensayos)	Proporción de errores
Praet et al. (2013)	63	68.2	Discriminación de conjuntos de puntos presentados simultáneamente (mayor cantidad posible en 10 minutos)	Proporción de errores	Línea numérica (números de 0 a 100, 27 ensayos)	Proporción de respuestas correctas
Sasanguie et al. (2012)	118	94.4	Discriminación de conjuntos de puntos presentados simultáneamente (50 ensayos)	Tiempo de reacción	Elección de cifra más grande entre dos numerales arábigos (números entre 1 a 9, 50 ensayos)	Tiempo de reacción
Sasanguie et al. (2013)	71	91.5	Discriminación de conjuntos de puntos presentados simultáneamente (140 ensayos)	Proporción de respuestas correctas	Elección de cifra más grande entre dos numerales arábigos (números entre 1 a 9, 60 ensayos)	Tiempo de reacción
Sasanguie et al. (2014)	43	65	Discriminación de conjuntos de puntos presentados simultáneamente (40 ensayos)	Proporción de respuestas correctas	Elección de cifra más grande entre dos numerales arábigos (números entre 1 a 9, 48 ensayos)	Proporción de respuestas correctas
Vanbinst et al. (2012)	49	116	Discriminación de conjuntos de puntos presentados simultáneamente (72 ensayos)	Efecto de distancia	Elección de cifra más grande entre dos numerales arábigos (números de 1 a 9, 72 ensayos)	Efecto de distancia
Wang et al. (2020)	40	63	Discriminación de conjuntos de puntos presentados simultáneamente (30 ensayos)	Proporción de respuestas correctas	18 ítems seleccionados de los subtest Numeración (9), Comparación de Numerales (3), Cálculo (3), y Alfabetización Numérica (3) del Test of Early Mathematics Ability (TEMA-3) (Ginsburg & Baroody, 2003)	Proporción de respuestas correctas
Yuan et al. (2020)	90	64	Discriminación de conjuntos de puntos presentados simultáneamente	Proporción de errores	Línea numérica (números de 0 a 1000, 18 ensayos)	Proporción de errores

estandarizar las direcciones de los efectos. Posteriormente, los coeficientes de correlación se transformaron utilizando la transformación z de Fisher. Esta transformación estabiliza la varianza de los coeficientes de correlación y los hace más adecuados para el análisis estadístico.

Siendo que algunos estudios reportaron más de un coeficiente resultando en tamaños del efecto dependientes, ya sea porque incluyeron diferentes grupos de edad o porque evaluaron distintas medidas de habilidades matemáticas, se ajustó un modelo de efectos aleatorios multinivel. Este modelo considera la variabilidad entre estudios y dentro de los estudios, permitiendo la estimación de varianza a diferentes niveles (tamaños de efecto y estudios). Para la estimación de los parámetros se empleó el método de máxima verosimilitud restringida. Se utilizó el paquete Metafor en R (Viechtbauer, 2010) para el análisis de datos. Como medidas de heterogeneidad, se reportaron la prueba Q de Cochran y el estadístico I^2 (Higgins et al., 2003). Por último, se exploraron tres posibles moderadores: la edad media de los participantes, el idioma en que se administraron las pruebas y las tareas utilizadas para evaluar el sistema numérico simbólico. Para ello, se ajustaron modelos multinivel incorporando cada una de estas variables como predictoras, y se compararon con el modelo sin moderadores mediante pruebas F , equivalentes a análisis de la varianza (ANOVA) en este contexto. Este procedimiento permite evaluar si la inclusión de cada moderador explica una porción significativa de la heterogeneidad residual entre los tamaños del efecto.

Resultados

El estudio incluyó 30 estudios con 41 coeficientes de correlación que representan a 6.161 participantes, de entre 32 y 132 meses de edad (2 y 11 años, respectivamente), con una media ponderada de 74.56 meses de edad ($DE = 15.05$). En las Figuras 2, 3 y 4 puede observarse la distribución de los artículos según año de publicación, idioma de los participantes y tipo de tarea utilizada para evaluar el sistema numérico simbólico respectivamente.

Se ajustó un modelo general con efectos aleatorios por estudio y por tamaño del efecto. Los resultados obtenidos muestran una asociación positiva significativa entre las habilidades matemáticas simbólicas y no simbólicas de intensidad entre baja y moderada, con un valor de 0.36 ($z = .38$, $t_{(40)} = 9.51$, $p < .001$), un error estándar de .04 y un intervalo de confianza de entre .29 y .43 (Figura 5). Para evaluar si anidar los

Figura 2.

Cantidad de artículos por año de publicación

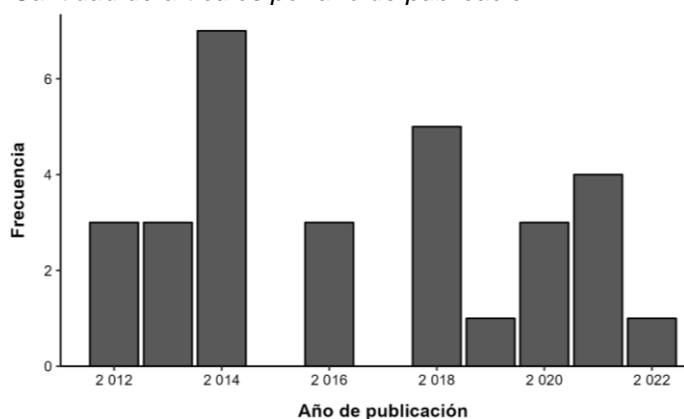


Figura 3.

Cantidad de artículos publicados según el idioma de los participantes

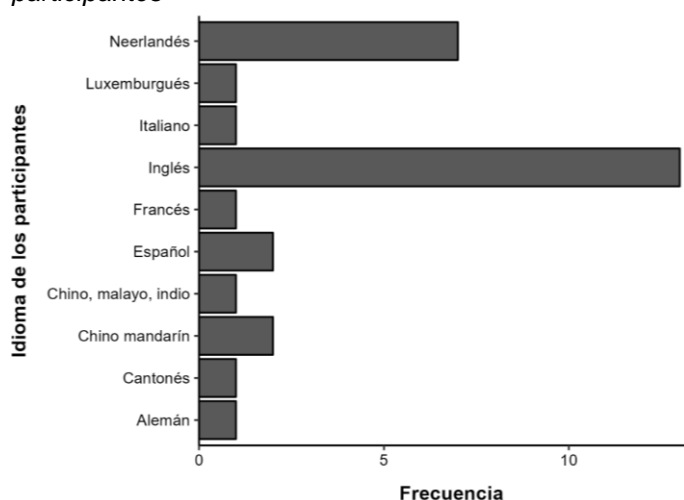
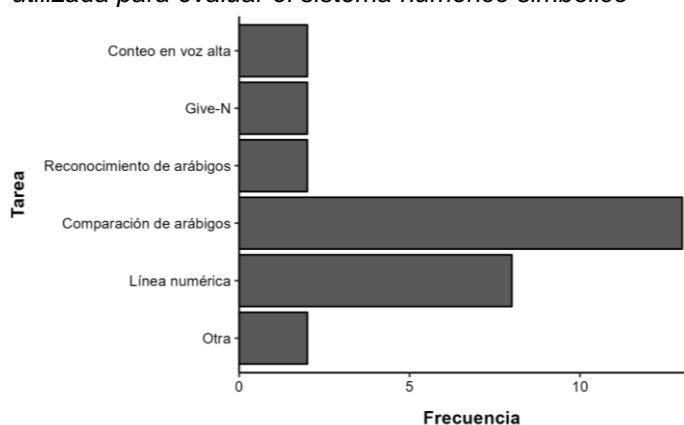


Figura 4.

Cantidad de artículos publicados según el tipo de tarea utilizada para evaluar el sistema numérico simbólico



efectos dentro de cada estudio mejora el ajuste del modelo, se ajustó un modelo reducido y se comparó con el general. El test de cociente de verosimilitud muestra que los modelos difieren significativamente ($\chi^2 = 4.51$, $p = .03$), a favor del modelo completo que arroja un criterio de información de Akaike (AIC) y un criterio de

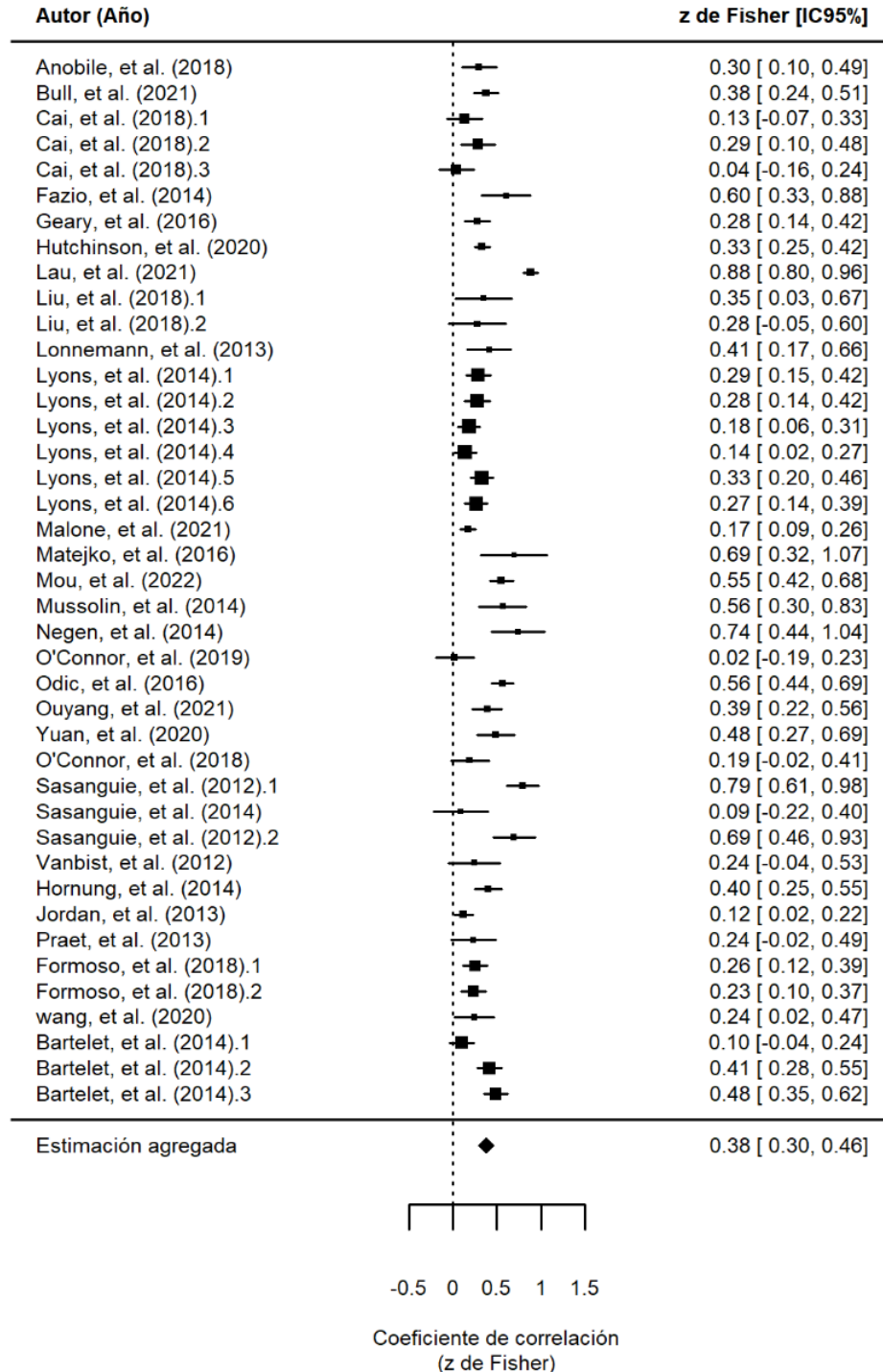
información bayesiano (BIC) menores que el modelo reducido.

Por su parte, la prueba de heterogeneidad revela una variación significativa entre todos los tamaños de efecto ($Q_{(36)} = 333.45$, $p < .001$). Observamos que el porcentaje de varianza total atribuible al error de muestreo en el nivel 1 es del 13.1%. La heterogeneidad dentro de los estudios es apenas mayor (19.2%), mientras que el

porcentaje más grande corresponde a la heterogeneidad entre estudios (67.7%). Esto sugiere que las diferencias entre los tamaños de efecto observadas entre los estudios pueden atribuirse principalmente a las variaciones entre los estudios, más que a las diferencias dentro de los estudios. La heterogeneidad entre los distintos estudios da lugar a examinar variables que puedan explicar estas diferencias.

Figura 5.

Forest plot con los coeficientes z de Fisher para cada estudio incluido en el análisis



En relación con la prueba global del efecto de la edad como potencial moderador, esta muestra que la asociación entre las habilidades simbólicas y no simbólicas no es moderada por la variable considerada ($F_{(1, 39)} = .13, p = .72$). En el caso del idioma, debido al tamaño reducido de la muestra y la alta variabilidad de idiomas presentes, se decidió agruparlos en tres categorías principales según sus familias lingüísticas:

- Lenguas indoeuropeas germánicas (alemán, inglés, neerlandés y luxemburgués)
- Lenguas indoeuropeas romances (francés, español e italiano)
- Lenguas sinotibetanas (chino, mandarín y cantonés)

Se convirtió esta variable a dos variables *dummies* (Lenguas romances y Lenguas sinotibetanas) y se volvió a ajustar el modelo multinivel, incluyendo las nuevas variables como potenciales moderadores del vínculo entre habilidades matemáticas simbólicas y no simbólicas, dejando a las lenguas germánicas como nivel de referencia. La prueba global del efecto del idioma muestra que este no modera la relación ($F_{(2, 38)} = .33, p = .72$).

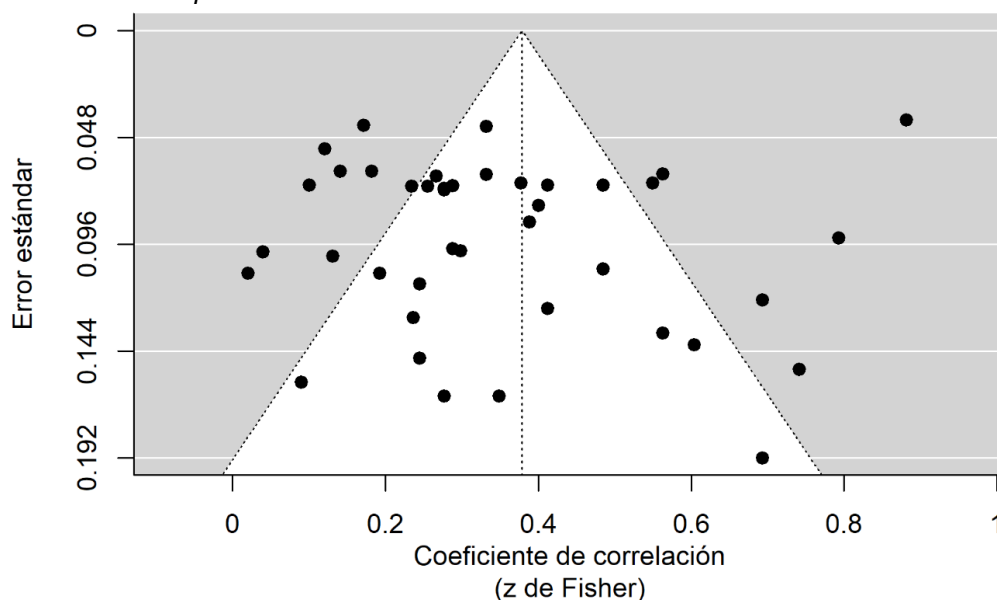
Por último, en torno al tipo de tarea simbólica, los estudios fueron agrupados en dos categorías: Línea numérica y Comparación de numerales arábigos. Debieron ser descartados de este análisis aquellas investigaciones que contaran con tareas muy diversas, que no podían ser agrupados debido a sus índices compuestos, o que no podían ser analizados por la cantidad de muestra. Se

convirtió esta variable a una variable *dummy* (Línea numérica) y se volvió a ajustar el modelo multinivel con dicha variable como potencial moderador, siendo la comparación de numerales arábigos el nivel de referencia. Si bien la prueba global del efecto de la tarea sobre la intensidad de la asociación entre las habilidades matemáticas simbólicas y no simbólicas no fue significativa ($F_{(1, 29)} = 3.49, p = .07$), al analizar los coeficientes pudo observarse que la asociación entre la comparación de arábigos y la estimación de cantidades no simbólicas es de una mayor intensidad ($r = .43$) que entre la estimación y la tarea línea numérica ($r = .28$).

Finalmente, se utilizaron el gráfico de embudo (Figura 6) y la curva de p valores (Figura 7) para evaluar la solidez de la evidencia descrita y posibles sesgos. En relación con el primero, el análisis muestra gran variabilidad en la estimación, pero la dispersión de los tamaños de efecto reportados es simétrica y se concluye que no hay evidencia de efecto de estudios pequeños o sesgo de publicación. En cuanto al segundo, su análisis indica un fuerte sesgo a la derecha y una falta de planitud, lo que sugiere que los hallazgos significativos en los estudios incluidos probablemente reflejan efectos verdaderos en lugar de ser resultado de un reporte selectivo o *p-hacking*. La alta estimación de potencia respalda aún más la robustez de estos hallazgos. Por lo tanto, el análisis sugiere que hay un fuerte valor probatorio presente en los datos.

Figura 6.

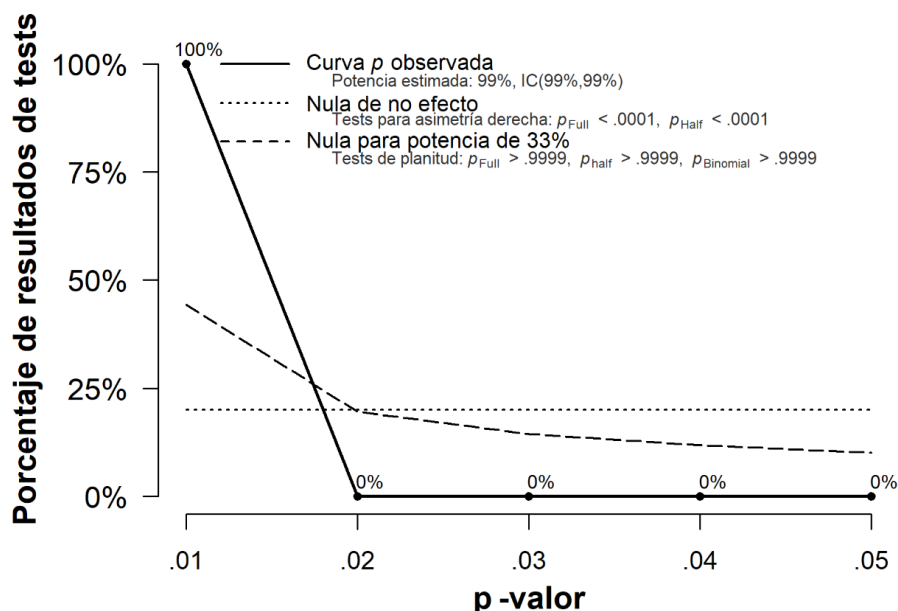
Gráfico de embudo o funnel plot



Nota. El *funnel plot* permite evaluar la posible presencia de sesgo de publicación o de estudio pequeño realizado sobre el coeficiente z de Fisher.

Figura 7.

Curva de p valores para el análisis de posible sesgo de publicación o p -hacking



Nota. La curva p observada incluye 40 resultados estadísticamente significativos ($p < .05$), de los cuales 40 son $p < .01$. Existe un resultado adicional que fue excluido de la curva p porque era $p > .05$.

Discusión

El metaanálisis realizado permite afirmar que hay una asociación de intensidad baja a moderada entre habilidades matemáticas no simbólicas asociadas al sistema numérico aproximado y habilidades matemáticas simbólicas en niños de entre 2 a 13 años. Esta conclusión se encuentra en línea con otros estudios empíricos actuales (e.g., Chu et al., 2015; Feigenson et al., 2013; Wang et al., 2020). Asimismo, refuerza la noción de que la relación entre ambos tipos de habilidades es significativa, aportando a un entendimiento más amplio de la adquisición y el aprendizaje matemático en niños. En cuanto a la fuerza de esta asociación, los resultados obtenidos indican que la misma no se encuentra moderada (a) por la edad media de los participantes, (b) por el idioma de administración de las pruebas, ni (c) por el tipo de tarea utilizada para evaluar el sistema numérico simbólico. En relación con la edad, metaanálisis previos (Fazio et al., 2014; Schneider et al., 2017) encontraron un efecto moderador de la edad nulo o relativamente pequeño, por lo que son consistentes con estos resultados. La ausencia de este efecto podría sugerir que la asociación entre las habilidades simbólicas y no simbólicas sigue una trayectoria estable a lo largo de la infancia. No obstante, es importante destacar que gran parte de los estudios analizados reportaron exclusivamente la edad media de sus muestras. Aquellos estudios que sí informaron las edades mínimas y máximas

de sus participantes contaban con rangos etarios demasiado amplios para los propósitos de este trabajo. Intervalos etarios más acotados hubieran permitido realizar un estudio más preciso sobre el impacto de la edad.

A su vez, no fue posible realizar un análisis individual de los idiomas dentro de la muestra debido al tamaño de la misma, por lo que debieron ser agrupados para su evaluación. Los grupos resultaron desequilibrados en relación con la cantidad de estudios englobados por cada uno, siendo que 22 de los 30 estudios incluidos eran parte del grupo de lenguas indoeuropeas germánicas. La posibilidad de realizar un análisis de cada idioma en particular resultaría interesante, especialmente debido a que ninguno de los estudios recabados en el presente trabajo investigó el idioma de los participantes como un potencial moderador de la relación entre habilidades numéricas simbólicas y de estimación.

Por su parte, aunque las tareas simbólicas no resultaron significativas en su efecto de moderación, el resultado obtenido sugiere una discrepancia en la fuerza de asociación de las variables entre la tarea de comparación de números arábigos y la tarea de línea numérica. Esto permite pensar que un análisis de estas mismas características con una mayor cantidad de estudios podría corroborar que la intensidad de la asociación es mayor cuando las habilidades numéricas simbólicas son evaluadas por medio de la comparación de cantidades a comparación de

cuando resultan evaluadas con una tarea de línea numérica. Chesney y Matthews (2018) proponen que la línea numérica es en realidad una tarea de juicio de proporción, en tanto estimar la magnitud de un valor en relación con dos extremos no refleja el modo en que los sujetos representan magnitudes, sino una proporción donde la recta siempre es dividida en dos secciones. Si esta es una de las razones por las que la fuerza de asociación entre las variables es menor cuando se utiliza la línea numérica sería una pregunta interesante para futuros trabajos que investiguen los motivos por los que sucede este fenómeno. Además, resultaría enriquecedor la inclusión de otras tareas de evaluación de habilidades matemáticas simbólicas que en este estudio debieron ser excluidas (ej. tarea *Give-N*).

Considerando las limitaciones mencionadas, se propone que futuros estudios pongan el foco en el análisis del efecto de la edad, el idioma y el tipo de tarea simbólica sobre la intensidad de la asociación de las habilidades numéricas simbólicas y aproximadas. Wang et al. (2016) postulan que aún no se han esclarecido los motivos causales por los que factores no numéricos como las variables antes mencionadas tendrían influencia sobre el vínculo entre el ANS y el SNS, por lo que un estudio de esta índole contribuiría a una mejor comprensión de cómo esta relación emerge, cómo se modula durante el desarrollo y cómo deben configurarse sus modos de evaluación.

Disponibilidad de datos

Todo el conjunto de datos que apoya los resultados de este estudio fue publicado en OSF y puede ser accedido en

https://osf.io/859jr/?view_only=e29937977f344f129049abc43af5c492.

Conflictos de interés

Los autores declaran no tener conflictos de intereses con respecto a este manuscrito.

Referencias

- Anobile, G., Arrighi, R., Castaldi, E., Grassi, E., Pedonese, L., Moscoso, P. A. M., & Burr, D. C. (2018). Spatial but not temporal numerosity thresholds correlate with formal math skills in children. *Developmental Psychology, 54*(3), 458-473. <https://doi.org/10.1037/dev0000448>
- Bartelet, D., Vaessen, A., Blomert, L., & Ansari, D. (2014). What basic number processing measures in kindergarten explain unique variability in first-grade arithmetic proficiency? *Journal of Experimental Child Psychology, 117*, 12–28. <https://doi.org/10.1016/j.jecp.2013.08.010>
- Bull, R., Lee, K., & Muñoz, D. (2021). Numerical magnitude understanding in kindergartners: A specific and sensitive predictor of later mathematical difficulties? *Journal of Educational Psychology, 113*(5), 911–928. <https://doi.org/10.1037/edu0000640>
- Cai, D., Zhang, L., Li, Y., Wei, W., & Georgiou, G. K. (2018). The Role of Approximate Number System in Different Mathematics Skills Across Grades. *Frontiers in Psychology, 9*, Artículo 1733. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2018.01733>
- Caviola, S., Colling, L. J., Mammarella, I. C., & Szűcs, D. (2020). Predictors of mathematics in primary school: Magnitude comparison, verbal and spatial working memory measures. *Developmental Science, 23*(6), Artículo e12957. <https://doi.org/10.1111/desc.12957>
- Chesney, D., & Matthews, P. (2018). Task Constraints Affect Mapping From Approximate Number System Estimates to Symbolic Numbers. *Frontiers in Psychology, 9*, Artículo 1801. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2018.01801>
- Chu, F. W., vanMarle, K., & Geary, D. C. (2015). Early numerical foundations of young children's mathematical development. *Journal of Experimental Child Psychology, 132*, 205-212. <https://doi.org/10.1016/j.jecp.2015.01.006>
- Dehaene, S. (2003). The neural basis of the Weber – Fechner law: A logarithmic mental number line. *Trends in Cognitive Sciences, 7*(4), 145-147. [https://doi.org/10.1016/S1364-6613\(03\)00055-X](https://doi.org/10.1016/S1364-6613(03)00055-X)
- Dehaene, S., Dehaene-Lambertz, G., & Cohen, L. (1998). Abstract representations of numbers in the animal and human brain. *Trends in neurosciences, 21*(8), 355–361. [https://doi.org/10.1016/s0166-2236\(98\)01263-6](https://doi.org/10.1016/s0166-2236(98)01263-6)
- Dietrich, J. F., Huber, S., & Nuerk, H.-C. (2015). Methodological aspects to be considered when measuring the approximate number system (ANS): a research review. *Frontiers in Psychology, 6*, Artículo 295. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2015.00295>
- Fazio, L. K., Bailey, D. H., Thompson, C. A., & Siegler, R. S. (2014). Relations of different types of numerical magnitude representations to each other and to mathematics achievement. *Journal of Experimental Child Psychology, 123*, 53-72. <https://doi.org/10.1016/j.jecp.2014.01.013>
- Feigenson, L., Dehaene, S., & Spelke, E. (2004). Core systems of number. *Trends in Cognitive Sciences, 8*(7), 307-314. <https://doi.org/10.1016/j.tics.2004.05.002>
- Feigenson, L., Libertus, M. E., & Halberda, J. (2013). Links Between the Intuitive Sense of Number and Formal Mathematics Ability. *Child Development Perspectives, 7*(2), 74-79. <https://doi.org/10.1111/cdep.12019>
- Formoso, J., Injoke-Ricle, I., Barreyro, J. P., & Calero, A. D. (2018). Mathematical cognition, working

- memory, and processing speed in children. *Cognition Brain Behavior*, 22(2), 59-84. <https://doi.org/10.24193/cbb.2018.22.05>
- Geary, D. C., & vanMarle, K. (2016). Young children's core symbolic and nonsymbolic quantitative knowledge in the prediction of later mathematics achievement. *Developmental Psychology*, 52(12), 2130-2144. <https://doi.org/10.1037/dev0000214>
- Gordon, P. (2004). Numerical cognition without words: Evidence from Amazonia. *Science*, 306(5695), 496-499. <https://doi.org/10.1126/science.1094492>
- Higgins, J. P., Thompson, S. G., Deeks, J. J., & Altman, D. G. (2003). Measuring inconsistency in meta-analyses. *BMJ (Clinical research ed.)*, 327(7414), 557-560. <https://doi.org/10.1136/bmj.327.7414.557>
- Hornung, C., Schiltz, C., Brunner, M., & Martin, R. (2014). Predicting first-grade mathematics achievement: The contributions of domain-general cognitive abilities, nonverbal number sense, and early number competence. *Frontiers in Psychology*, 5, Artículo 272. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2014.00272>
- Hutchison, J. E., Ansari, D., Zheng, S., De Jesus, S., & Lyons, I. M. (2020). The relation between subitizable symbolic and non-symbolic number processing over the kindergarten school year. *Developmental Science*, 23(2), Artículo e12884. <https://doi.org/10.1111/desc.12884>
- Izard, V., Sann, C., Spelke, E. S., & Streri, A. (2009). Newborn infants perceive abstract numbers. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 106(25), 10382-10385. <https://doi.org/10.1073/pnas.0812142106>
- Jordan, N. C., Hansen, N., Fuchs, L. S., Siegler, R. S., Gersten, R., & Micklos, D. (2013). Developmental predictors of fraction concepts and procedures. *Journal of Experimental Child Psychology*, 116(1), 45-58. <https://doi.org/10.1016/j.jecp.2013.02.001>
- Lau, N. T. T., Merkley, R., Tremblay, P., Zhang, S., De Jesus, S., & Ansari, D. (2021). Kindergarten's 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>
- Liu, Y. (2018). Fraction magnitude understanding and its unique role in predicting general mathematics achievement at two early stages of fraction instruction. *British Journal of Educational Psychology*, 88(3), 345-362. <https://doi.org/10.1111/bjep.12182>
- Lonnemann, J., Linkersdörfer, J., Hasselhorn, M., & Lindberg, S. (2013). Developmental changes in the association between approximate number representations and addition skills in elementary school children. *Frontiers in Psychology*, 4, Artículo 783. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2013.00783>
- Lyons, I. M., & Ansari, D. (2015). Foundations of Children's Numerical and Mathematical Skills. *Advances in Child Development and Behavior*, 48, 93-116. <https://doi.org/10.1016/bs.acdb.2014.11.003>
- Lyons, I. M., Price, G. R., Vaessen, A., Blomert, L., & Ansari, D. (2014). Numerical predictors of arithmetic success in grades 1-6. *Developmental Science*, 17(5), 714-726. <https://doi.org/10.1111/desc.12152>
- Malone, S. A., Pritchard, V. E., & Hulme, C. (2021). Separable effects of the approximate number system, symbolic number knowledge, and number ordering ability on early arithmetic development. *Journal of Experimental Child Psychology*, 208, Artículo 105120. <https://doi.org/10.1016/j.jecp.2021.105120>
- Matejko, A. A., & Ansari, D. (2016). Trajectories of Symbolic and Nonsymbolic Magnitude Processing in the First Year of Formal Schooling. *PLoS ONE*, 11(3), Artículo e0149863. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0149863>
- Mou, Y., Zhang, B., & Hyde, D. C. (2023). Directionality in the interrelations between approximate number, verbal number, and mathematics in preschool-aged children. *Child Development*, 94(2), Artículo e67-e84. <https://doi.org/10.1111/cdev.13879>
- Mussolin, C., Nys, J., Content, A., & Leybaert, J. (2014). Symbolic Number Abilities Predict Later Approximate Number System Acuity in Preschool Children. *PLoS ONE*, 9(3), Artículo e91839. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0091839>
- Negen, J., & Sarnecka, B. W. (2015). Is there really a link between exact-number knowledge and approximate number system acuity in young children? *British Journal of Developmental Psychology*, 33(1), 92-105. <https://doi.org/10.1111/bjdp.12071>
- 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), Artículo e12645. <https://doi.org/10.1111/desc.12645>
- O'Connor, P. A., Morsanyi, K., & McCormack, T. (2019). The Stability of Individual Differences in Basic Mathematics-Related Skills in Young Children at the Start of Formal Education: Stability of Basic Mathematics-Related Skills. *Mind, Brain, and Education*, 13(3), 234-244. <https://doi.org/10.1111/mbe.12190>
- Odic, D., Lisboa, J. V., Eisinger, R., Olivera, M. G., Maiche, A., & Halberda, J. (2016). Approximate number and approximate time discrimination each correlate with school math abilities in young children. *Acta Psychologica*, 163, 17-26. <https://doi.org/10.1016/j.actpsy.2015.10.010>
- Odic, D., & Starr, A. (2018). An Introduction to the Approximate Number System. *Child Development Perspectives*, 12(4), 223-229. <https://doi.org/10.1111/cdep.12288>
- Ouyang, X., Yang, Y., Zhang, X., & Zhang, Q. (2021). Longitudinal relations between the approximate number system and symbolic number skills in preschool children. *Journal of Experimental Child Psychology*, 208, Artículo 105120. <https://doi.org/10.1016/bs.acdb.2014.11.003>

- Psychology*, 212, 105-254.
<https://doi.org/10.1016/j.jecp.2021.105254>
- Page, M. J., McKenzie, J. E., Bossuyt, P. M., Boutron, I., Hoffmann, T. C., Mulrow, C. D., Shamseer, L., Tetzlaff, J. M., Akl, E. A., Brennan, S. E., Chou, R., Glanville, J., Grimshaw, J. M., Hróbjartsson, A., Lalu, M. M., Li, T., Loder, E. W., Mayo-Wilson, E., McDonald, S., McGuinness, L. A., ... Moher, D. (2021). The PRISMA 2020 statement: an updated guideline for reporting systematic reviews. *BMJ (Clinical research ed.)*, 372, Artículo n71. <https://doi.org/10.1136/bmj.n71>
- Piazza, M., & Eger, E. (2016). Neural foundations and functional specificity of number representations. *Neuropsychologia*, 83, 257-273. <https://doi.org/10.1016/j.neuropsychologia.2015.09.025>
- Pica, P., Lemer, C., Izard, V., & Dehaene, S. (2004). Exact and approximate arithmetic in an Amazonian indigene group. *Science*, 306(5695), 499–503. <https://doi.org/10.1126/science.1102085>
- Praet, M., Titeca, D., Ceulemans, A., & Desoete, A. (2013). Language in the prediction of arithmetics in kindergarten and grade 1. *Learning and Individual Differences*, 27, 90-96. <https://doi.org/10.1016/j.lindif.2013.07.003>
- Sasanguie, D., De Smedt, B., Defever, E., & Reynvoet, B. (2012). Association between basic numerical abilities and mathematics achievement: Association between basic numerical abilities and mathematics achievement. *British Journal of Developmental Psychology*, 30(2), 344-357. <https://doi.org/10.1111/j.2044-835X.2011.02048.x>
- Sasanguie, D., Defever, E., Maertens, B., & Reynvoet, B. (2014). The Approximate Number System is not Predictive for Symbolic Number Processing in Kindergarteners. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 67(2), 271-280. <https://doi.org/10.1080/17470218.2013.803581>
- 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>
- Sasanguie, D., & Vos, H. (2018). About why there is a shift from cardinal to ordinal processing in the association with arithmetic between first and second grade. *Developmental Science*, 21(5), Artículo e12653. <https://doi.org/10.1111/desc.12653>
- 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), Artículo e12372. <https://doi.org/10.1111/desc.12372>
- Schwenk, C., Sasanguie, D., Kuhn, J.-T., Kempe, S., Doebler, P., & Holling, H. (2017). (Non-)symbolic magnitude processing in children with mathematical difficulties: A meta-analysis. *Research in Developmental Disabilities*, 64, 152-167. <https://doi.org/10.1016/j.ridd.2017.03.003>
- Shusterman, A., Slusser, E., Halberda, J., & Odic, D. (2016). Acquisition of the Cardinal Principle Coincides with Improvement in Approximate Number System Acuity in Preschoolers. *PLoS ONE*, 11(4), Artículo e0153072. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0153072>
- Spelke, E. S. (2017). Core Knowledge, Language, and Number. *Language Learning and Development*, 13(2), 147-170. <https://doi.org/10.1080/15475441.2016.1263572>
- Sullivan, J., Frank, M. C., & Barner, D. (2016). Intensive math training does not affect approximate number acuity: Evidence from a three-year longitudinal curriculum intervention. *Journal of Numerical Cognition*, 2(2), 57–76. <http://doi.org/10.5964/jnc.v2i2.19>
- Vanbinst, K., Ghesquière, P., & De Smedt, B. (2012). Numerical Magnitude Representations and Individual Differences in Children’s Arithmetic Strategy Use. *Mind, Brain, and Education*, 6(3), 129-136. <https://doi.org/10.1111/j.1751-228X.2012.01148.x>
- vanMarle, K., Chu, F. W., Mou, Y., Seok, J. H., Rouder, J., & Geary, D. C. (2018). Attaching meaning to the number words: Contributions of the object tracking and approximate number systems. *Developmental Science*, 21(1), Artículo e12495. <https://doi.org/10.1111/desc.12495>
- Viechtbauer, W. (2010). Conducting Meta-Analyses in R with the metafor Package. *Journal of Statistical Software*, 36(3), 1–48. <https://doi.org/10.18637/jss.v036.i03>
- Wagner, J. B., & Johnson, S. C. (2011). An association between understanding cardinality and analog magnitude representations in preschoolers. *Cognition*, 119(1), 10-22. <https://doi.org/10.1016/j.cognition.2010.11.014>
- Wang, J., Halberda, J., & Feigenson, L. (2020). Emergence of the Link Between the Approximate Number System and Symbolic Math Ability. *Child Development*, 92(2), e186-e200. <https://doi.org/10.1111/cdev.13454>
- Wang, J., Odin, D., Halberda, J., & Feigenson, L. (2016). Changing the precision of preschoolers’ approximate number system representations changes their symbolic math performance. *Journal of Experimental Child Psychology*, 147, 82-99. <https://doi.org/10.1016/j.jecp.2016.03.002>
- Xu, F., & Spelke, E. S. (2000). Large number discrimination in 6-month-old infants. *Cognition*, 74(1), B1-B11. [https://doi.org/10.1016/S0010-0277\(99\)00066-9](https://doi.org/10.1016/S0010-0277(99)00066-9)
- Yuan, L., Prather, R., Mix, K. S., & Smith, L. B. (2020). Number Representations Drive Number-Line Estimates. *Child Development*, 91(4), e952-e967. <https://doi.org/10.1111/cdev.13333>