

TREINTA AÑOS DE INVESTIGACIONES SOBRE DESARROLLO DE SENTIDO NUMÉRICO EN EDUCACIÓN PRIMARIA

Thirty years of research on number sense development in primary education

Adamuz-Povedano, Natividad^a

^aUniversidad de Córdoba

Resumen

El presente trabajo forma parte del seminario de investigación “Una panorámica de investigaciones sobre pensamiento numérico y pensamiento algebraico”. De forma más específica, el objetivo de este estudio es ofrecer una visión general de las investigaciones en desarrollo del sentido numérico en la etapa de educación primaria a través de la revisión de la producción científica publicada en SCOPUS en ese ámbito. Se han seleccionado 219 publicaciones (artículos, libros y capítulos de libros) y se han analizado desde tres perspectivas: contexto, impacto y contenido de las publicaciones. Del análisis se extrae que la investigación en este ámbito se ha centrado fundamentalmente en medir el sentido numérico manifestado por los estudiantes para vincularlo con el rendimiento académico o con posibles dificultades posteriores en matemáticas, más que en el desarrollo e implementación de programas formativos que promuevan el desarrollo del sentido numérico.

Palabras clave: *educación primaria, revisión sistemática, sentido numérico.*

Abstract

This paper is part of the research seminar "An overview of research on number thinking and algebraic thinking". More specifically, the aim of this study is to provide an overview of research on the development of number sense in primary education through a review of the scientific production published in SCOPUS in this field. A total of 219 publications (articles, books and book chapters) have been selected and analysed from three perspectives: context, impact and content of the publications. The analysis shows that research in this area has focused mainly on measuring students' number sense in order to link it to academic performance or to possible later difficulties in mathematics, rather than on the development and implementation of training programmes that promote the development of number sense.

Keywords: *number sense, primary education, systematic review.*

INTRODUCCIÓN

La investigación sobre el desarrollo del sentido numérico (SN) tiene importantes implicaciones para la enseñanza de las matemáticas. Quizás por eso, es un concepto que ha generado gran interés desde distintos ámbitos, principalmente desde la Educación Matemática y desde la Psicología Cognitiva. No obstante, ambas corrientes conciben el SN de forma distinta, llegando a definiciones diferentes. Según Reynvoet et al. (2016), los científicos cognitivos podrían llegar ya a una definición de SN que aunara bastante consenso. En cambio, dentro de la investigación en Educación Matemática todavía divergimos en la definición. Este hecho puede tener una doble lectura. Por un lado, la ausencia de definiciones precisas puede debilitar la relevancia de los hallazgos de la investigación y dificultar la comunicación académica generando confusión respecto a la naturaleza del SN (Ghazali et al., 2021). Por otro lado, la segmentación de la definición de SN en función del tema concreto que se aborda permite una inmensa riqueza conceptual. Así, para Carroll et al. (2000), las diferentes representaciones numéricas son una estrategia importante para el sentido numérico, mientras que Howell y Kemp (2010) lo ven como la habilidad de componer y descomponer números. Kerschen et

al. (2018), por su parte, destacan la importancia del sentido numérico para identificar magnitudes relativas y absolutas de los números. Otros autores, como Yang et al. (2008) y Kim, Shin y Lee (2013), consideran la comprensión conceptual de las operaciones y la estimación como elementos clave del sentido numérico, mientras que Lee y Lembke (2016) se refieren a la habilidad para realizar cálculos mentales y juzgar la razonabilidad de un cálculo. Otros autores incorporan conceptualizaciones más amplias basándose en aspectos que denotan posesión de SN (Resnick, 1989; Sowder, 1992).

A través de una revisión bibliográfica realizada sobre el término, Andrews y Sayers (2015) encontraron tres perspectivas interconectadas sobre el SN. La primera, el sentido numérico preverbal, se refiere a la capacidad innata de todos los seres humanos para comprender pequeñas cantidades y compararlas. La segunda, el sentido numérico fundacional, incluye los conocimientos numéricos que se adquieren durante los primeros años escolares a través de la instrucción. La tercera, el sentido numérico aplicado, es un conjunto de conocimientos básicos relacionados con los números que son necesarios para cualquier adulto, independientemente de su profesión, en línea con la definición de McIntosh et al. (1992). Por tanto, el objetivo de la etapa de educación primaria en relación con el desarrollo del sentido numérico es promover aprendizajes que hagan que los niños adquieran ese sentido numérico fundacional y transiten hacia el sentido numérico aplicado. Veamos, entonces, con más detalle ambas perspectivas.

Andrews y Sayers (2015) establecen 8 dimensiones o componentes del sentido numérico fundacional (FoNS8 de sus siglas en inglés) que permiten analizar las oportunidades de aprendizaje relacionadas con dicho sentido que surgen en las aulas. Estas son: (a) reconocimiento de números, (b) conteo sistemático, (c) conciencia de la relación entre número y cantidad, (d) discriminación de la cantidad, (e) comprensión de las diferentes representaciones de los números, (f) estimación, (g) competencia aritmética simple y (h) conciencia de los patrones numéricos. Además, conforman un marco con gran potencial para analizar libros de texto (Andrews y Sayers, 2015; Sayers et al., 2021) y para caracterizar la práctica docente (Fernández-Ahumada et al., in press).

En el caso del sentido numérico aplicado encontramos de utilidad las componentes de SN establecidas por McIntosh et al. (1992), a saber: conocimiento y habilidad sobre los números, conocimiento y habilidad sobre las operaciones, y aplicación del conocimiento y habilidad con los números y las operaciones a distintos contextos. En estudios posteriores, como el de Yang y Li (2008), se perfilaron estas componentes ampliándolas a 5: comprender el significado de los números y las operaciones, reconocer el tamaño relativo de los números, ser capaz de componer y descomponer números, reconocer el efecto relativo de las operaciones sobre los números y desarrollar estrategias flexibles y juzgar la razonabilidad de los resultados.

Considerando esto, el objetivo de este estudio es examinar la documentación existente acerca de SN en el ámbito de la educación primaria durante las últimas décadas y evaluar las corrientes temáticas de investigación a través del análisis de las publicaciones. Mediante esta revisión, se busca ofrecer una visión precisa acerca de esta temática, con el fin de orientar futuras investigaciones.

METODOLOGÍA

El análisis bibliométrico tiene un gran potencial para hacer revisiones de la literatura, ya que nos proporciona un proceso de revisión transparente y replicable. Además, nos facilita un análisis estructurado de una gran cantidad de información, permite inferir tendencias a lo largo del tiempo en una disciplina, mostrar a las personas que trabajan en ese ámbito y, en definitiva, presentar el panorama general de la investigación existente basándonos en la evidencia (Aria y Cuccurullo, 2017). La mayoría de los análisis bibliométricos se hacen desde tres enfoques: (a) análisis del contexto de estudio, (b) del impacto y (c) del contenido. En este trabajo, abordaremos esos tres enfoques, comenzando por la descripción del contexto de estudio con la producción diacrónica, autores y autoras más productivas y países más destacados. Continuaremos con el impacto de la producción,

mostrando resultados vinculados con el número de citas de autores y documentos. Por último, abordaremos el análisis de contenido, que será el que pondrá en evidencia las tendencias temáticas en relación con el desarrollo del SN en educación primaria en los años de estudio.

La base de datos escogida para el análisis ha sido SCOPUS por considerar que cubre un espectro más amplio de revistas y volumen de citación (Martín-Martín et al., 2021; Singh et al., 2021). La primera búsqueda se hizo con el término clave *number sense*. De ella, se obtuvieron 872 registros. Posteriormente, se añadió a la búsqueda el condicionante de la etapa educativa, ya que nuestra revisión de la literatura pretende encontrar documentos que aborden el SN en la etapa de educación primaria. Por tanto, se añadió a la cadena de búsqueda, con el operador booleano “AND” una serie de términos clave que identifican esta etapa. La cadena de búsqueda final fue:

"number sense" AND ("primary mathematics" OR "Elementary school" OR "primary school" OR "1th graders" OR "2nd graders" OR "3rd graders" OR "4th graders" OR "5th graders" OR "6th graders" OR "1th-grade" OR "2nd-grade" OR "3rd-grade" OR "4th-grade" OR "5th-grade" OR "6th-grade" OR "First graders" OR "Second graders" OR "Third graders" OR "Fourth graders" OR "Fifth graders" OR "Sixth graders" OR "First-grade" OR "Second-grade" OR "Third-grade" OR "Fourth-grade" OR "Fifth-grade" OR "Sixth-grade" OR "Grade one" OR "Grade two" OR "Grade three" OR "Grade four" OR "Grade five" OR "Grade sixth" OR "young children" OR "year one " OR "year two" OR "year three" OR "year four" OR "year five" OR "year six")

Esto arrojó un total de 245 documentos y aplicando los criterios bibliométricos de inclusión mostrados en la Tabla 1, se obtuvo el total de la muestra a analizar, 219 documentos. La descarga final de datos se hizo el día 8 de mayo de 2023. Este proceso de selección de documentos se muestra en la Figura 1.

Figura 1. Proceso de selección de documentos

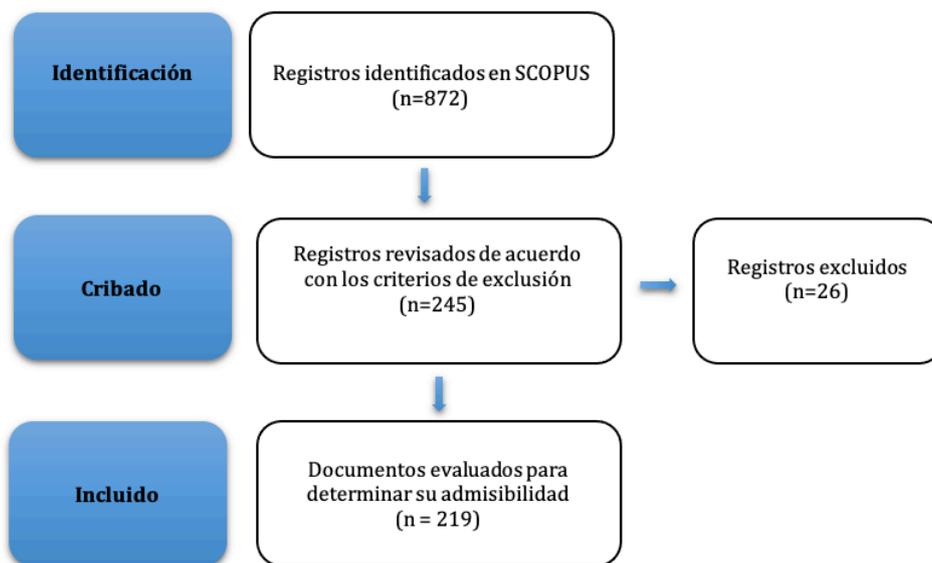


Tabla 1. Criterios bibliométricos de inclusión de documentos en el análisis

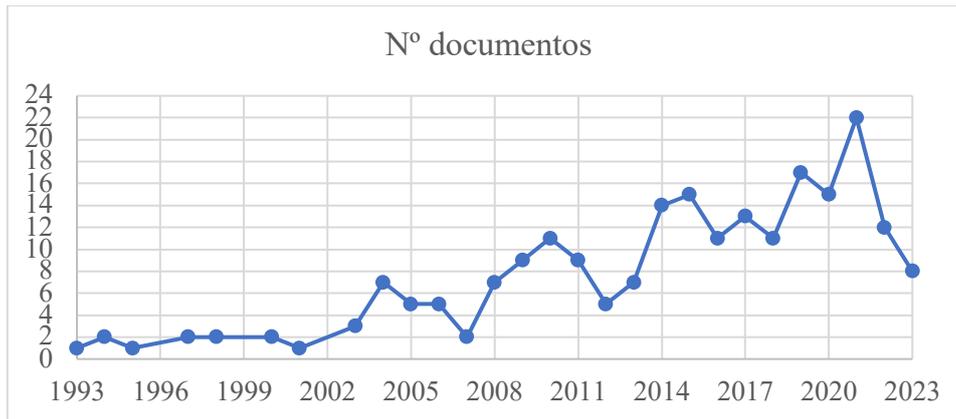
Criterio	Inclusión
Tipo de documento	Artículos, libros, capítulos de libros y revisiones
Áreas	Matemáticas, Psicología y Ciencias Sociales
Estado de la publicación	Final y en prensa

Una vez hecha la descarga de la base de datos, el análisis bibliométrico se llevó a cabo usando el paquete de R bibliometrix (Aria y Cuccurullo, 2017).

RESULTADOS

En relación con la producción diacrónica, en la Figura 2, podemos distinguir tres periodos o fases. La fase inicial, de 1993 a 2002, en la que apenas hay producción científica sobre SN en educación primaria; una fase intermedia, de 2003 a 2013, en la que se observa una mayor producción y, por tanto, se considera que hay un mayor interés en el área de estudio, y por último, de 2014 hasta la actualidad, donde se produce un aumento de la producción alcanzándose el máximo en el año 2021, con 22 publicaciones. En esta década se acumula el 63% de la producción científica publicada en SCOPUS sobre SN en educación primaria. Por tanto, podemos considerar que en este periodo se produce una consolidación de la temática.

Figura 2. Producción diacrónica



Como dato curioso, podemos ver que el primer artículo que aparece indexado en la base de datos es de 1993 y se trata del artículo de Nira Hativa (1993) *Constructing conceptual knowledge and promoting "number sense" from computer-managed practice in rounding whole numbers* publicado en *Mathematics Education Research Journal*. En él se examinó el proceso de aprendizaje de estudiantes de alto rendimiento al desarrollar actividades basadas en ordenador para aprender nuevos conceptos de aritmética, específicamente el redondeo de números naturales.

En la muestra analizada han participado 160 autores y autoras, de los cuales, destaca Der Ching Yang con 23 documentos, que suponen algo más del 10% del total, como puede observarse en la Tabla 2. Este autor y sus colaboradores han analizado ampliamente distintos aspectos del desarrollo del SN en la educación primaria de Taiwan. En Yang (2003), el primero de sus artículos en la muestra, compara dos clases de quinto curso de educación primaria; en la experimental, implementa una metodología específica para el desarrollo del SN y en la de control, se desarrolla la metodología habitual, obteniendo diferencias significativas en favor del grupo experimental. En Yang et al. (2004) se presenta un estudio similar, pero en sexto de educación primaria. Sus publicaciones van evolucionando hasta llegar a la creación de varios instrumentos (test que se aplican con el ordenador) que miden el desarrollo del SN en los últimos cursos de la etapa de educación primaria (e.g., Cheung y Yang, 2018; Sianturi et al., 2023; Yang, 2022).

Tabla 2. Autores más productivos en SN en educación primaria

Nombre autor/a	N.º documentos	Porcentaje
Yang, D. C.	23	10,50%
Aunio, P.	7	3,20%
Jordan, N. C.	7	3,20%
Clarke, B.	6	2,74%
De Smedt, B.	5	2,28%
Glutting, J.	5	2,28%
Kroesbergen, E. H.	5	2,28%
Reynvoet, B.	5	2,28%

Nombre autor/a	N.º documentos	Porcentaje
Van Luit, J. E. H.	5	2,28%
Hautamäki, J.	4	1,83%

El segundo autor en número de documentos publicados es Pirjo Aunio, con 7 trabajos desde 2004 hasta 2023. Los estudios de este autor y colaboradores han indagado en el SN desarrollado por estudiantes en países como Finlandia, Hong Kong, Singapore o China. En tercer lugar, se encuentra Nancy Jordan, con 6 trabajos, en los que analiza, fundamentalmente, el desarrollo del SN en los primeros cursos de educación primaria en escuelas de Estados Unidos, como predictor del dominio de las matemáticas en cursos posteriores, prestando especial atención al estatus socioeconómico. Los trabajos de Ben Clarke se centran en el uso del SN como predictor de futuras dificultades en matemáticas y en la medición de la eficacia de programas de intervención en el área de matemáticas, poniendo el foco en la posible relación entre el grado de desarrollo del SN de los estudiantes y el estado de riesgo de alfabetización temprana. Son investigaciones con estudiantes de último curso de infantil y primer curso de primaria. Bert de Smedt es el primer autor que nos encontramos con investigaciones de corte más psicológico, que indagan en el papel de las funciones ejecutivas y la metacognición, y el procesamiento de magnitudes simbólicas en la aritmética, o en la utilidad de los datos de seguimiento ocular para investigar el desarrollo del SN. Bert Reynvoet, investigador del área de psicología cognitiva, analiza el desarrollo de los procesos numéricos simbólicos y no simbólicos, y la cognición numérica. Los 5 trabajos de Joseph Glutting son en co-autoría con Nancy Jordan, de modo que ya están incluidos en los trabajos de esta autora. Nos encontramos en la misma situación con Johannes Van Luit y Jarkko Hautamäki, ya que sus trabajos son en co-autoría con Aunio. De manera sintética, vemos que, de los 10 autores más productivos, 8 son investigadores del ámbito de la Educación Matemática y 2 del ámbito de la Psicología.

Por otro lado, tanto o más importante que el número de artículos que publica un autor, es el impacto de sus publicaciones en el resto de la comunidad científica. En la Tabla 3 se muestran los 5 autores con más impacto dentro de la muestra de estudio. Así, podemos observar que, en líneas generales, Nancy Jordan es la autora más influyente, a pesar de tener, aproximadamente, un tercio de las publicaciones del autor más productivo en este campo. Esto pone de manifiesto que, dentro de la comunidad científica recogida en este estudio, hay un especial interés por las implicaciones que puede tener el desarrollo del SN en los primeros años de aprendizaje en el éxito matemático posterior.

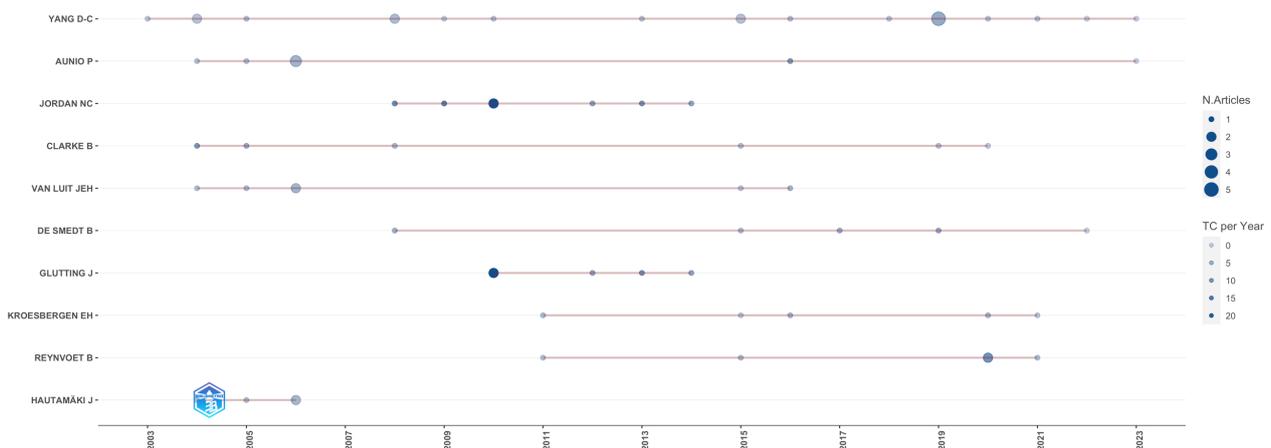
Tabla 3. Impacto local de los autores

Autor/a	h_index	TC	NP	PY_start
Yang, D. C.	11	309	22	2003
Jordan, N. C.	7	964	7	2008
Aunio, P.	6	257	7	2004
Van Luit, J. E. H.	6	215	6	2004
Clarke, B.	5	391	6	2004

Nota: h_index se refiere al índice h, TC es el número total de citas, NP es el número de artículos y PY_start es el primer año en el que publica un artículo.

Analizando la producción de los autores a lo largo del tiempo, podemos obtener información cruzada entre el número de publicaciones y el impacto de los autores. Así, en la Figura 3, vemos que, a pesar del gran impacto que tienen los trabajos de Jordan, esta autora no tiene publicaciones relacionadas con este tema desde 2014. En cambio, Yang, se presenta como un autor muy consolidado en este ámbito de estudio, ya que ha permanecido activo desde que publicó su primer artículo en esta temática en 2003.

Figura 3. Producción de autores a lo largo del tiempo



Nota: Realizada con bibliometrix

A continuación, analizamos el impacto que tienen los documentos, de forma que podamos ver son artículos o capítulos de libros más influyentes en la temática. Para ello, en la Tabla 4 mostramos los 15 documentos con más citas dentro de la muestra analizada. En ella se presenta tanto la citación local (número de citas a ese documento dentro de los 219 documentos que componen nuestra muestra de estudio), como el número de citas globales (total de citas recibidas por ese documento dentro y fuera de la muestra). Con estos valores podemos obtener la ratio entre ambos, de modo que este valor indica cómo es la influencia de ese documento. Cuanto más alto es el porcentaje, la influencia de ese trabajo es mayor dentro de la muestra analizada. Por el contrario, cuanto más bajo es el porcentaje quiere decir que es un documento que influye menos en nuestra muestra, pero sí tiene gran impacto a nivel global.

El primer documento de la tabla es el artículo *The importance of number sense to mathematics achievement in first and third grades*, de Nancy Jordan, Joseph Glutting y Chaitanya Ramineni (2010), publicado en la revista *Learning and Individual differences*. En este documento se evaluó el SN de 454 niños y niñas al inicio del primer curso. Posteriormente, se midió su rendimiento en matemáticas al final del primer y tercer curso. Encontraron que el SN se relacionó significativamente con el rendimiento en matemáticas en ambos cursos, observándose que su capacidad predictiva no disminuyó con el tiempo. Este documento, a pesar de ser el que más citas acumula a nivel global, parece que no ha presentado demasiado interés dentro de los trabajos centrados en SN en educación primaria. Una situación similar se encuentra en el trabajo de Ben Clarke y Mark R. Shinn (2004), titulado *A preliminary investigation into the identification and development of early mathematics curriculum-based measurement*, publicado en *School Psychology Review*. La situación problemática de la que parten son los bajos niveles en matemáticas alcanzados en Estados Unidos. Los autores, a través del marco teórico, argumentan que una de las claves para prevenir futuras dificultades en matemáticas es la detección e intervención precoz en aquellos estudiantes que corren el riesgo de fracasar en esta área. En ese trabajo prueban la fiabilidad, validez y sensibilidad de varios instrumentos para la identificación temprana y la evaluación formativa en matemáticas: cuatro de carácter experimental, vinculados al SN (conteo oral, identificación de números, discriminación de cantidades y números que falta) y tres test estandarizados. Estos últimos son utilizados para examinar la validez concurrente y predictiva de las medidas experimentales. Se trata de un trabajo de corte muy psicológico que pretende ser un punto de partida para el diseño de un instrumento eficaz que detecte, de forma temprana, posibles dificultades en el área de matemáticas. Este documento presenta una ratio de 10,16%, lo que implica que es de gran interés a nivel global en investigaciones sobre SN, pero de escasa influencia en los trabajos centrados en la educación primaria. En cambio, encontramos el trabajo de Elisabeth Dunphy (2007) titulado *The primary mathematics curriculum: enhancing its*

potential for developing young children's number sense in the early years at school y publicado en *Irish Educational Studies*, que tiene algo más de la tercera parte de las citas que el documento de Jordan y colaboradores, dentro de la muestra de estudio, pero presenta una ratio de 68,42%. Esto indica que es un trabajo de mucho interés para otros investigadores que estudian el desarrollo del SN en la etapa de educación primaria. En este trabajo la autora parte de la idea de que el SN es fundamental para el aprendizaje de las matemáticas y que la normativa curricular no ha quedado ajena a ello. Por tanto, analiza el currículo de matemáticas de Irlanda para ver cómo se define el SN. Para ello la autora define un marco sociocultural relacionado con el SN que contempla 4 aspectos: placer e interés por los números, pensamiento cuantitativo, conciencia numeral y comprensión del propósito de los números. En su análisis, detecta algunas deficiencias en las orientaciones para el profesorado y perfila algunas vías de mejora.

Si nos fijamos en los trabajos de Yang, uno de los autores más presentes en nuestra muestra, vemos que aparecen 4 trabajos suyos dentro de los 15 más citados y todos ellos con un porcentaje de citación que ronda el 50%. Esto indica que aproximadamente la mitad de sus citas son de autores dentro de nuestra muestra de estudio y la otra mitad son de autores de fuera de la muestra. Por tanto, ese puede considerar un autor muy influyente en la temática analizada.

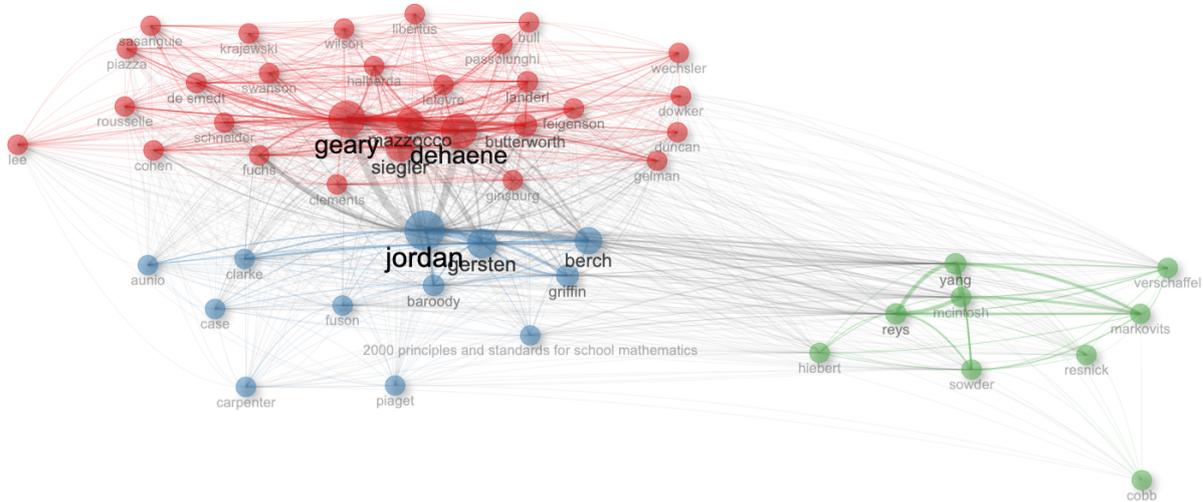
Tabla 4. Documentos más citados

Autor, año, revista	Año	Citación local	Citación global	Ratio CL/CG (%)
Jordan, N. C., 2010, Learning and Individual Differences	2010	36	246	14,63
Clarke, B., 2004, School Psychology Review	2004	19	187	10,16
Yang, D. C., 2008, International Journal of Science and Mathematics Education	2008	17	33	51,52
Dunphy, E., 2007, Irish Educational Studies	2007	13	19	68,42
Locuniak, M. N., 2008, Journal of Learning Disabilities	2008	13	186	6,99
Yang, D. C., 2010, Journal of Educational Research	2010	12	25	48,00
Griffin, S., 2004, Early Childhood Research Quarterly	2004	11	153	7,19
Chard, D. J., 2005, Assessment for Effective Intervention	2005	10	116	8,62
Jordan, N. C., 2009, Developmental Disabilities Research Reviews	2009	10	201	4,98
Jordan, N. C., 2010, School Psychology Review	2010	9	66	13,64
Yang, D. C., 2004, International Journal of Science and Mathematics Education	2004	9	22	40,91
Dyson, Ni, 2013, Journal of Learning Disabilities	2013	8	113	7,08
Sood, S., 2007, Journal of Special Education	2007	8	44	18,18
Yang, D. C., 2013, Educational Technology and Society	2013	8	18	44,44

Por último, en relación con las autorías, mostramos la estructura intelectual de la muestra de estudio, lo cual se visualiza en las redes de co-citación, ya que cuando dos trabajos aparecen en el mismo listado de referencias se considera que se establece entre ellos una conexión intelectual. Así, en la Figura 4 observamos tres clústeres. En el clúster rojo podemos ver la red cuyos nodos principales los constituyen autores como Geary, Dehaene, Mazzoco o Siegler. Esto significa que hay muchos trabajos de nuestra muestra que citan a estos autores simultáneamente, siendo todos ellos trabajos de corte más psicológico. Si analizamos los estudios que contribuyen a esta red, encontramos que predominan las investigaciones que se centran en analizar el rendimiento matemático en estudiantes con problemas de aprendizaje; también hay investigaciones que analizan componentes cognitivos en el procesamiento matemático. En el clúster azul, se identifican 3 autores muy influyentes: Jordan, Gersten o Berch. Fundamentalmente, sus investigaciones están centradas en la predicción de dificultades en matemáticas a través de diferentes mediciones de componentes de SN. Por último,

encontramos el clúster verde, que es menos influyente que los otros dos. Aglutina trabajos que han citado a Yang, McIntosh, Reys Swoder, Resnick o Markovits. Son investigaciones centradas en la evaluación de programas de intervención para el desarrollo del sentido numérico y la evaluación de componentes del SN en distintos cursos de la educación primaria.

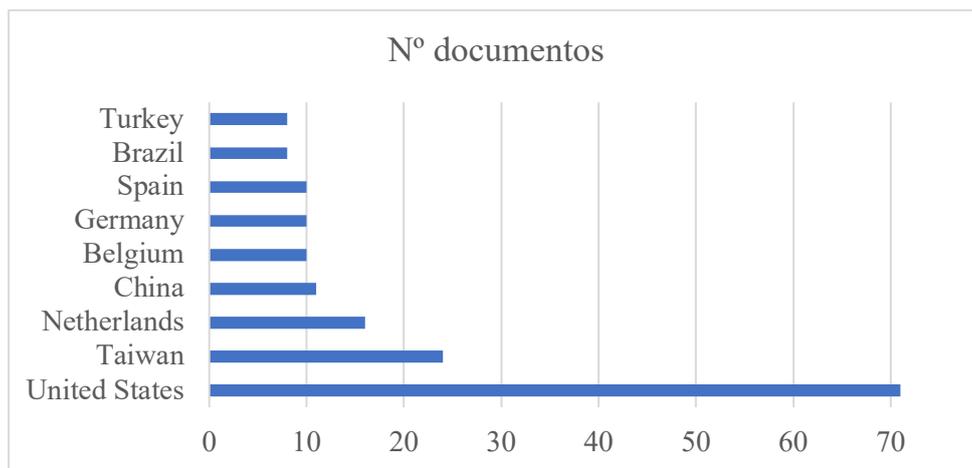
Figura 4. Red de co-citación de autores



Nota: Realizada con bibliometrix

Centrándonos ahora en la producción por países, se observa que 43 países son responsables de toda la producción analizada. En la Figura 5 se muestran los 10 primeros países, destacando Estados Unidos con el 26,6% de la producción, seguida de Taiwan (debido a los trabajos de Yang y colaboradores, fundamentalmente). También se observa que España aparece en séptima posición con 10 trabajos (igualada con Bélgica y Alemania). De ellos, podemos destacar como más relevantes los de De León y colaboradores, en los que se usa el SN como una medida de detección de estudiantes con riesgo de fracaso en matemáticas (de León et al., 2021, 2022). También encontramos trabajos en los que se relaciona el SN en educación primaria con el pensamiento algebraico y pensamiento relacional (Adamuz-Povedano et al., 2021; Molina y Castro, 2021).

Figura 5. Documentos por países



Una lectura interesante de la producción es la que nos ofrece el impacto de las revistas donde se publica. Esto nos muestra cuáles son las revistas donde más se publica y, por lo tanto, las que presentan más impacto en esta temática. Así, en la Tabla 5 vemos que la revista en la que más artículos de esta temática se han publicado es *Frontiers in psychology*. Sin embargo, no es la más influyente. Podemos decir que, teniendo en cuenta el índice h, las revistas *Journal for research in mathematics*

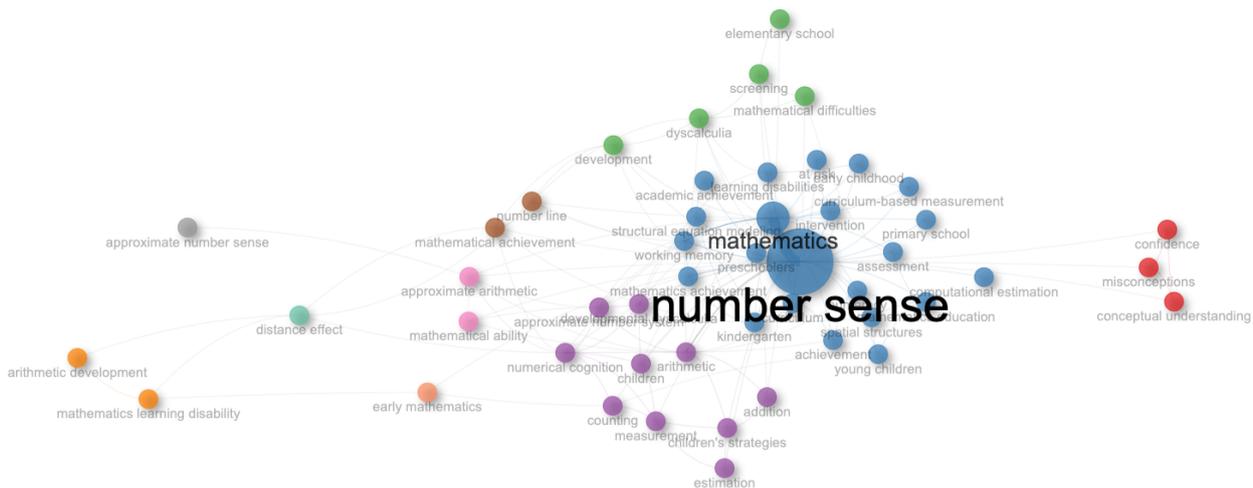
education, International journal of science and mathematics education y Educational studies in mathematics son las que tienen mayor impacto y, por tanto, son las más influyentes en la temática analizada.

Tabla 5. Impacto de las revistas en las que se publica sobre SN en educación primaria

Revista	h_index	TC	Nº documentos	Año 1ª publicación
Journal for Research in Mathematics Education	7	356	8	1998
International Journal of Science and Mathematics Education	6	121	9	2003
Educational Studies in Mathematics	5	184	5	1994
Developmental Science	4	302	4	2008
Educational Studies	4	92	4	2004
Frontiers in Psychology	4	156	11	2013
Journal of Educational Psychology	4	250	4	2009
Journal of Experimental Child Psychology	4	261	4	2011
Journal of Learning Disabilities	4	349	6	2008
Journal of Mathematical Behavior	4	85	5	1995

A continuación, centramos el análisis en la estructura conceptual de la muestra de estudio, es decir, de qué se habla en este frente de investigación. Para ello, comenzamos mostrando la red de co-ocurrencia de las palabras de autor en la Figura 6.

Figura 6. Red de co-ocurrencia de términos en los resúmenes



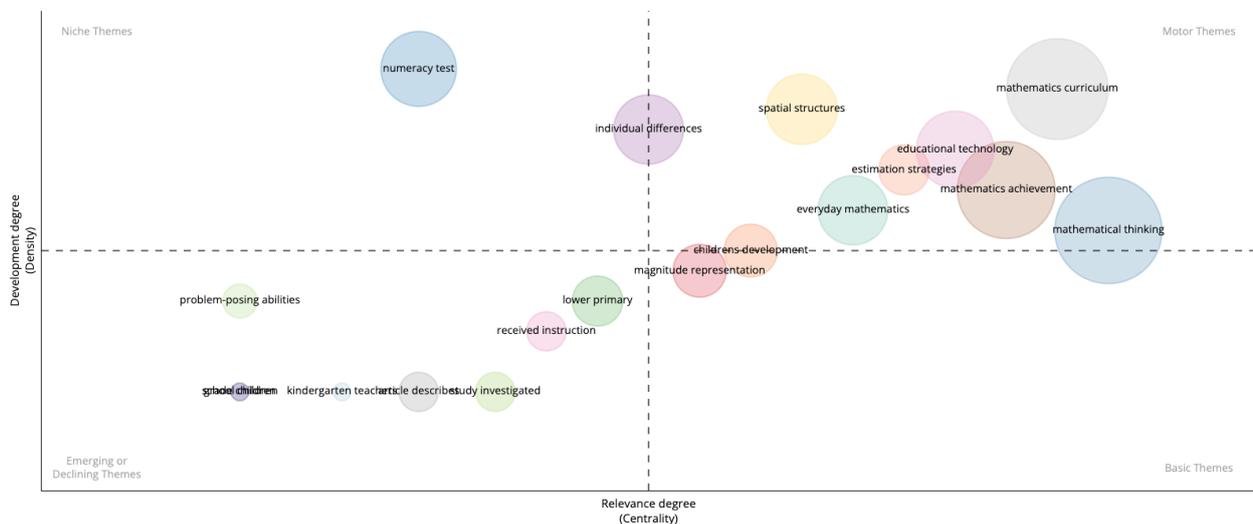
Nota: Red representada con bibliometrix

Vemos que de lo que más se habla en esos trabajos se representa con los clústeres más grandes. Así, en el clúster azul vemos que aparecen términos como *working memory* (memoria de trabajo), *academic achievement* (rendimiento académico), *assessment* (evaluación), *learning disabilities* (problemas de aprendizaje) o *at risk* (en riesgo). Se puede decir que en la muestra de estudio los trabajos que más abundan son los que abordan temas más transversales al SN. El clúster morado, que sería el siguiente en orden de importancia, engloba términos como *estimation* (estimación), *counting* (conteo), *arithmetic* (aritmética), *children's strategies* (estrategias de los niños) o *numerical cognition* (cognición numérica). Son términos muy relacionados con algunas de las componentes de SN descritas en el FoNS8. Aunque también podemos ver algunos términos muy vinculados a las componentes del SN como *approximate arithmetic* (cálculo aproximado) o *number line* (recta numérica), que no están conectados con esta red. Por último, encontramos clústeres más pequeños,

como el verde, que agrupa términos relacionados con dificultades de aprendizaje o el rojo que tiene que ver con comprensión conceptual.

Como comentamos en el análisis de la producción diacrónica, el periodo de consolidación de la investigación sobre desarrollo del SN en la etapa de educación primaria era del 2013 en adelante. Será, por tanto, interesante analizar cómo ha sido la evolución de temáticas. Para ello, establecemos dos periodos, el que va desde 1993 hasta 2013 y el periodo que va de 2014 hasta la actualidad. En las figuras 7 y 8 se representa una visualización distinta de la red de palabras de la Figura 6, consistente en tomar pequeños clústeres de la red completa, asignar una palabra que caracteriza los términos de ese clúster y representarlo como un círculo en uno de los cuadrantes del gráfico, atendiendo al grado de relevancia y grado de desarrollo de los términos de ese clúster. Así, en el cuadrante 1 tenemos los temas motores, es decir, los temas principales de nuestro campo de estudio. En el cuadrante 2, tenemos los temas periféricos, que son temas vinculados a los temas principales, pero que aparecen poco. En el cuadrante 3 tenemos temas que, o bien son emergentes, o están en declive. Y, por último, en el cuadrante 4 aparecen los temas transversales.

Figura 7. Mapa temático de documentos publicados entre 1993 y 2013



Nota: Extraída de bibliometrix

En la Figura 7, se observa que, en el periodo de 1993 a 2013, aparece como uno de los temas principales el clúster de *mathematics curriculum* (currículo de matemáticas). Los trabajos más relevantes en este clúster son 5 artículos de Yang y colaboradores (Yang, 2003, 2005; Yang et al., 2004, 2008; Yang y Huang, 2004), por lo que va a tener un claro sesgo geográfico porque todos ellos son estudios centrados en Taiwan. Llama la atención que aparezca el término *spatial structures* (estructuras espaciales) como una de los temas motores relacionados con SN en educación primaria. En él influyen fundamentalmente los trabajos de Fenna van Nes y colaboradores en los que diseñan una trayectoria de aprendizaje hipotética para favorecer la capacidad de estructuración de los participantes. Para ello, parten de la premisa de que la comprensión de las estructuras espaciales influye positivamente en el desarrollo del SN a través del aprendizaje de procedimientos numéricos como determinación, comparación y operar con cantidades. Sus hallazgos refuerzan otras investigaciones previas que asocian la capacidad de estructuración espacial con el desempeño en matemáticas como una componente más a tener en cuenta en el desarrollo del SN (van Nes y Doorman, 2011; van Nes y van Eerde, 2010).

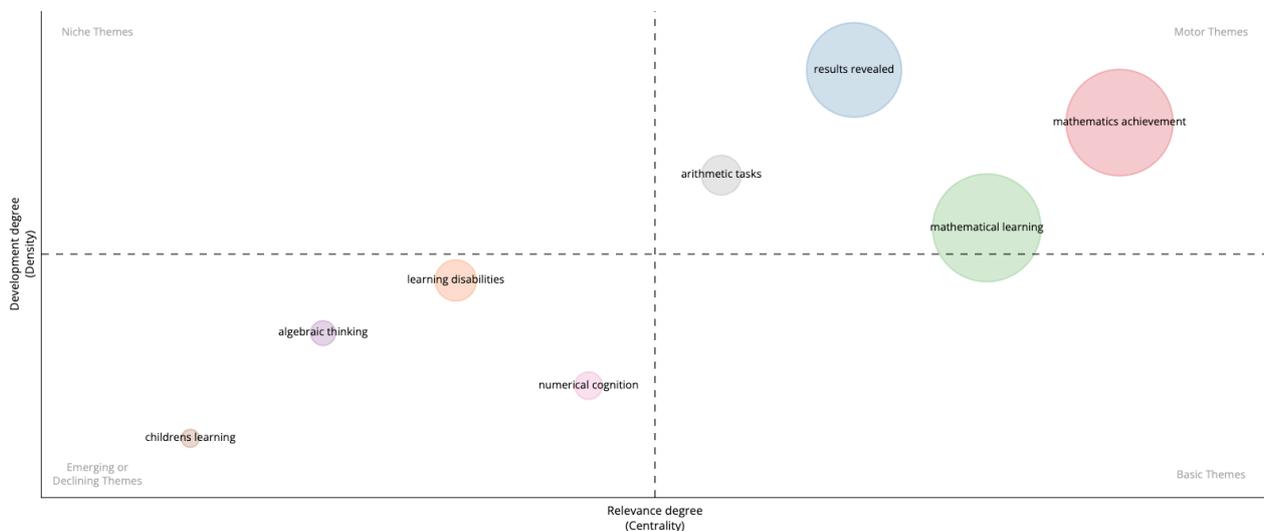
También vemos que el clúster representado por *mathematics achievement* (rendimiento en matemáticas) está entre los temas motores. Este clúster engloba términos como pensamiento matemático, dificultades en matemáticas o habilidades matemáticas. Los artículos más influyentes en

esta temática son trabajos centrados en la medida del SN como predictor del rendimiento matemático (Geary et al., 2009; Keijzer y Terwel, 2003; Locuniak y Jordan, 2008; Raches y Mazzocco, 2012; Rotem y Henik, 2013).

Otro de los temas motores de este periodo es *estimation strategies* (estrategias de estimación) del que podemos destacar el trabajo de Star y colaboradores (2009), que diseñaron intervenciones en el aula con estudiantes de quinto y sexto de primaria para promover la flexibilidad de estrategias de estimación computacional.

Centrándonos en la última década del periodo analizado, se observa que, a pesar de haber mucha más producción que en el periodo anterior, los temas principales parece que están más definidos apareciendo solo 4 clústeres: *result revealed* (resultados obtenidos), *mathematics achievement* (rendimiento en matemáticas), *mathematical learning* (aprendizaje matemático) y *arithmetic tasks* (tareas aritméticas) (ver Figura 8). Dentro del clúster de *result revealed* (parece que la etiqueta elegida por el programa no es muy apropiada) aparecen términos como *conceptual understanding* (comprensión conceptual), *low performance* (bajo desempeño), *three-tier test* (test de tres fases) y *student performed* (desempeño de estudiantes). Los trabajos más influyentes en esta temática son prácticamente todos los trabajos de Yang y colaboradores publicados en este periodo y los trabajos de Sinclair (2015) y Pareto (2014). En la temática de *arithmetic tasks* podemos destacar como más influyente el trabajo de Joonkoo Park y Elizabeth Brannon (2014) en el que diseñan varios experimentos para ejercitar a los participantes en el uso de actividades con operaciones no simbólicas, encontrando que este tipo de entrenamiento mejora el rendimiento en aritmética simbólica. El clúster de *mathematical learning* es el más grande, pero también es el que aborda temas más transversales.

Figura 8. Mapa temático de documentos publicados entre 2014 y 2023



Nota: Extraída de bibliometrix

Por último, vemos que en esta última década aparece como un tema emergente el clúster de pensamiento algebraico donde aparecen los trabajos que relacionan SN con pensamiento algebraico y patrones. En él influyen especialmente trabajos muy recientes como son los de Adamuz-Povedano et al. (2021), Somasundram (2021), Somasundram et al. (2019) y Thinwiangthong et al. (2021).

CONCLUSIÓN

El estudio presenta un análisis de la producción científica sobre SN en la etapa de educación primaria en los últimos 30 años. Los datos revelan un crecimiento significativo en el tema de estudio en la última década duplicando el número de trabajos publicados en los primeros 20 años. Se podría inferir

que este crecimiento está muy vinculado con la aparición del SN en los currículos de muchos países a partir del comienzo del siglo XXI.

En cuanto al análisis de autoría, encontramos que Der Ching Yang es el autor más productivo con 23 documentos publicados desde 2003. Además, teniendo en cuenta el impacto de sus publicaciones, ese puede considerar el autor más influyente dentro de la muestra de estudio. Por tanto, sus trabajos deberían ser tenidos en cuenta antes de iniciar una investigación dentro de esta temática.

En la visualización de redes de co-citación, hemos perfilado la estructura intelectual de los documentos de la muestra, encontrando tres grandes grupos: trabajos del ámbito de la psicología cognitiva y problemas de aprendizaje, investigaciones centradas en el uso del sentido numérico como predictor de dificultades de aprendizaje y estudios focalizados en medir diferentes componentes del SN y en la evaluación de programas de intervención.

En relación con la estructura conceptual, la visualización de la red de co-ocurrencia de palabras clave nos ha permitido detectar que aunque aparecen términos vinculados con las componentes de Andrews y Sayer (2015) y de Yang y Li (2008), no llegan a abarcarse todos, además aparecen disgregados, lo que refleja la falta de un listado de componentes estables. Otra conclusión a destacar es que, a pesar de que hemos visto que hay numerosas investigaciones vinculan positivamente el desarrollo del SN con el éxito en matemáticas, hay pocas investigaciones que se centren en la implementación de programas formativos o metodologías que promuevan un mayor desarrollo de SN en los primeros años de aprendizaje y muchas más las que se centran en medir el sentido numérico manifestado por los estudiantes para vincularlo con el rendimiento académico o con posibles dificultades posteriores en matemáticas. Lo que abre una posible continuación de este trabajo, incluyendo un nuevo nivel de concreción, rescatando los trabajos que se centran en el diseño de propuestas metodológicas o programas formativos con el objetivo de promover el desarrollo del SN.

El análisis presentado en este trabajo nos ofrece una panorámica general de las temáticas abordadas, lo que nos facilita detectar ámbitos por los que debería avanzar la investigación sobre sentido numérico en la etapa de primaria. En ese sentido la investigación debería avanzar tendiendo puentes entre la investigación educativa y la escuela, diseñando, implementando y evaluando el impacto de actividades que promuevan eficazmente el desarrollo del sentido numérico.

Agradecimientos: Este trabajo se ha realizado en el proyecto con referencia PID2020-113601GB-I00 financiado por MCIN/AEI/10.13039/501100011033.

Referencias

- Adamuz-Povedano, N., Fernández-Ahumada, E., García-Pérez, M. T. y Montejo-Gámez, J. (2021). Developing number sense: An approach to initiate algebraic thinking in primary education. *Mathematics*, 9(5), 518. <https://doi.org/10.3390/math9050518>
- Andrews, P. y Sayers, J. (2015). Identifying opportunities for grade one children to acquire foundational number sense: Developing a framework for cross cultural classroom analyses. *Early Childhood Education Journal*, 43(4), 257-267. <https://doi.org/10.1007/s10643-014-0653-6>
- Aria, M. y Cuccurullo, C. (2017). bibliometrix : An R-tool for comprehensive science mapping analysis. *Journal of Informetrics*, 11(4), 959-975. <https://doi.org/10.1016/j.joi.2017.08.007>
- Carroll, W. M., Fuson, K. C. y Diamond, A. (2000). Use of student-constructed number stories in a reform-based curriculum. *Journal of Mathematical Behavior*, 19(1), 49-62. [https://doi.org/10.1016/S0732-3123\(00\)00038-9](https://doi.org/10.1016/S0732-3123(00)00038-9)
- Cheung, K. L. y Yang, D.-C. (2018). Examining the differences of Hong Kong and Taiwan students' performance on the number sense three-tier test. *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, 14(7), 3329-3345. <https://doi.org/10.29333/ejmste/91682>
- Clarke, B. y Shinn, M. R. (2004). A preliminary investigation into the identification and development of early

- mathematics curriculum-based measurement. *School Psychology Review*, 33(2), 234-248. <https://doi.org/10.1080/02796015.2004.12086245>
- de León, S. C., Jiménez, J. E., García, E. y Gutiérrez, N. (2021). Identification of Spanish third graders at risk of math problems: Usefulness of number sense based screening measures. *Psychology in the Schools*, November 2020. <https://doi.org/10.1002/pits.22525>
- de León, S. C., Jiménez, J. E. y Hernández-Cabrera, J. A. (2022). Confirmatory factor analysis of the indicators of basic early math skills. *Current Psychology*, 41(2), 585-596. <https://doi.org/10.1007/s12144-019-00596-0>
- Dunphy, E. (2007). The primary mathematics curriculum: Enhancing its potential for developing young children's number sense in the early years at school. *Irish Educational Studies*, 26(1), 5-25. <https://doi.org/10.1080/03323310601125088>
- Fernández-Ahumada, E., Adamuz-Povedano, N., Montejo-Gámez, J. y Martínez-Jiménez, E. (en prensa). Investigating teaching practices in relation to the development of number sense in the first year of primary education: A case study. *Proceedings of the Thirteen Congress of the European Society for Research in Mathematics Education*.
- Geary, D. C., Bailey, D. H. y Hoard, M. K. (2009). Predicting mathematical achievement and mathematical learning disability with a simple screening tool: The number sets test. *Journal of Psychoeducational Assessment*, 27(3), 265-279. <https://doi.org/10.1177/0734282908330592>
- Ghazali, M., Mohamed, R. y Mustafa, Z. (2021). A systematic review on the definition of children's number sense in the primary school years. *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, 17(6), em1968. <https://doi.org/10.29333/ejmste/10871>
- Hativa, N. (1993). Constructing conceptual knowledge and promoting «number sense» from computer-managed practice in rounding whole numbers. *Mathematics Education Research Journal*, 5(2), 124-151. <https://doi.org/10.1007/BF03217191>
- Howell, S. C. y Kemp, C. R. (2010). Assessing preschool number sense: Skills demonstrated by children prior to school entry. *Educational Psychology*, 30(4), 411-429. <https://doi.org/10.1080/01443411003695410>
- Jordan, N. C., Glutting, J. y Ramineni, C. (2010). The importance of number sense to mathematics achievement in first and third grades. *Learning and Individual Differences*, 20(2), 82-88. <https://doi.org/10.1016/j.lindif.2009.07.004>
- Keijzer, R. y Terwel, J. (2003). Learning for mathematical insight: A longitudinal comparative study on modelling. *Learning and Instruction*, 13(3), 285-304. [https://doi.org/10.1016/S0959-4752\(02\)00003-8](https://doi.org/10.1016/S0959-4752(02)00003-8)
- Kerschen, K., Cooper, S., Shelton, R. y Scott, L. (2018). The impact of a summer mathematics academy on rising kindergartners' understanding of early number concepts. *Journal of Research in Childhood Education*, 32(4), 419-434. <https://doi.org/10.1080/02568543.2018.1497738>
- Kim, D., Shin, J. y Lee, K. (2013). Exploring latent class based on growth rates in number sense ability. *Asia Pacific Education Review*, 14(3), 445-453. <https://doi.org/10.1007/s12564-013-9274-9>
- Lee, Y.-S. y Lembke, E. (2016). Developing and evaluating a kindergarten to third grade CBM mathematics assessment. *ZDM - Mathematics Education*, 48(7), 1019-1030. <https://doi.org/10.1007/s11858-016-0788-6>
- Locuniak, M. N. y Jordan, N. C. (2008). Using kindergarten number sense to predict calculation fluency in second grade. *Journal of Learning Disabilities*, 41(5), 451-459. <https://doi.org/10.1177/0022219408321126>
- Martín-Martín, A., Thelwall, M., Orduna-Malea, E. y Delgado López-Cózar, E. (2021). Google Scholar, Microsoft Academic, Scopus, Dimensions, Web of Science, and OpenCitations' COCI: a multidisciplinary comparison of coverage via citations. *Scientometrics*, 126(1), 871-906. <https://doi.org/10.1007/s11192-020-03690-4>
- McIntosh, A., Reys, B. J. y Reys, R. E. (1992). A proposed framework for examining basic number sense. *For*

the learning of Mathematics, 12(3), 2-8.

- Molina, M. y Castro, E. (2021). Third grade students' use of relational thinking. *Mathematics*, 9(2), 187. <https://doi.org/10.3390/math9020187>
- Pareto, L. (2014). Mathematical literacy for everyone using arithmetic games. En *Virtual Reality: People with Special Needs*. Nova Science Publishers, Inc.
- Park, J. y Brannon, E. M. (2014). Improving arithmetic performance with number sense training: An investigation of underlying mechanism. *Cognition*, 133(1), 188-200. <https://doi.org/10.1016/j.cognition.2014.06.011>
- Raches, D. y Mazzocco, M. M. M. (2012). Emergence and nature of mathematical difficulties in young children with barth syndrome. *Journal of Developmental & Behavioral Pediatrics*, 33(4), 328-335. <https://doi.org/10.1097/DBP.0b013e31824c4090>
- Resnick, L. B. (1989). Defining, assessing, and teaching number sense. En J. Sowder & B. P. Schappelle (Eds.), *Establishing foundations for research on number sense and related topics: Report of a conference* (pp. 35-39). National Science Foundation.
- Reynvoet, B., Smets, K. y Sasanguie, D. (2016). "Number sense": What's in a name and why should we bother? En *Continuous issues in numerical cognition* (pp. 195-214). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-801637-4.00009-3>
- Rotem, A. y Henik, A. (2013). The development of product parity sensitivity in children with mathematics learning disability and in typical achievers. *Research in Developmental Disabilities*, 34(2), 831-839. <https://doi.org/10.1016/j.ridd.2012.11.001>
- Sayers, J. y Andrews, P. (2015). Foundational number sense: summarising the development of an analytical framework. *CERME 9-Ninth Congress of the European Society for Research in Mathematics Education, February*, 361-367.
- Sayers, J., Petersson, J., Rosenqvist, E. y Andrews, P. (2021). Opportunities to learn foundational number sense in three Swedish year one textbooks: Implications for the importation of overseas-authored materials. *International Journal of Mathematical Education in Science and Technology*, 52(4), 506-526. <https://doi.org/10.1080/0020739X.2019.1688406>
- Sianturi, I. A. J., Ismail, Z. y Yang, D.-C. (2023). Examining fifth graders' conceptual understanding of numbers and operations using an online three-tier test. *Mathematics Education Research Journal*, 0123456789. <https://doi.org/10.1007/s13394-023-00452-2>
- Sinclair, N. (2015). What kind of thing might number become? En *Mathematics, Substance and Surmise* (pp. 347-363). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-319-21473-3_17
- Singh, V. K., Singh, P., Karmakar, M., Leta, J. y Mayr, P. (2021). The journal coverage of Web of Science, Scopus and Dimensions: A comparative analysis. *Scientometrics*, 126(6), 5113-5142. <https://doi.org/10.1007/s11192-021-03948-5>
- Somasundram, P. (2021). The role of cognitive factors in year five pupils' algebraic thinking: A structural equation modelling analysis. *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, 17(1). <https://doi.org/10.29333/ejmste/9612>
- Somasundram, P., Akmar, S. N. y Eu, L. K. (2019). Year five pupils' number sense and algebraic thinking: The mediating role of symbol and pattern sense. *New Educational Review*, 55(1), 100-111. <https://doi.org/10.15804/ner.2019.55.1.08>
- Sowder, J. (1992). Estimation and number sense. En D. A. Grouws (Ed.), *Handbook of research in mathematics teaching and learning* (pp. 371-389). Macmillan Publishing Co.
- Star, J. R., Rittle-Johnson, B., Lynch, K. y Perova, N. (2009). The role of prior knowledge in the development of strategy flexibility: The case of computational estimation. *ZDM - International Journal on Mathematics Education*, 41(5), 569-579. <https://doi.org/10.1007/s11858-009-0181-9>
- Thinwiangthong, S., Chatathicoon, S., Ya-Amphan, D., Somumchan, V. y Jahanian, K. (2021). Early

- childhood students' mathematical ability in highscope and lesson study context. *Kasetsart Journal of Social Sciences*, 42(3), 550-557. <https://doi.org/10.34044/j.kjss.2021.42.3.15>
- van Nes, F. y Doorman, M. (2011). Fostering young children's spatial structuring ability. *International Electronic Journal of Mathematics Education*, 6(1), 27-39. <https://doi.org/10.29333/iejme/259>
- van Nes, F. y van Eerde, D. (2010). Spatial structuring and the development of number sense: A case study of young children working with blocks. *Journal of Mathematical Behavior*, 29(3), 145-159. <https://doi.org/10.1016/j.jmathb.2010.08.001>
- Yang, D.-C. (2003). Teaching and learning number sense – an intervention study of fifth grade students in Taiwan. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 1(1), 115-134. <https://doi.org/10.1023/A:1026164808929>
- Yang, D.-C. (2005). Number sense strategies used by 6th-grade students in Taiwan. *Educational Studies*, 31(3), 317-333. <https://doi.org/10.1080/03055690500236845>
- Yang, D.-C. (2022). Investigating the differences between confidence ratings in the answer and reason tiers in fourth graders via online four-tier test. *Studies in Educational Evaluation*, 72(January), 101127. <https://doi.org/10.1016/j.stueduc.2022.101127>
- Yang, D.-C., Hsu, C.-J. y Huang, M.-C. (2004). A study of teaching and learning number sense for sixth grade students in Taiwan. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 2(3), 407-430. <https://doi.org/10.1007/s10763-004-6486-9>
- Yang, D.-C. y Huang, F.-Y. (2004). Relationships among computational performance, pictorial representation, symbolic representation and number sense of sixth-grade students in Taiwan. *Educational Studies in mathematics*, 30(4), 373-389. <https://doi.org/10.1080/0305569042000310318>
- Yang, D.-C., Li, M. y Lin, C.-I. (2008). A study of the performance of 5th graders in number sense and its relationship to achievement in mathematics. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 6(4), 789-807. <https://doi.org/10.1007/s10763-007-9100-0>
- Yang, D.-C. y Li, M. N. (2008). An investigation of 3rd-grade Taiwanese students' performance in number sense. *Educational Studies in mathematics*, 34(5), 443-455. <https://doi.org/10.1080/03055690802288494>