

Aprendizaje del conteo y los números naturales en preescolar: una revisión sistemática de la literatura*

Preschool Children's Learning of Counting and the Natural Numbers: A Systematic Literature Review

Recibido: 12 enero 2022 | Aceptado: 18 octubre 2022

ANA CRISTINA SANTANA ESPITIA

Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia – Sede Tunja, Colombia
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3391-3397>

YENNY OTÁLORA

Universidad del Valle, Colombia
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5343-5882>

HERNANDO TABORDA-OSORIO^a

Pontificia Universidad Javeriana, Colombia
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6668-4415>

RESUMEN

Aprender a contar cantidades discretas de forma exacta constituye uno de los primeros hitos del desarrollo del conocimiento matemático infantil. En los últimos años, ha habido un extenso debate en torno a cómo ocurre este proceso de aprendizaje en preescolar. La actual investigación tuvo como objetivo conocer las temáticas y preguntas de investigación generales desarrolladas en los últimos cinco años en cuanto al aprendizaje del conteo y los números naturales en preescolar. Para ello, se realizó una revisión sistemática en la que se hizo una indagación en las bases de datos ScienceDirect, EBSCO, Web of Science, SpringerLink, JSTOR y Sage. Se obtuvieron 98 artículos de investigación que fueron examinados mediante análisis de conglomerados y mapas jerárquicos a través de NVIVO 11.0. Se encontraron cuatro núcleos temáticos (Ideas sobre los procesos cognitivos implicados en la comprensión del número, Representación de magnitudes numéricas, Intervenciones para favorecer el desarrollo de habilidades matemáticas y Aspectos estructurales del número), que muestran el panorama actual de investigación sobre aprendizaje del conteo. Los resultados de este estudio son importantes para delimitar posibles programas futuros de investigación, y pueden ser usados por docentes como insumo para enriquecer los ambientes de aprendizaje de sus aulas de clase.

Palabras clave

conteo; matemáticas; preescolar; número; revisión sistemática; desarrollo cognitivo.

ABSTRACT

Learning to count discrete exact quantities is one of the first milestones in the development of children's mathematical knowledge. In recent years there has been an extensive debate about how this learning process occurs in preschool. The current research aims to identify the themes and general research questions developed in the last five years in terms of children's counting and learning of the natural number system in

^a Autor de correspondencia. Correo electrónico: hernando.taborda@javeriana.edu.co

Para citar este artículo: Santana-Espitia, A. C., Otálora, Y., & Taborda-Osorio, H. (2022). Aprendizaje del conteo y los números naturales en preescolar: una revisión sistemática de la literatura. *Universitas Psychologica*, 21, 1-16. <https://doi.org/10.11144/Javeriana.upsy21.acnn>

preschoolers. To this end, a systematic review was conducted through ScienceDirect, EBSCO, Web of Science, SpringerLink, JSTOR and Sage databases. A total of 98 research articles were obtained and then analyzed by using cluster analysis and hierarchical maps using NVIVO 11.0. Four thematic nuclei were found (Ideas about the cognitive processes involved in the understanding of number, representation of numerical magnitudes, interventions to favor the development of mathematical skills and structural aspects of number), that show the current state of research on counting. The results of this study are important to define possible future research programs and can be used by teachers as input to enrich the learning environments of their classrooms.

Keywords

counting; math; preschool; number; systematic review; cognitive development.

Aprender a contar constituye el conocimiento base para la adquisición subsecuente de los sistemas de conocimiento numérico formal. El aprendizaje del conteo y la comprensión del sistema de números que lo soporta, los números naturales, abre la posibilidad de cuantificar cantidades discretas de forma precisa y virtualmente ilimitadas. Su uso, además, permite llevar a cabo operaciones aritméticas y resolver problemas cotidianos complejos. Sin embargo, el hecho de que los seres humanos seamos la única especie conocida que tiene la capacidad de cuantificar cantidades discretas grandes y pequeñas plantea el interrogante sobre qué procesos y capacidades especiales subyacen al aprendizaje de este sistema (Dehaene, 2011). La importancia de esta pregunta se ve reforzada por la evidencia de un proceso de adquisición relativamente lento y complejo en la infancia (Wynn, 1992). En las sociedades modernas, los niños habitualmente aprenden el manejo de los números naturales entre los 3 y 5 años de edad, mediante un proceso que va desde la adquisición de la secuencia numérica verbal hasta la comprensión de los fundamentos operatorios del sistema. ¿Cómo se da este proceso y qué factores lo explican? son preguntas que han planteado un extenso debate en la literatura sobre desarrollo cognitivo desde los tiempos de Piaget.

El propósito principal de la presente revisión sistemática de la literatura es proveer una comprensión del panorama actual de las investigaciones sobre el aprendizaje del conteo y los números naturales. Independientemente de la cultura, todos los sistemas de numeración incorporan una serie de principios básicos cuyo uso correcto equivale a saber contar y así comprender el funcionamiento del sistema de los números naturales. Primero, un procedimiento correcto de conteo debe hacer uso de una secuencia invariable de etiquetas simbólicas (verbales o no) que deben ser empleadas con cualquier tipo de objeto; esto representa un orden estable en el proceso de conteo. Segundo, a todos los objetos contados se les debe asignar una y solo una etiqueta simbólica mediante un procedimiento de correspondencia uno a uno (una etiqueta por cada objeto). Tercero, la última etiqueta numérica usada en una secuencia ordenada de conteo representa la cantidad total del conjunto completo de objetos; esto se conoce como *principio de cardinalidad*. Cuarto, el procedimiento de cuantificación de objetos en una secuencia sucesiva se basa en la idea de un incremento exacto y recursivo de una unidad ($n + 1$), así, todo cardinal es el resultado de una adición repetida de una unidad más el cardinal inmediatamente anterior; este principio se conoce como *función de sucesión*. Aunque los cuatro principios anteriores no agotan el conocimiento completo del sistema de los números naturales, sí constituyen sus fundamentos más básicos (Izard et al., 2008).

A lo largo de los años, la discusión sobre el aprendizaje del conteo ha estado bastante fragmentada desde diversas posiciones teóricas, que van desde visiones nativistas radicales hasta propuestas empiristas clásicas. En correspondencia con esta división, desde los años 80 se pueden identificar dos grandes posturas sobre el aprendizaje del conteo. Por un lado, una postura teórica que afirma que el conocimiento de los principios de conteo precede de una forma esquemática e implícita al conocimiento del conteo en la lengua materna. Por otro lado, una postura que afirma que el aprendizaje de los principios ocurre

durante la interacción social con los adultos de forma paulatina. La primera postura, de claros tintes nativistas, ha experimentado notables transformaciones a través de los años, pero la idea original de que hay un conocimiento base previo que restringe fuertemente el aprendizaje se mantiene. Una gran cantidad de estudios han revelado habilidades numéricas de muy temprana emergencia ontogenética, comunes a múltiples especies (Cantlon et al., 2015). Por ejemplo, niños de 5 meses de edad son capaces de identificar el total numérico correcto cuando dos títeres se ocultan de forma sucesiva detrás de una pantalla opaca (Wynn, 1990). Este tipo de hallazgos motivó a algunos investigadores a proponer que el proceso de aprendizaje del conteo debía basarse en algún tipo de proceso de mapeo a partir de las formas más intuitivas de conocimiento numérico (Leslie et al., 2007).

Desde la segunda postura, algunos investigadores han planteado que el aprendizaje del conteo está solo débilmente relacionado con las representaciones numéricas intuitivas antes señaladas. Por el contrario, el sistema lingüístico usado para expresar cantidades exactas tendría el rol preponderante en la comprensión de los números naturales. Evidencia a favor de esta perspectiva proviene principalmente de los estudios interculturales (Frank et al., 2008; Gordon, 2004), donde se observa que grupos culturales indígenas sin palabras para designar cantidades grandes carecen de una comprensión de los números naturales. Un resultado análogo con niños sordos hablantes de señas en Nicaragua fue reportado por Spaepen et al. (2011), donde los niños, a pesar de habitar una cultura rica en el uso de los sistemas de cuantificación, no parecían haber accedido a la comprensión de los números exactos con cantidades grandes. Una posible explicación de la aparente necesidad del sistema lingüístico hablado en la adquisición de los números naturales radica en la información de que los sistemas numéricos con base transmiten sobre la recursividad de la lógica del proceso de conteo (Schneider et al., 2021). Por ejemplo, el número “veintiuno” hace evidente que el cardinal correspondiente es el resultado del cardinal anterior “veinte más uno”. En

correspondencia con esta idea, en las sociedades con sistemas numéricos relativamente opacos en cuanto a esta estructura recursiva, los niños tardan más tiempo en aprender el sistema de los números naturales (Miller & Stigler, 1987).

Mucho del debate clásico sobre el aprendizaje del conteo se ha movido entre estas diferentes perspectivas (para una discusión en extenso, ver Sella et al. (2021)), incluyendo posturas intermedias de corte constructivista (Carey, 2009). Sin embargo, la amplia producción empírica que esta temática ha experimentado en los últimos años hace necesario explorar con más detenimiento hacia dónde se está dirigiendo esta nueva investigación y cuáles son las preguntas que guían la indagación. Aunque como se mostró atrás, el debate acerca del desarrollo de conocimiento numérico temprano ha estado enmarcado en posturas epistemológicas contrarias, esto no permite identificar las temáticas y áreas de trabajo que se han organizado a través de los años. De manera adicional, esta revisión permitirá ver no solo los temas generales, sino también las preguntas específicas más recurrentes, así como algunas de las limitaciones o carencias de investigación que pueden señalar líneas de investigación a futuro. Con este objetivo, se procedió a realizar una revisión sistemática de la literatura de los artículos publicados durante los últimos 5 años (enero de 2016-octubre de 2021) en cuanto al aprendizaje del conteo y la comprensión de los números naturales en preescolar. Los resultados de este estudio son útiles para delimitar posibles programas de investigación futuros, así como también para conocer las variables relevantes implicadas en el proceso de desarrollo de las habilidades de conteo de los niños. El conocimiento de estas variables puede conducir a enriquecer los ambientes de aprendizaje de las matemáticas tempranas en contextos formales e informales

Método

Se realizó una indagación documental relacionada con la investigación reciente en

el área; para ello, se utilizó una estrategia de revisión sistemática con síntesis cualitativa. Este procedimiento implica las siguientes fases: a) identificación de los recursos disponibles, b) tamizaje de los documentos obtenidos acorde con criterios, c) selección de los recursos que se deben incluir según el contenido y d) elaboración de una síntesis comprensiva de las investigaciones recientes sobre el tema (Page et al., 2021)

Procedimiento

La revisión se realizó tomando un rango temporal que cubre de enero de 2016 a octubre de 2021. La búsqueda se realizó en las bases de datos ScienceDirect, EBSCO, Web of Science, SpringerLink, JSTOR y Sage. Para la búsqueda, se utilizó el script *child AND development AND counting AND number AND addition*. Se decidió incluir el descriptor *addition* en la medida en que interesaba poder identificar estudios que liguen el conocimiento aditivo al conteo, como un campo de investigación emergente.

Para el tamizaje se aceptaron artículos que presentaran investigaciones en psicología en población preescolar, se excluyeron: a) otras revisiones documentales, b) capítulos de libro y c) literatura gris y textos no derivados de investigación.

Posteriormente, los artículos obtenidos fueron evaluados por tres jueces expertos en el área temática, mediante los siguientes criterios de contenido:

a) Relevancia: El artículo es esencial o importante para el constructo objeto de la revisión (aprendizaje del conteo y los números naturales en preescolar).

b) Pertinencia: Hay correspondencia entre el contenido del artículo y el constructo objeto de la revisión.

c) Innovación: El artículo presenta modificación de elementos ya abordados, o implementa otros novedosos en la indagación del aprendizaje del conteo y los números naturales en preescolar.

Los criterios de relevancia, pertinencia e innovación se evaluaron en una escala Likert de 1 a 5, de menor a mayor presencia de cada criterio en los artículos analizados.

Asimismo, los jueces realizaron la evaluación de los artículos en función del tipo de estudio: a) Conceptual, que alude a investigaciones cuyo énfasis se centra en el planteamiento de conceptos, teorías e ideas relacionadas con el tema, b) Empírico, que incluye a aquellas investigaciones donde se hace uso de diseños experimentales o cuasiexperimentales que permiten recolectar evidencias en torno a hipótesis de investigación sobre el tópico de interés y c) Intervención, que trata acerca del diseño e implementación de programas o estrategias en contextos de laboratorio, escenarios educativos formales e informales, dirigidos al fomento del aprendizaje del conteo y los números naturales en los niños de nivel preescolar.

Luego de la valoración de los artículos por contenido y temática, se seleccionaron aquellos en los que todos los jueces coincidieron que debían incluirse en la revisión ($n = 155$). Durante la selección, se aplicaron otros criterios de exclusión con dichos artículos, dirigidos a garantizar que los seleccionados abordaran la temática de interés (Figura 1). Por ello, se aplicó análisis de conglomerados bajo el criterio de similitud de palabras mediante coeficiente de correlación de Pearson, y se analizó el contenido de los conjuntos obtenidos, de manera que se excluyeron aquellos donde no estuviesen incluidos todos los cinco términos clave del *string* de búsqueda y los más distantes en términos de correlación entre frecuencias de palabras. Luego de la aplicación de estos criterios, se obtuvieron 98 artículos de investigación de texto completo.

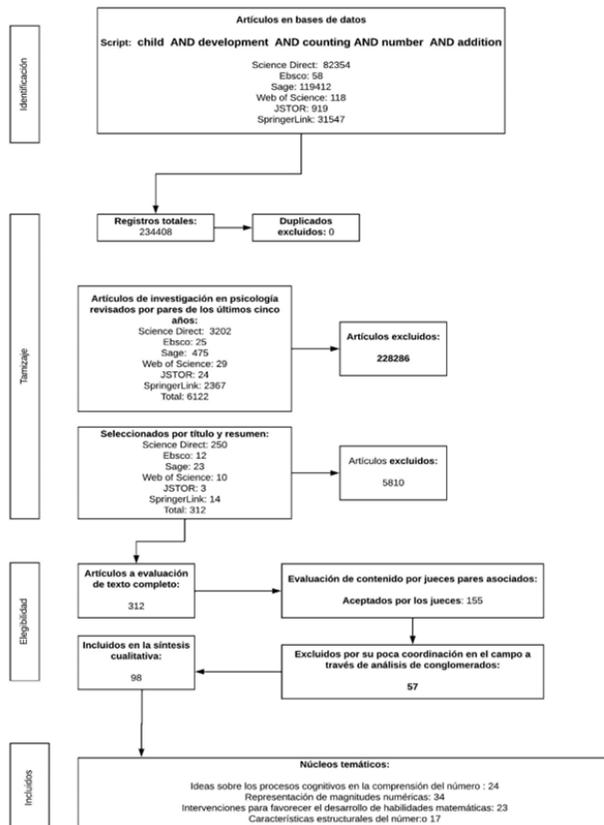


Figura 1
Fases de la revisión sistemática de aprendizaje del sistema de los números naturales en preescolar

Plan de análisis

Se realizaron los siguientes análisis: a) Estimaciones de concordancia entre jueces en las dimensiones de relevancia, pertinencia e innovación, mediante el coeficiente de concordancia W de Kendall, tomando los artículos resultantes de la depuración final ($n = 98$); b) Estimaciones de confiabilidad por medio del coeficiente Alpha de Cronbach (α) y coeficiente Omega (ω de McDonald); c) Estimaciones de validez de contenido de los artículos seleccionados mediante el coeficiente de validez de contenido (CVC) (Pedrosa et al., 2014); d) Obtención de análisis de conglomerados global para determinar una configuración final que permita el hallazgo de núcleos temáticos; e) Realización de análisis

de conglomerados de cada núcleo temático para caracterizar las tendencias al interior de los núcleos, a partir del criterio de similitud de palabras mediante la selección de las 20 más frecuentes, con longitud mínima de cuatro caracteres, y análisis de la proximidad entre estos términos. Asimismo, se apoyó la interpretación cualitativa de los núcleos temáticos a partir de algunos artículos correspondientes a cada uno. f) Elaboración de mapas jerárquicos para establecer relaciones entre nodos (términos clave del *string* de búsqueda) y núcleos temáticos. Las estimaciones de confiabilidad se obtuvieron en SPSS 24 y JASP 0.12. 2. El análisis de la información cualitativa se llevó a cabo en NVIVO 11.

Resultados

La síntesis cualitativa de información se realizó con 98 artículos de texto completo, cuya confiabilidad global de la revisión por jueces arrojó un $\alpha = 0.806$ y $\omega = 0.811$, así como correlaciones W de Kendall significativas a nivel de relevancia ($W = 0.189$, $\chi^2 = 37.128$, $p < 0.01$), pertinencia ($W = 0.139$, $\chi^2 = 27.309$, $p < 0.01$) e innovación ($W = 0.042$, $\chi^2 = 8.228$, $p = 0.016$). El coeficiente de validez de contenido total fue de 0.83 y para los artículos seleccionados osciló en un rango entre 0.68 y 0.93.

Se extrajeron cuatro tendencias en las que se agrupa la investigación sobre aprendizaje del sistema de los números naturales en educación preescolar: a) ideas sobre los procesos cognitivos en la comprensión del número, b) representación de magnitudes numéricas, c) intervenciones para favorecer el desarrollo de habilidades matemáticas y d) aspectos estructurales del número (Figura 2).

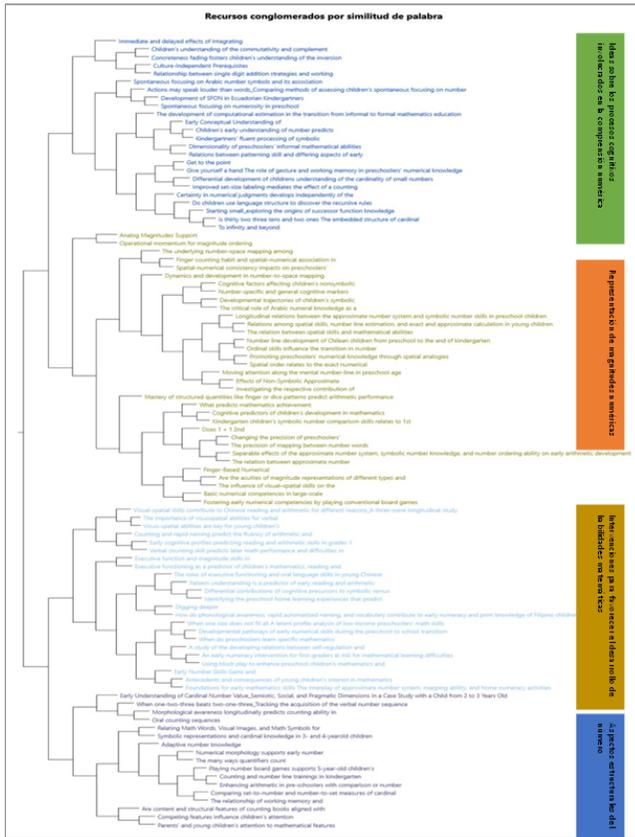


Figura 2
Configuración de los núcleos temáticos, a partir del análisis de conglomerados

Núcleos temáticos

Ideas sobre los procesos cognitivos implicados en la comprensión numérica

En este núcleo se agrupan 24 artículos que giran alrededor de los fundamentos conceptuales tempranos para la adquisición del conocimiento numérico, tales como conteo, aditividad y función de sucesión. El análisis de conglomerados al interior de este grupo muestra tres subdimensiones (Figura 3).

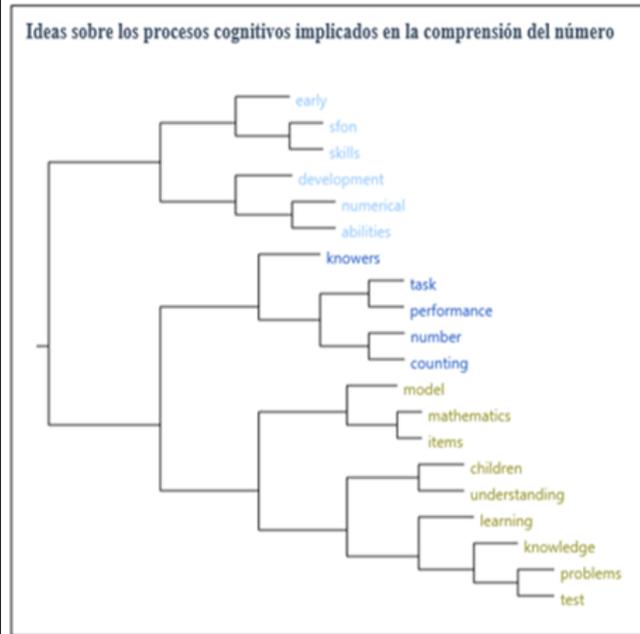


Figura 3
Análisis de conglomerados del núcleo Ideas sobre los procesos cognitivos implicados en la comprensión numérica

La primera subdimensión se centra en el modelo de Enfoque Espontáneo en la Numerosidad ([SFON], por sus siglas en inglés, Hannula & Lehtinen, 2005) y su vínculo con el desarrollo de habilidades numéricas tempranas. Este modelo se define como la tendencia del niño a enfocarse espontáneamente en algunas características de los números, sin instrucción explícita, de manera que puede usar dicha información en diferentes contextos. Las investigaciones en SFON analizan la numerosidad en educación preescolar y en estudios interculturales.

Nuestros resultados de investigación en niños ecuatorianos están en línea con investigaciones previas en niños finlandeses y más específicamente hallazgos previos no sólo sobre diferencias interindividuales sino también estabilidad intraindividual en SFON a lo largo del desarrollo. Esas similitudes indican que las mismas estructuras y mecanismos subyacen al desarrollo de SFON en los niños a través de diferentes contextos educativos (Bojorque et al., 2017, p. 458)

La segunda subdimensión incluye estudios relacionados con el desarrollo de nociones como conteo, cardinalidad y función de sucesión. También aquí surge la palabra “*knowers*” que aparece en estudios donde se documenta el desarrollo de la cardinalidad, mediante el conocimiento sucesivo de los cardinales 1, 2, 3 y 4, que posteriormente permite la adquisición de la cardinalidad del número para cifras superiores a 4 (CP-Knowers) (Pixner et al., 2018), así como la emergencia de la función de sucesión.

Esto sugiere que los procedimientos que los niños adquieren en la etapa de conocedores del principio de cardinalidad (CP) pueden crear nuevas condiciones para el aprendizaje, quizá permitiendo a los niños que noten repetidamente cómo el conteo progresivo se relaciona con adicionar elementos a conjuntos. Según esta hipótesis, los procedimientos pueden proporcionar un espacio de trabajo para el cambio conceptual (Schneider et al., 2021, pp. 11-12)

La tercera subdimensión se enfoca en cómo el desarrollo matemático en primera infancia permite la *comprensión* conceptual de conceptos ligados a la adquisición de la estructura aditiva, tal es el caso de la conmutatividad y el complemento como propiedades esenciales de las relaciones parte-todo que se dan en el marco del razonamiento aditivo: “Estos dos principios son importantes para que los niños aprendan matemáticas porque contribuyen a (1) la comprensión de la naturaleza del número (2) la fluencia en el cómputo y (3) la habilidad para la resolver problemas en una variedad de situaciones” (Ching & Nunes, 2017, p. 66).

Cabe resaltar que en esta subdimensión también confluyen distintas estrategias de recolección de información (p. ej., ítems, pruebas, resolución de problemas, gestos, actividades físicas, material concreto y abstracto) que se emplean considerando modelos teóricos de cómo se da el cambio conceptual en el razonamiento matemático a temprana edad y las relaciones entre aprendizajes informales y formales

Representación de magnitudes numéricas

En este núcleo, se reúnen 34 artículos cuya temática se enfoca en la representación de magnitudes numéricas a través de procedimientos simbólicos y no simbólicos, a fin de comprender otros significados numéricos (p. ej., ordinal y de medida). También se recoge mucha de la investigación relacionada con el Sistema de Números Aproximado ([ANS], por sus siglas en inglés, Dehaene, 2009). El ANS, de acuerdo con Baer y Odic (2019) “[...] es un sistema adaptado evolutivamente para representar información numérica que guía nuestras intuiciones más tempranas sobre el número” (p. 1). Se basa en la ley de discriminación de Weber según la cual si hay una mayor razón entre dos números estos pueden identificarse más fácilmente

Se cree que la ANS es esencial en la adquisición de sistemas de lenguaje numérico (por ejemplo, Verguts & Fias, 2004). A través de emparejamientos repetidos, formas numéricas simbólicas (números arábigos: 5; palabras numéricas: cinco) están andamiadas sobre representaciones preexistentes de magnitud no simbólica (cantidad: cinco puntos) (modelo de triple código; Dehaene y Cohen, 1995), apoyando así la comprensión de que los símbolos numéricos representan cantidades. Cada uno de estos tres códigos (es decir, números arábigos, palabras numéricas y magnitud no simbólica) se ha asociado con la capacidad aritmética (Malone et al., 2021, p. 2)

En cuanto al carácter ordinal de los números, Cheung y Lorenci (2019) mencionan tres tipos de operaciones posicionales que contribuyen a la adquisición de este significado numérico: a) la secuencia transversal, donde se representan los movimientos de una posición a otra al interior de una secuencia (p. ej., ¿qué número está dos posiciones después de 15?); b) inversión de posición, donde se hacen ordenamientos de manera ascendente a descendente y c) ajuste de posición, donde hay un cambio luego de la adición o supresión de elementos. El análisis de conglomerados al interior de este grupo temático revela tres subdimensiones (Figura 4).

de conceptos abstractos, mejorando así el aprendizaje (Crollen et al., 2020)

Intervenciones para favorecer el desarrollo de habilidades matemáticas

Este núcleo temático consta de 23 artículos, se enfoca principalmente en el uso de los hallazgos de investigaciones acerca del conocimiento matemático para el diseño de intervenciones educativas dirigidas a niños con dificultades de aprendizaje en matemáticas o niños en riesgo de bajo desempeño en matemáticas. Además de las intervenciones tradicionales cuyo objeto es la mejora de habilidades matemáticas, se documentan investigaciones que buscan intervenir en variables afectivas como el interés por las matemáticas o variables de función ejecutiva como la autorregulación. En el caso del interés hacia la matemática, Ouyang et al. (2021) mencionan que:

Los hallazgos proporcionan soporte empírico para la asociación entre actividades numéricas madre-hijo (habilidad numérica, libros de números, juegos de números y actividades de aplicación de números) y el interés de los niños en la matemática en los primeros años, y la asociación del interés en matemáticas con el desarrollo de habilidades numéricas simbólicas y no simbólicas (p. 59)

El análisis de conglomerados en este grupo temático presenta tres subdimensiones (Figura 5).

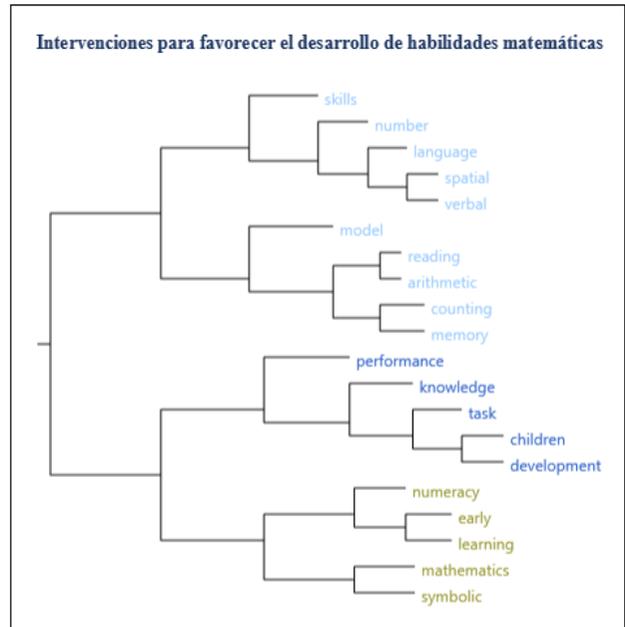


Figura 5
Análisis de conglomerados del núcleo Intervenciones para favorecer el desarrollo de habilidades matemáticas

En la primera subdimensión, se presentan trabajos enfocados en el fomento de habilidades numéricas de conteo, espaciales y verbales para propiciar el desarrollo matemático en escenarios formalizados (Cornu et al., 2018). Asimismo, en esta subdimensión se encuentran vocablos asociados a investigación sobre el rol de la función ejecutiva en matemáticas, lectura y escritura.

Los estudios que investigan los componentes de la función ejecutiva indican que la memoria de trabajo visuoespacial, la habilidad para codificar información visualmente en la memoria de trabajo, podría tener especial relevancia en el logro matemático, tanto de manera concurrente como longitudinalmente [...]. La función ejecutiva en la niñez temprana predice logro académico en escritura así como en lectura 1 año después, mientras que lo contrario no fue apoyado (Valcan et al., 2020, p.2).

En la segunda subdimensión se agrupan las investigaciones dirigidas al diseño de tareas en cuyo desempeño sea posible indagar el nivel de desarrollo de conceptos matemáticos

Las intervenciones que incorporan diseño instruccional sistemático, el cual establece la secuencia de las tareas de fáciles a difíciles, y el análisis de la tarea, que es combinado con explicaciones explícitas de los docentes sobre los conceptos y procedimientos, apoyan el aprendizaje. Además, la instrucción en grupos pequeños funciona bien para apoyar el aprendizaje de los niños pequeños en riesgo de tener dificultades en el aprendizaje de las matemáticas (Aunio et al., 2021, p. 259)

La tercera subdimensión se centra en el aprendizaje de la aritmética temprana, así como el empleo de magnitudes simbólicas: “[...] Se han identificado cuatro habilidades como indicadores importantes del aprendizaje y desarrollo matemático temprano de los niños: *mapeo* entre símbolos numéricos y cantidades, *orden de procesamiento*, conocimiento del *principio de cardinalidad* y *reconocimiento de dígitos*” (Cahoon et al., 2021, p. 2).

Aspectos estructurales del número

Este núcleo temático recoge 17 artículos en los que se alude al rol de las características lingüísticas de los números en su proceso de aprendizaje (morfológicas, fonológicas, sintácticas y semánticas).

Al menos en algunos contextos, antes que los niños comiencen a aprender palabras numéricas, los niños interpretan los sustantivos singulares como referentes a un único individuo y sustantivos plurales como referentes a más de un elemento. Los niños podrían así utilizar la contingencia regular entre palabras numéricas y la morfología numérica verbal para aprender que la distinción semántica entre “uno” y otras palabras numéricas es una distinción numérica, y para aprender que “uno” denota la cardinalidad de un conjunto de elementos (Le Corre et al., 2016, p. 162)

Asimismo, se analiza la atención que padres y niños otorgan a dichas características numéricas en la resolución de problemas matemáticos o en situaciones de juego, en donde los padres hacen frecuentes preguntas a sus hijos dirigidas a

captar su atención sobre aspectos como número, orientación espacial forma y tamaño (p. ej., “Tengo dos de estas”, “¿Cuántas tazas hay?” Chan et al., 2020). El análisis de conglomerados al interior de este grupo temático muestra tres subdimensiones (Figura 6).

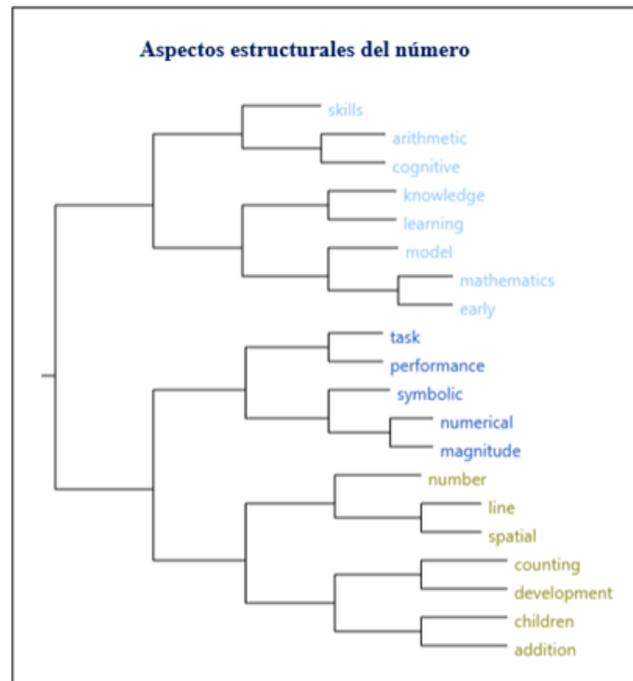


Figura 6
Análisis de conglomerados del núcleo Aspectos estructurales del número

La primera subdimensión se caracteriza por el desarrollo de investigaciones que emplean modelos cognitivos para describir el aprendizaje de la aritmética temprana

Baroody y colegas propusieron un constructo relacionado pero distinto a SFON, que es la atención espontánea al número (SAN, por sus siglas), que se define como un proceso atencional que apoya el reconocimiento y diferenciación de números exactos pequeños (Baroody & Li, 2016; Baroody, Li, & Lai, 2008; Li & Baroody, 2014). Así, el aprendizaje de palabras numéricas dirige la atención a las numerosidades exactas de números conocidos. La distinción entre los constructos de SFON y SAN en un tópico de debate permanente, pero ambas aproximaciones coinciden en la

atención a los números como espontánea (Chan & Mazzocco, 2017, p. 63)

La segunda subdimensión enfatiza en la necesidad de indagar más acerca de las magnitudes y representaciones simbólicas en preescolar

El presente trabajo muestra que los niños entre 3 y 4 años de edad inicialmente hacen un mapeo entre representaciones icónicas y el número de elementos en un conjunto, aprovechando la permanencia y la naturaleza de las imágenes y objetos para dominar los primeros pasos en el conocimiento del cardinal (Rodríguez et al., 2018, p. 242)

La tercera subdimensión se centra en el uso de la línea numérica, el conteo y tareas espaciales para la adquisición de la adición (Friso-van den Bos et al., 2018)

En el caso del conteo se utiliza un proceso ascendente en el que la combinación de números pequeños de objetos en una unidad mayor en el desarrollo precede a más operaciones complejas con números más grandes (...) En cuanto a la línea numérica, la precisión de las posiciones en la recta numérica puede interpretarse como la capacidad de los niños para hacer mapeo entre los números simbólicos y las cantidades no simbólicas (p. 2)

Mapas jerárquicos

Por último, los mapas jerárquicos permiten visualizar la ponderación de cada uno de los nodos (términos clave del *string* de búsqueda) al interior de los cuatro núcleos temáticos obtenidos (Figura 7).

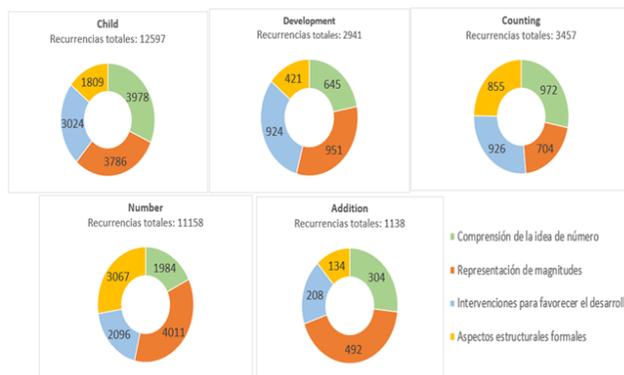


Figura 7
Recurrencia de los términos “child” “development” “counting” “number” y “addition” en los cuatro núcleos temáticos

En relación con el término *child* aparece con mayor frecuencia en las investigaciones sobre representación de magnitudes numéricas e ideas sobre procesos cognitivos implicados en la comprensión numérica, en tanto población objetivo de interés en función de los criterios de inclusión de la revisión sistemática

La palabra *development* presenta una mayor ponderación en los núcleos de representación de magnitudes e intervenciones para favorecer el desarrollo de habilidades numéricas, de manera que dicho vocablo es relevante tanto en la formulación conceptual del campo como en el diseño de estrategias de intervención en contextos experimentales, en el aula y en el hogar.

El término *counting* presenta un alto número de recurrencias principalmente en los núcleos de ideas sobre procesos cognitivos implicados en la comprensión numérica e intervenciones para favorecer el desarrollo de habilidades numéricas, lo cual muestra los énfasis tanto a nivel teórico como empírico en las investigaciones en el área.

El vocablo *number* se encuentra mayormente representado en los núcleos temáticos representación de magnitudes y aspectos estructurales del número, de manera que en la exploración numérica es relevante la atención a las configuraciones semánticas, sintácticas y morfológicas del número, así como a un carácter funcional del número en términos de

representación acorde con los requerimientos de las situaciones problema.

La palabra *addition* registra las recurrencias más altas en los núcleos temáticos de representación de magnitudes numéricas e ideas sobre procesos cognitivos implicados en la comprensión numérica, lo que representa la contribución que nociones como conteo, cardinalidad, función de sucesión, representación simbólica y no simbólica de magnitudes numéricas realizan en la adquisición del conocimiento de la estructura aditiva y los significados asociados a la adición.

Discusión y conclusiones

La presente investigación tuvo como objetivo brindar un panorama actual y detallado sobre las temáticas generales y preguntas de investigación en torno al aprendizaje del conteo y los números naturales en niños preescolares. En conjunto, los resultados muestran cuatro grandes áreas temáticas abordadas por los investigadores en los últimos cinco años: procesos cognitivos implicados en la comprensión numérica, representación de magnitudes numéricas, intervenciones para el desarrollo del conocimiento numérico y aspectos estructurales del número.

Detrás de estas temáticas podemos reconocer diferentes preguntas de investigación que parecen estar guiando los esfuerzos de indagación empírica. En primer lugar y conectado al primer núcleo, ¿cómo ocurre el aprendizaje de los números y la habilidad de contar? El hecho de que los niños aprendan a contar de cierta forma y en ciertos tiempos ha llevado a los investigadores a tratar de indagar de una forma más profunda cómo ocurre este proceso. Así, por ejemplo, los estudios que hacen parte de este núcleo temático muestran que el conteo está relacionado con el aprendizaje de nociones estructurales como cardinalidad, ordinalidad, función de sucesión y conocimiento aditivo. Adicionalmente, es interesante notar el interés creciente de los investigadores en la atención espontánea de los niños hacia lo numérico, sintetizada en el modelo

SFON. Lo que estos estudios muestran es que el conteo es una confluencia de una matriz rica de conocimientos conceptuales, procedurales y de atención básica hacia lo numérico.

Una segunda pregunta de investigación conectada al segundo núcleo es ¿cuáles son los prerrequisitos representacionales para el aprendizaje de los números? Esta pregunta está cercanamente vinculada a la discusión sobre el rol del sistema de números aproximado (ANS) en el aprendizaje del conteo. Esta es una línea de investigación muy fructífera en la literatura, que de hecho en la actual revisión está compuesta por el mayor grupo de artículos. La representación aproximada de los números parece servir de sustento para la adquisición de los números naturales, sin embargo, este rol no es totalmente claro. Las investigaciones varían en cuanto a la importancia que le atribuyen a esta forma de representación numérica. Otros prerrequisitos asociados son la recta numérica mental y el razonamiento espacial. En general, estos estudios muestran que el aprendizaje de los números naturales y el conteo no parte nunca de cero y que está influenciado por otras habilidades de razonamiento que se desarrollan de forma paralela. Por ejemplo, el razonamiento espacial sigue su propia trayectoria de desarrollo, pero parece tener repercusiones importantes en la adquisición del conteo.

Una tercera pregunta expresada en el tercer núcleo es ¿de qué manera es posible utilizar los conocimientos actuales sobre desarrollo matemático temprano para generar mejores ambientes de aprendizaje? Este interrogante representa una especie de síntesis de los estudios previos en cuanto que requiere tener en cuenta los hallazgos principales abordados en las anteriores preguntas para construir ambientes de aprendizaje más efectivos, en particular, en población vulnerable. Un subcampo de creciente interés aquí es el rol de las funciones ejecutivas en el aprendizaje temprano de las matemáticas, que en general goza de evidencia sólida. Sin embargo, detrás de esta pregunta por cómo generar mejores ambientes de aprendizaje confluyen intereses tanto pedagógicos como teóricos. La evidencia de una intervención exitosa es también evidencia

de que los mecanismos de desarrollo teorizados tienen una realidad causal. De esta manera, los estudios sobre intervención funcionan como juez último de relaciones hipotetizadas o cuya evidencia se apoya principalmente en estudios de corte correlacional. Así, algunos estudios muestran evidencia positiva, pero otros no parecen estar en concordancia con los modelos propuestos. Estas discordancias son interesantes en cuanto que, en último término, señalan que la realidad del proceso de desarrollo numérico temprano es más compleja de lo inicialmente pensado.

En el cuarto núcleo temático, se expresan diversos intereses conectados con las tres preguntas anteriores, aunque como se mostró en los resultados hay un énfasis en los aspectos lingüísticos o estructurales del aprendizaje de los números. En general, los estudios muestran que el aprendizaje de los números y el conteo varía de forma importante en función del contexto cultural y el lenguaje. Sin embargo, en este núcleo también se encuentran estudios que hacen referencia a la importancia de los contextos informales de aprendizaje y al uso de herramientas culturales, como los juegos de mesa, para el fomento del razonamiento numérico. De cierta manera, este núcleo representa el interés de algunos investigadores por los aspectos más contextuales y culturales del aprendizaje de los números.

Más allá de estas tres preguntas gruesas de investigación identificadas, es posible observar también en los conglomerados algunas temáticas más específicas que muestran las líneas de investigación actuales. Es muy notorio en la revisión la renovada importancia atribuida a los factores de dominio general en el aprendizaje de los números y también como soporte en los programas de intervención propuestos. Así, las investigaciones sobre las funciones ejecutivas, el SFON y el razonamiento espacial tienen gran prevalencia actual y en general muestran evidencia convincente a favor de su importancia. Adicionalmente, en estos cinco años se ha reforzado una tendencia de investigación iniciada desde antes sobre los fundamentos no simbólicos del aprendizaje del conteo y los números. Hay un

gran esfuerzo por parte de los investigadores por revelar el peso de esta conexión y por mostrar su relevancia para la intervención. En esta línea confluyen estudios sobre la recta numérica mental y el ANS. Otro tema específico notorio identificado es la relación que se establece entre aprendizajes de aspectos puntuales del conteo, tales como cardinalidad, ordinalidad y función de sucesión. Nuevamente, esta temática ha sido explorada desde antes, sin embargo, los estudios recientes se destacan por la gran elaboración de estos conceptos y tareas utilizadas. Finalmente, es importante resaltar el interés de los investigadores por los aspectos lingüísticos y culturales en el aprendizaje del conteo, lo cual ha llevado a la realización de algunos estudios interculturales.

En este punto, es importante señalar como una limitación de los estudios actuales sobre el aprendizaje del conteo la escasez de estudios interculturales, dado que la gran mayoría de investigaciones han sido realizadas en lenguaje inglés y en países desarrollados. Este sesgo en la realización de estudios sobre psicología y desarrollo psicológico en particular ha sido previamente reportado (Cheon et al., 2020; Henrich et al., 2010) y es un asunto de especial importancia en el aprendizaje del conteo. Por ejemplo, algunos estudios con poblaciones en países no desarrollados o de habla no inglesa muestran secuencias de aprendizaje del conteo diferentes a las observadas en países desarrollados (Piantadosi et al., 2014; Schneider et al., 2020). Esto indica que el contexto cultural y el lenguaje inciden de forma importante en la adquisición temprana de conocimiento matemático. Por lo tanto, una pregunta investigativa que merece más atención a futuro es de qué manera y cómo las variables culturales afectan los procesos de aprendizaje del conteo.

A manera de conclusión, es posible afirmar que la investigación sobre el aprendizaje del conteo y los números naturales es un campo diverso y dinámico de investigación donde confluyen perspectivas epistemológicas heterogéneas. Como se observó, el núcleo temático más amplio se fundamenta en la relevancia de conocimientos presuntamente

innatos, mientras que en otros núcleos temáticos es posible identificar la preponderancia de los factores sociales y culturales. Esta diversidad aporta a una comprensión compleja del conteo que da luces importantes para guiar el diseño de nuevas propuestas de intervención temprana.

Referencias

- Aunio, P., Korhonen, J., Ragpot, L., Törmänen, M., & Henning, E. (2021). An early numeracy intervention for first-graders at risk for mathematical learning difficulties. *Early Childhood Research Quarterly*, *55*, 252-262. <https://doi.org/10.1016/j.ecresq.2020.12.002>
- Baer, C., & Odic, D. (2019). Certainty in numerical judgments develops independently of the approximate number system. *Cognitive Development*, *52*, 100817. <https://doi.org/10.1016/j.cogdev.2019.100817>
- Bojorque, G., Torbeyns, J., Hannula-Sormunen, M., Van Nijlen, D., & Verschaffel, L. (2017). Development of SFON in Ecuadorian Kindergartners. *European Journal of Psychology of Education*, *32*(3), 449-462. <https://www.jstor.org/stable/44951877>
- Cahoon, A., Gilmore, C., & Simms, V. (2021). Developmental pathways of early numerical skills during the preschool to school transition. *Learning and Instruction*, *75*, 101484, 1-14. <https://doi.org/10.1016/j.learninstruc.2021.101484>
- Cantlon, J., Piantadosi, S., Ferrigno, S., Hugues, K., & Barnard, A. (2015). The origins of counting algorithms. *Psychological Science*, *26*(6), 853-865. <https://doi.org/10.1177/0956797615572907>
- Carey, S. (2009). *The Origin of Concepts*. USA: Oxford University Press.
- Chan, J. Y. -C., & Mazzocco, M. M. M. (2017). Competing features influence children's attention to number. *Journal of Experimental Child Psychology*, *156*, 62-81. <https://doi.org/10.1016/j.jecp.2016.11.008>
- Chan, J. Y. -C., Praus-Singh, T. L., & Mazzocco, M. M. M. (2020). Parents' and young children's attention to mathematical features varies across play materials. *Early Childhood Research Quarterly*, *50*, 65-77. <https://doi.org/10.1016/j.ecresq.2019.03.002>
- Cheon, B. K., Melani, I., & Hong, Y. (2020). How USA-Centric is psychology? An archival study of implicit assumptions of generalizability of findings to human nature based on origins of study samples. *Social Psychological and Personality Science*, *11*(7), 928-937. <https://doi.org/10.1177/1948550620927269>
- Cheung, C. -N., & Lourenco, S. F. (2019). Does $1\# + \#1\# = \#2\#$? The relations between children's understanding of ordinal position and their arithmetic performance. *Journal of Experimental Child Psychology*, *187*, 104651. <https://doi.org/10.1016/j.jecp.2019.06.004>
- Chew, C. S., Forte, J. D., & Reeve, R. A. (2016). Cognitive factors affecting children's nonsymbolic and symbolic magnitude judgment abilities: A latent profile analysis. *Journal of Experimental Child Psychology*, *152*, 173-191. <https://doi.org/10.1016/j.jecp.2016.07.001>
- Ching, B. H. -H., & Nunes, T. (2017). Children's understanding of the commutativity and complement principles: A latent profile analysis. *Learning and Instruction*, *47*, 65-79. <https://doi.org/10.1016/j.learninstruc.2016.10.008>
- Cornu, V., Schiltz, C., Martin, R., & Hornung, C. (2018). Visuo-spatial abilities are key for young children's verbal number skills. *Journal of Experimental Child Psychology*, *166*, 604-620. <https://doi.org/10.1016/j.jecp.2017.09.006>
- Crollen, V., Noël, M. P., Honoré, N., Degroote, V., Olivier Collignon. (2020). Investigating the respective contribution of sensory modalities and spatial disposition in numerical training. *Journal of Experimental Child Psychology*, *190*, 104729. <https://doi.org/10.1016/j.jecp.2019.104729>
- Dehaene, S. (2009). Origins of mathematical intuitions. The case of arithmetic. *Annual*

- New York Academy of Science*, 1156(1), 232-259. <https://doi.org/10.1111/j.1749-6632.2009.04469.x>
- Dehaene, S. (2011). *The number sense: How the mind creates mathematics*. Oxford University Press.
- Fabbri, M., & Guarini, A. (2016). Finger counting habit and spatial-numerical association in children and adults. *Consciousness and Cognition*, 40, 45-53. <https://doi.org/10.1016/j.concog.2015.12.012>
- Frank, M. C., Everett, D. L., Fedorenko, E., & Gibson, E. (2008). Number as a cognitive technology: Evidence from Pirahã language and cognition. *Cognition*, 108(3), 819-824. <https://doi.org/10.1016/j.cognition.2008.04.007>
- Friso-van den Bos I., Kroesbergen, E. H., & Van Luit, J. E. H. (2018). Counting and number line trainings in kindergarten: Effects on arithmetic performance and number sense. *Frontiers in Psychology*, 9, 975. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2018.00975>
- Gordon, P. (2004). Numerical cognition without words: Evidence from Amazonia. *Science*, 15 306(5695), 496-499. <https://doi.org/10.1126/science.1094492>
- Hannula, M. M., & Lehtinen, E. (2005). Spontaneous focusing on numerosity and mathematical skills of young children. *Learning and Instruction*, 15, 237-256. <https://doi.org/10.1016/j.learninst.2005.04.005>
- Henrich, J., Heine, S., & Norenzayan, A. (2010). The weirdest people in the world? *Behavioral and Brain Sciences*, 33(2-3), 61-83. <https://doi.org/10.1017/S0140525X0999152X>
- Hirsch, S., Lambert, K., Coppens, K., & Moeller, K. (2018). Basic numerical competences in large-scale assessment data: Structure and long-term relevance. *Journal of Experimental Child Psychology*, 167, 32-48. <https://doi.org/10.1016/j.jecp.2017.09.015>
- Izard, V., Pica, P., Spelke, E. S., & Dehaene, S. (2008). Exact equality and successor function: Two key concepts on the path towards understanding exact numbers. *Philosophical Psychology*, 21(4), 491-505. <https://doi.org/10.1080/09515080802285354>
- Le Corre, M., Li, P., Huang, B. H., Jia, G., & Carey, S. (2016). Numerical morphology supports early number word learning: Evidence from a comparison of young Mandarin and English learners. *Cognitive Psychology*, 88, 162-186. <https://doi.org/10.1016/j.cogpsych.2016.06.003>
- Leslie, A. M., Gelman, R., & Gallistel, C. R. (2007). Where integers come from. En P. Carruthers, S. Laurence & S. Stich (Eds.), *The innate mind. Foundations and the Future* (Vol. 3, pp. 109-138). Oxford University Press.
- 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, 105120. <https://doi.org/10.1016/j.jecp.2021.105120>
- Miller, K. F., & Stigler, J. W. (1987). Counting in Chinese: Cultural variation in a basic cognitive skill. *Cognitive Development*, 2(3), 279-305. [https://doi.org/10.1016/S0885-2014\(87\)90091-8](https://doi.org/10.1016/S0885-2014(87)90091-8)
- Ouyang, X., Zhang, X., Zhang, Q., & Zou, X. (2021). Antecedents and consequences of young children's interest in mathematics. *Early Childhood Research Quarterly*, 57(4), 51-60. <https://doi.org/10.1016/j.ecresq.2021.05.005>
- 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., Stewart, L. A., Thomas, J., Tricco, A. C., Welch, V. A., Whiting, P., & Moher, D. (2021). The PRISMA 2020 statement: An updated guideline for reporting systematic reviews. *Systematic Reviews*, 10(1). <https://doi.org/10.1186/s13643-021-01626-4>

- Pedrosa, I., Suárez-Álvarez, J., & García-Cueto, E. (2014). Evidencias sobre la validez de contenido: avances y métodos para su estimación. *Acción Psicológica*, 10(2), 3-20. <https://scielo.isciii.es/pdf/acp/v10n2/02monografico2.pdf>
- Piantadosi, S., Jara-Ettinger, J., & Gibson, E. (2014). Children's learning of number words in an indigenous farming-foraging group. *Developmental Science*, 17(4), 553#563. <https://doi.org/10.1111/desc.12078>
- Pixner, S., Dresen, V., & Moeller, K. (2018). Differential development of children's understanding of the cardinality of small numbers and zero. *Frontiers in Psychology*, 9, 1636. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2018.01636>
- Pui Tam, Y., Tin-Yau Wong, T., & Wai Lan Chan, W. (2019). The relation between spatial skills and mathematical abilities: The mediating role of mental number line representation. *Contemporary Educational Psychology*, 56, 14-24. <https://doi.org/10.1016/j.cedpsych.2018.10.007>
- Rodríguez, J., Martí, E., & Salsa, A. (2018). Symbolic representations and cardinal knowledge in 3- and 4-year-old children. *Cognitive Development*, 48, 235-243. <https://doi.org/10.1016/j.cogdev.2018.09.004>
- Schneider, R. M., Sullivan, J., Marusic, F., Zaucer, R., Biswas, P., Mismas, P., Plesnicar, V., & Barner, D. (2020). Do children use language structure to discover the recursive rules of counting? *Cognitive Psychology*, 117, 201-263. <https://doi.org/10.1016/j.cogpsych.2019.101263>
- Schneider, R. M., Pankonin, A., Schachner, A., & Barner, D. (2021). Starting small: Exploring the origins of successor function knowledge. *Developmental Science*, 24(4), 1-13. <https://doi.org/10.1111/desc.13091>
- Sella, F., Slusser, E., Odic, D., & Krajcsi, A. (2021). The emergence of children's natural number concepts: Current theoretical challenges. *Child Development Perspectives*, 15, 265-273. <https://doi.org/10.1111/cdep.12428>
- Spaepen, E., Coppola, M., Spelke, E., Carey, S., & Goldin-Meadow, S. (2011). Number without a language model. *Proceedings of the National Academy of Science of the United States of America*, 108, 3163-3168.
- Valcan, D. S., Davis, H. L., Pino-Pasternak, D., & Malpique, A. A. (2020). Executive functioning as a predictor of children's mathematics, reading and writing. *Journal of Applied Developmental Psychology*, 70, 1-18. <https://doi.org/10.1016/j.appdev.2020.101196>
- Wynn, K. (1990). Children's understanding of counting. *Cognition*, 36(2), 155-193. [https://doi.org/10.1016/0010-0277\(90\)90003-3](https://doi.org/10.1016/0010-0277(90)90003-3)
- Wynn, K. (1992). Children's acquisition of the number words and the counting system. *Cognitive Psychology*, 24(2), 220-251. [https://doi.org/10.1016/0010-0285\(92\)90008-P](https://doi.org/10.1016/0010-0285(92)90008-P)
- Yang, X., Zhang, X., Huo, S., & Zhang, Y. (2020). Differential contributions of cognitive precursors to symbolic versus non-symbolic numeracy in young Chinese children. *Early Childhood Research Quarterly*, 53, 208-216. <https://doi.org/10.1016/j.ecresq.2020.04.003>

Notas

- * Artículo de revisión. Este artículo es producto del proyecto de investigación "Aprendizaje de la función de sucesión del sistema de números naturales en niños preescolares", código 80740-162-2020, otorgado al primer y tercer autor y del proyecto financiado por Minciencias, Mineducación y United Way "Innovación en intervención educativa para el desarrollo del pensamiento matemático en la primera infancia", código 1203-1003-72878, CT 517-2020, otorgado al segundo y tercer autor. Este artículo fue desarrollado por el Grupo de investigación Desarrollo, Afectividad y Cognición de la Facultad de Psicología de la Pontificia Universidad Javeriana