

Artículo de Investigación

Neuroeducación en la resolución de problemas verbales, funciones ejecutivas y comprensión lectora: revisión sistemática exploratoria

Neuroeducation in Resolution of Verbal Problems, Executive Functions, and Reading Comprehension: Scopus Review

Aida Moreno-Rus: Universitat Jaume I, España.

arus@uji.es

Noelia Ventura-Campos¹: Universitat Jaume I, España.

venturan@uji.es

Mercedes Ventura: Universitat Jaume I, España.

mventura@uji.es

Fecha de Recepción: 29/05/2024

Fecha de Aceptación: 04/09/2024

Fecha de Publicación: 28/01/2025

Cómo citar el artículo:

Moreno-Rus, A., Ventura-Campos, N. y Ventura, M. (2025). Neuroeducación en la resolución de problemas verbales, funciones ejecutivas y comprensión lectora: revisión sistemática exploratoria [Neuroeducation in Resolution of Verbal Problems, Executive Functions, and Reading Comprehension: Scopus Review]. *European Public & Social Innovation Review*, 10, 1-22. <https://doi.org/10.31637/epsir-2025-1376>

Resumen:

Introducción: La resolución de problemas verbales es una habilidad esencial en la educación matemática. Esta revisión exploratoria busca entender cómo las funciones ejecutivas y la comprensión lectora influyen en la resolución de problemas verbales, y qué áreas cerebrales están involucradas. **Metodología:** Siguiendo el método PRISMA-ScR, se realizaron búsquedas en las bases de datos WOS, Scopus y Pubmed, centradas en la asociación entre funciones ejecutivas, comprensión lectora y resolución de problemas verbales matemáticos, y revisiones de las áreas cerebrales implicadas. Se analizaron ocho artículos de 62 seleccionados, con 1912

¹ Autor Correspondiente: Noelia Ventura-Campos. Departamento de Educación y Didácticas Específicas, Universitat Jaume I (España).

participantes entre ocho y 13 años. **Resultados:** Los resultados indican una relación entre la comprensión lectora y las funciones ejecutivas en la resolución de problemas verbales. El análisis de las áreas cerebrales involucradas sugiere la existencia de una red fronto-cingulo-parietal, incluyendo el giro temporal superior izquierdo, activada ante una alta demanda cognitiva. **Discusión:** La revisión muestra cómo una buena comprensión lectora, influenciada por las funciones ejecutivas, mejora la resolución de problemas verbales. Se subraya la necesidad de una mayor investigación en neuroeducación para estudiar las áreas cerebrales implicadas en esta competencia. **Conclusiones:** Las intervenciones educativas deberían ir alineadas al nivel de desarrollo de las funciones ejecutivas y de comprensión lectora del alumnado.

Palabras clave: Neuroeducación; Resolución Problemas Verbales; Competencia matemática; Comprensión lectora; Funciones ejecutivas; Áreas cerebrales; revisión sistemática exploratoria.

Abstract:

Introduction: Verbal problem-solving is an essential skill in mathematics education. This exploratory review aims to understand how executive functions and reading comprehension influence verbal problem-solving and which brain areas are involved. **Methodology:** Following the PRISMA-ScR method, searches were conducted in the WOS, Scopus, and Pubmed databases, focusing on the association between executive functions, reading comprehension, and verbal mathematical problem-solving, and reviews of related brain areas through MRI studies. **Results:** Nine out of 62 selected articles were analyzed, with 1912 participants aged between eight and 13 years. The results indicate a direct relationship between reading comprehension and executive functions in verbal problems-solving. The analysis of the brain areas involved suggests the existence of a fronto-cingulo-parietal network, including left superior temporal gyrus, which is activated in response to high cognitive demand. **Discussion:** The review shows that strong reading comprehension, influenced by executive functions, improves verbal problem solving. It highlights the need for further research in neuroeducation to examine the brain areas involved in this skill. **Conclusions:** Educational interventions should be aligned with the developmental levels of students' executive functions and reading comprehension abilities.

Keywords: Brain Areas; Cognitive-Behavioral Variables; Executive Functions; Influence; Mathematical Competence; Neuroeducation; Reading Comprehension; Verbal Problem Solving.

1. Introducción

La resolución de problemas es una tarea habitual en nuestra vida cotidiana (Halmos, 1980) y uno de los elementos centrales de la enseñanza de las matemáticas (NCTM, 2000). La resolución de problemas verbales es crucial, ya que es uno de los objetivos más importantes en el aprendizaje de las matemáticas, así como su generalización y aplicación en la vida diaria (Kilpatrick *et al.*, 2001). En el ámbito escolar, los fundamentos de los conceptos matemáticos y el razonamiento para su comprensión y aplicación se desarrollan principalmente a través del lenguaje. Del mismo modo, en la práctica cotidiana cada aplicación de las matemáticas comienza con la interpretación de situaciones descritas verbalmente, que luego deberán ser traducidas a términos matemáticos para llegar a conclusiones significativas. Así, los problemas verbales parecen desempeñar un papel relevante al desarrollar la habilidad de aplicar conceptos matemáticos en contextos reales expresados en palabras. En este contexto, Mamedova *et al.*, (2021), indican que la resolución de problemas verbales matemáticos es un gran predictor para el desarrollo académico y la obtención de empleo. La resolución de

problemas verbales es un proceso complejo que conlleva leer y comprender el problema. Por tanto, es necesario seguir un camino que ayude a resolverlo de manera exitosa, evitando las técnicas automáticas y memorísticas, que suele utilizar el alumnado y que carecen de estrategia para su resolución.

Polya (1945) identificó cuatro fases para llevar a cabo de manera exitosa la resolución de problemas verbales. La primera fase exige la comprensión del enunciado, así como la identificación del tipo de información que nos va a ser necesaria. La segunda fase consiste en diseñar un plan, por lo que hay que encontrar la relación entre los datos que aporta el problema y las incógnitas. Así, en esta fase se ha de escoger una heurística para poder resolver el problema. La tercera, implica la ejecución de la heurística propuesta. Finalmente, en la cuarta fase, se comprueba el resultado y la heurística utilizada, asegurándose de que todo tenga sentido de acuerdo con el enunciado propuesto. En cada una de estas fases, todo parece indicar que será necesario el uso de diferentes funciones cognitivas, más concretamente, la implicación de Funciones Ejecutivas (FFEE) y la comprensión lectora con el fin de llevar a cabo la resolución del problema verbal planteado.

1.1. Funciones ejecutivas y comprensión lectora

Las FFEE son habilidades que permiten gestionar y manejar la atención de una manera flexible, inhibir las respuestas impulsivas, retener información y ejecutar tareas utilizando dicha información. Estas capacidades son esenciales para realizar conductas de manera efectiva y resolver problemas de manera eficiente (Cantín *et al.*, 2016). Según Tirapu-Ustárroz y Luna-Lario (2008), las FFEE incluyen la memoria de trabajo, inhibición, flexibilidad cognitiva, planificación, fluidez verbal, multitarea y toma de decisiones. Sin embargo, las más estudiadas en la resolución de problemas verbales son la memoria de trabajo, inhibición, flexibilidad cognitiva y planificación.

La memoria de trabajo es un sistema cognitivo que facilita la adquisición de información para la resolución de problemas manteniendo y almacenando información de las experiencias recientes (Baddeley, 1992). Algunos autores (Agostino *et al.*, 2010; Faber *et al.*, 2020) indican que esta función se divide en dos componentes: la actualización, que se encarga de sustituir la información irrelevante y desactualizada, conservando solo aquella que es importante; y la M-capacity (*mental-attentional capacity*), siendo la cantidad de información que una persona puede mantener y procesar simultáneamente. La gran mayoría de las investigaciones defienden la influencia de la memoria de trabajo en la resolución de problemas (Baddeley, 1997). Además, estudios previos suelen relacionar también la memoria de trabajo con las diferencias individuales en comprensión lectora (Daneman y Merikle, 1996), siendo la comprensión lectora también relacionada con un mejor rendimiento matemático, sobre todo en resolución de problemas verbales (Boonen *et al.*, 2016; Vilenius-Tuohimaa *et al.*, 2008). Estos estudios sugieren la necesidad de un buen rendimiento en comprensión lectora para poder resolver un problema de tipo verbal. Teniendo en cuenta estas relaciones y si observamos la primera fase de Polya, todo parece indicar que la comprensión lectora puede ser una de las claves para llegar a una resolución exitosa del problema, la cual puede ayudar a una mejor comprensión del enunciado y al descifrado de su información (Boonen *et al.*, 2016). Esto se ve reforzado por varios estudios que muestran que existe una relación de la memoria de trabajo y la resolución de problemas verbales, dependientes del lenguaje (Fuchs *et al.*, 2006). Por otro lado, también se ha observado que la memoria de trabajo, la inhibición y la flexibilidad cognitiva tienen una influencia indirecta en las habilidades matemáticas a través de la comprensión lectora (Cantín *et al.*, 2016).

La inhibición, es la capacidad de inhibir respuestas, pensamientos y comportamientos, así como resistir la interferencia de estímulos distractores, para así concentrarse en la información relevante para alcanzar la solución (Miyake *et al.*, 2000). En estudios previos se ha observado la relación entre la inhibición y la capacidad de suprimir la información irrelevante de los enunciados de los problemas (Marzocchi *et al.*, 2002; Passolunghi *et al.*, 2005), lo que sugiere que puede formar parte del proceso cognitivo que se lleva a cabo en la primera fase de Polya. Esto daría sentido a los resultados de las investigaciones que relacionan las dificultades en el razonamiento matemático debidos a problemas en el control de la inhibición (Passolunghi y Siegel, 2001).

Por otro lado, la flexibilidad cognitiva es la capacidad de poder cambiar entre tareas, operaciones, conjuntos mentales o estrategias nuevas para adaptarse a entornos desafiantes y variables (Diamond, 2013), y es un dominio del funcionamiento ejecutivo que a menudo se examina en la literatura matemática (Clements *et al.*, 2016). En la realización de la segunda fase de Polya, la información extraída de un enunciado debe integrarse con el conocimiento preexistente para formar un modelo de problema conceptual (Kintsch, 1998). Así, la flexibilidad cognitiva parece jugar un papel fundamental, ya que permite alternar entre distintas posibilidades de conjuntos de operaciones mentales que permita seleccionar la estrategia heurística adecuada para resolver el problema. Asimismo, también implica cambiar de la heurística seleccionada a la ejecución de esta, que se corresponde con la tercera fase de Polya.

Por último, la planificación es una de las FFEE que menos se ha estudiado en la resolución de problemas matemáticos. La planificación es la capacidad para anticipar consecuencias, establecer previamente la secuencia de pasos necesarias, y en los plazos correctos, para ejecutar una actividad que sirva para el logro de un objetivo (Díaz *et al.*, 2012; Soprano, 2009). Se considera que la planificación se alinea con el resto de las FFEE, como la memoria de trabajo, la inhibición y la flexibilidad cognitiva, con el objetivo de poder llevar a cabo los objetivos planteados (Díaz *et al.*, 2012). Esto parece indicar que la capacidad de planificación podría ser un factor clave en la resolución de problemas, ya que estaría presente en las tres primeras fases de Polya.

1.1. Neurociencia educativa

En los últimos años, la neurociencia ha ido constituyéndose como un campo con el que poder obtener evidencias empíricas que ayude a enfocar un nuevo abordaje de la didáctica y de los procesos de aprendizaje. En ella se estudian las habilidades cognitivas individuales en situaciones de aprendizaje, dejando de considerar al estudiante como un receptor pasivo de contenidos (Ortiz, 2015). Así se abre paso a la neurociencia educativa que se encarga, mediante la investigación interdisciplinar, de encontrar los mecanismos neurales del aprendizaje y comprender los efectos de la educación en el cerebro y viceversa, con tal de poder llevar estos hallazgos a la práctica de la enseñanza-aprendizaje (Thomas *et al.*, 2019).

Así pues, emerge el nuevo campo de la Neuroeducación, donde los investigadores estudian el cerebro humano en situaciones de aprendizaje durante la etapa educativa (Ansari y Coch, 2006; Goswami, 2006; Ventura-Campos *et al.*, 2022^a; 2022^b). Un mayor conocimiento de las bases cerebrales involucradas en la enseñanza-aprendizaje de las matemáticas puede jugar un papel decisivo en una mejora de la educación matemática (Ventura-Campos *et al.*, 2018). Varios autores opinan que este campo emergente que estudia cerebro, mente y educación debería caracterizarse por el uso de metodologías, análisis y variables múltiples tanto en la enseñanza como en la investigación (Ansari y Coch, 2006; Ventura-Campos *et al.*, 2018).

Así, la combinación de diferentes técnicas de neuroimagen in vivo y no invasivas, tal como la resonancia Magnética (RM), pueden ser esenciales para mostrarnos las diferencias anatómicas, funcionales, los procesos de desarrollo y plasticidad cerebral en procesos de aprendizaje matemático. Pero hasta el momento, muchos han sido los estudios de neuroimagen que se han focalizado en el aprendizaje de las matemáticas como simples operaciones aritméticas, poco se ha investigado sobre la resolución de problemas verbales (Ventura-Campos *et al.*, 2018). Entre los investigadores que han centrado su trabajo mediante RM en resolución de problemas verbales encontramos a Anderson (Anderson *et al.*, 2008, 2012; Danker y Anderson, 2007), quien propone un módulo cerebral activo durante la resolución de problemas verbales algebraicos que involucra las siguientes áreas cerebrales: corteza prefrontal, “módulo de recuperación”, necesario para recuperar las reglas algebraicas y procedimientos aprendidos hasta el momento; la corteza parietal, “módulo abstracto o imaginario”, que ayuda a transformar el lenguaje natural a ecuación matemática; y, el giro fusiforme en el lóbulo occipital, “módulo visual”, encargado de extraer y decodificar la información sobre la ecuación.

En cuanto a las dificultades presentadas en el ámbito del aprendizaje en resolución de problemas verbales, hasta el momento la neurociencia se ha centrado, en la mayoría de las investigaciones, en los procesos asociados al alumnado con dificultades de aprendizaje como puede ser la discalculia o dislexia, entre otras. No teniendo en cuenta los errores cometidos por el alumnado típico, los cuales son una manifestación de los obstáculos y dificultades que presentan en el propio aprendizaje y que nos pueden aportar información sobre las diferencias individuales durante el proceso de enseñanza-aprendizaje. Recientemente, se han publicado varios estudios de neuroimagen con RM (Ventura-Campos *et al.*, 2022a, 2022b) sobre uno de los errores más persistentes en resolución de problemas verbales que se extiende hasta el estudiantado universitario y que se conoce como error de inversión. El error de inversión se da cuando el estudiantado puede reconocer la información en el enunciado de los problemas verbales de comparación, pero invierten la relación entre dos variables al construir las ecuaciones. Estos estudios fueron realizados con estudiantes universitarios y mostraron que aquellos que cometían error de inversión activaban una red fronto-parietal bilateral, con la implicación del giro cingulado, la cual se asociaba con el requerimiento de una gran demanda cognitiva para la resolución de problemas verbales y, por tanto, parece sugerir una mayor implicación de las FFEE. Además, los resultados mostraron una diferencia significativa entre el grupo que cometía error de inversión con el que no, en el giro temporal medial posterior derecho, área cerebral involucrada en el proceso de nueva información semántica, lo que sugería que para el estudiantado que cometía este tipo de error, le resultaba un enunciado no familiar, asociado a modismos, y que precisaba ser decodificado para darle significado en el proceso de traducción de enunciado a ecuación algebraica (Ventura-Campos *et al.*, 2022b). Así, una vez más, la literatura nos muestra que posiblemente un problema de comprensión del enunciado podría también ser uno de los obstáculos en la resolución de problemas verbales. Por todo esto, es necesario conocer el papel exacto que tiene la comprensión lectora, así como las diferentes FFEE que juegan su papel en la resolución de problemas verbales.

Estos estudios de neuroimagen y educación matemática proporcionan información sobre el desarrollo del cerebro humano y su maduración y cómo ésta puede ser de gran importancia en el aprendizaje. En consecuencia, la educación podría hacer uso de la neurociencia para poder desarrollar los currículos educativos que faciliten una enseñanza más adecuada para el alumnado, trabajando sobre las funciones cognitivas que más interfieren en la consecución de unos objetivos didácticos específicos.

El objetivo de esta revisión exploratoria es descubrir la influencia que tienen las FFEE y la comprensión lectora en la correcta resolución de problemas verbales y estudiar las áreas cerebrales relacionadas a estas tres variables de estudio, para ayudar a vislumbrar qué neuromecanismos forman parte de esta asociación.

2. Metodología

Esta revisión exploratoria o *scoping review* ha seguido el protocolo propuesto por PRISMA para este tipo de revisiones (PRISMA-ScR). Estas directrices se publicaron en 2018 y contiene 20 elementos de informe esenciales y 2 elementos opcionales que se deben de completar en la revisión. Este tipo de revisión exploratoria sirve para explorar la evidencia y literatura disponible sobre un tema ante preguntas de investigación amplias, así como justificar una posible futura revisión sistemática de la literatura (Tricco *et al.*, 2018).

2.1. Elementos de búsqueda

Para establecer los parámetros de búsqueda, formulamos los criterios a partir de los términos clave que guían nuestra investigación. Inicialmente, nuestro enfoque estaba dirigido a examinar la relación entre la resolución de problemas verbales, la comprensión lectora, las FFEE y las áreas cerebrales asociadas. Por esta razón, decidimos realizar una revisión para recopilar la información disponible sobre este tema hasta la fecha. Sin embargo, no encontramos artículos que abordaron todas estas variables simultáneamente. Por consiguiente, nuestro estudio se divide en dos objetivos. Un objetivo principal que busca descubrir la relación entre las FFEE, la comprensión lectora y la resolución de problemas verbales a nivel de estudios conductuales. Y un segundo objetivo, para analizar las áreas cerebrales relacionadas a nuestras variables de estudio: FFEE, comprensión lectora y resolución de problemas verbales.

Por tanto, para definir los términos de búsqueda del objetivo principal, consideramos dos conceptos clave: el impacto de las FFEE y la comprensión lectora en el proceso de resolución de problemas, y cómo su interacción puede influir en dicho proceso. Además, buscamos explorar cómo las FFEE, la comprensión lectora y la resolución de problemas verbales vienen relacionadas por las diferentes regiones cerebrales a través de una búsqueda de artículos que estudien cada una de estas variables.

2.2. Criterios de elegibilidad

Se establecieron los siguientes criterios de inclusión para el estudio: (a) artículos académicos, ya que queremos asegurarnos de que solo se consideren artículos publicados en revistas científicas que hayan pasado por un proceso riguroso de revisión por pares; (b) libros y capítulos de libros, que recojan diferentes revisiones sobre el tema basándose en publicaciones científicas previas; (c) publicaciones en inglés por ser el idioma universal de la investigación científica, y en español por ser la primera lengua de las autoras; (d) población humana menores de 30 años; (e) resolución de problemas verbales matemáticos; y (f) artículos accesibles.

Los criterios de exclusión fueron los siguientes: (a) actas de congresos u otro tipo de publicaciones; (b) participantes con edad superior a 30 años; (c) participantes que padecieran algún tipo de enfermedad física o patología psiquiátrica; con problemas en el neurodesarrollo o dificultades en el aprendizaje; (d) artículos en idiomas que no sean inglés, español o portugués; (e) participantes zurdos, por posibles diferencias en la lateralización del lenguaje.

2.3. Selección de las fuentes de información

Se consultaron bases de datos que incluyen una producción a nivel internacional relevante en el campo de la investigación científica y educativa, tales como: Web of Science (WOS) de Clarivate Analytics, y Scopus de Elsevier, dado el índice de impacto que constituyen (JCR y SJR, respectivamente). También se consultó la base de datos PubMed por ser un recurso abierto a través del cual podemos encontrar más de 21 millones de referencias bibliográficas procedentes de Medline (base de datos de la Biblioteca Nacional de Medicina de Estados Unidos que ofrece tanto artículos de medicina como de psicología, entre muchos otros temas).

2.4. Estrategias de Búsqueda

Los datos fueron obtenidos en marzo de 2024. Primero se buscaron los conceptos de búsqueda adecuados en el Thesaurus of Psychological Index Terms. En las bases de datos seleccionadas se utilizaron las siguientes palabras clave con el operador "AND": "executive function" AND "reading comprehension" AND ("problem Solving" OR "math problem" OR "mathematical Problem" OR "verbal problem" OR "word problem"). Se utilizó la siguiente estrategia de selección: (1) las palabras clave se aplicaron al título del trabajo, el resumen y las palabras clave; (2) los criterios de inclusión y exclusión fueron filtrados por los motores de búsqueda; y (3) los resultados se filtraron mediante una revisión del idioma. Se realizó una revisión del título y si este no proporcionaba suficiente claridad para aplicar estos criterios, se revisaron los resúmenes. Finalmente, los documentos se filtraron en busca de duplicados para obtener los artículos finales.

3. Resultados

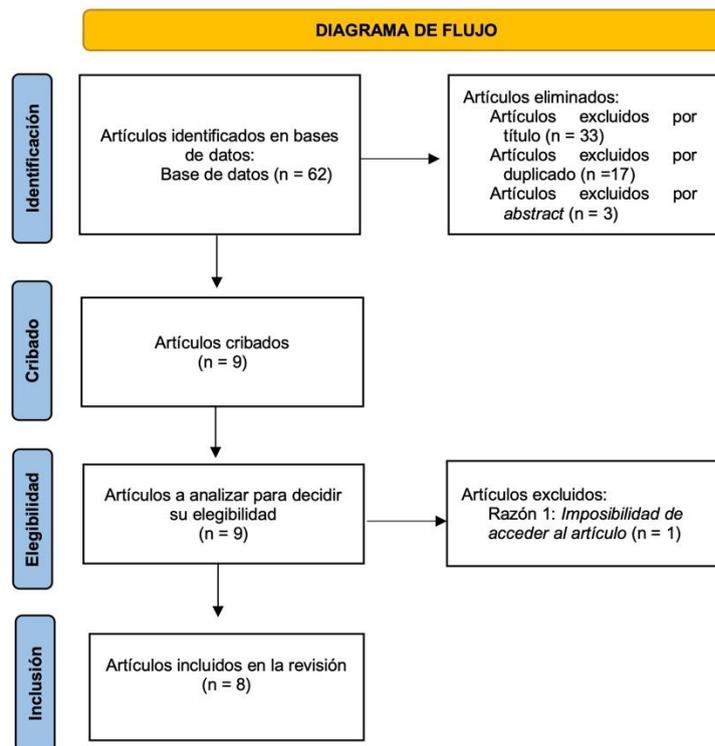
3.1. Resultados principales

Tras realizar la búsqueda en las tres bases de datos (WOS, Scopus y Pubmed), con las palabras clave, anteriormente mencionadas, obtuvimos un total de 62 artículos. Este resultado se redujo a nueve artículos una vez revisada la búsqueda por duplicados, así como por tener un título y/o resumen que no cumplía con los criterios de inclusión de nuestro estudio. Uno de los artículos no fue tenido en cuenta para esta revisión dado que no fue posible su acceso. Así, para redactar esta revisión, se emplearon un total de ocho artículos que satisfacían todos los criterios de inclusión, y que estudiaban la relación entre las FFEE, la comprensión lectora y la resolución de problemas verbales matemáticos.

En cada paso, análisis de títulos, resúmenes y textos completos, los resultados fueron codificados por dos autores y en caso de desacuerdo fueron discutidos hasta su resolución. La figura 1 muestra el proceso de búsqueda y filtrado seguido, de acuerdo con el modelo PRISMA.

Figura 1.

Diagrama de flujo PRISMA del proceso de revisión sistemática exploratoria



Fuente: Elaboración propia (2024), adaptada de Page *et al.* (2021).

Los artículos seleccionados han sido publicados entre el 2004 y el 2022. Los participantes de los estudios tenían edades entre ocho a 13 años perteneciendo a seis países distintos, no encontrando estudios de la etapa educativa de secundaria a universidad. Los estudios incluidos en la revisión exploratoria incluían un total de 1.912 participantes, desde 49 a 521 participantes por estudio. Todos analizaron la influencia de las FFEE y la comprensión lectora en la resolución de problemas verbales matemáticos. En la tabla 1, se muestra un resumen de las variables estudiadas en los artículos obtenidos de la búsqueda e incluidos en la revisión.

Tabla 1.

Estudios que presentan evidencia de la asociación entre FFEE, comprensión lectora y resolución de problemas verbales

Autoría	Edad (años)	Medidas de FFEE	Medidas de comprensión lectora	Resolución de problemas verbales
Cartwright <i>et al.</i> (2022) Estados Unidos	8-11	<ul style="list-style-type: none"> <i>Inhibición:</i> Subtest Nepsy-II <i>Memoria de trabajo:</i> subtest de "letras en orden inverso" TOMAL-2. 	Woodcock Johnson-IV Tests of Achievement	PARCC (Partnership for Assessment of Readiness for College and Careers, 2011).

		<ul style="list-style-type: none"> • <i>Flexibilidad cognitiva</i>: clasificación múltiple, ordenar tarjetas en dos dimensiones simultáneamente, lo que requería de cambios continuos entre las características del estímulo. 			
Passolunghi et al., (2022)	Italia y España	10-11	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Inhibición</i>: stroop de colores • <i>Memoria de trabajo</i>: escucha de seis listas de ocho objetos y recordar los tres objetos más pequeños de cada lista 	Lectura de textos expositivos y la respuesta a 12 preguntas de tipo test	PROBLEMAS ARITMÉTICOS: 12 problemas verbales de uno y dos pasos, que podían presentar consistencia, inconsistencia o ambas.
Zhang et al., (2018)	China	Media de 9,60	<ul style="list-style-type: none"> • Test BRIEF: <i>Inhibición, flexibilidad cognitiva, control emocional, memoria de trabajo y planificación</i> 	Lectura de 30 enunciados y selección de una imagen que mejor concuerde con el significado.	PROBLEMAS ARITMÉTICOS: 22 problemas verbales de dos pasos. El primero de aditivo y el siguiente en multiplicativo. La mitad de los problemas con enunciados consistentes; y la otra mitad con enunciados inconsistentes.
Wu et al., (2017)	Estados Unidos	Media de 8,34	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Memoria de trabajo</i>: subpruebas de la WMTB-C: Recuperación de conteo, dígitos directos e inversos y recuperación de bloques 	Subtest de comprensión lectora del WIAT-II	PROBLEMAS ARITMÉTICOS: Problemas verbales y No Verbales (numéricos, aritméticos) y subpruebas WIAT-II: resolución de problemas verbales de uno o más pasos.
Iglesias-Sarmiento et al., (2015)	España	10-11	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Memoria de trabajo actualización</i>: Reading Span Test para niños (PAL-N) 	PROLEC-R	PROBLEMAS ARITMÉTICOS: Subtest de la batería Evalúa (versión 4); y capacidad de resolución de problemas aritméticos (EVAMAT 7)
Agostino et al., (2010)	Canadá	8-13	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Memoria de trabajo actualización</i>: The Letter Memory Task (LMT) y the visual n-back task. 2. <i>M-Capacity</i>: The Direction Following Task (DFT), The Figural Intersection Task (FIT) • <i>Flexibilidad cognitiva</i>: contingency Naming Task y el Trail Making Test 	Subtest de comprensión lectora del WIAT-II	PROBLEMAS ARITMÉTICOS: 15 ejercicios de problemas verbales de multiplicación de un solo paso y 15 de múltiples pasos

			• <i>Inhibición</i> : antisaccade task y el test de stroop de números y colores)	
Lee <i>et al.</i> , (2009) Singapur	Media de 11,2	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Memoria de trabajo</i>: WMTB-C • <i>Inhibición</i>: Stroop numérico y tarea del Stop Signal • <i>Flexibilidad cognitiva</i>: tarea Number-Letter y tarea de Plus-Minus 	subprueba de vocabulario y diseño de bloques de WISC-III y subprueba de comprensión de textos de WOLD.	PROBLEMAS ALGEBRAICOS: 10 problemas verbales algebraicos
Lee <i>et al.</i> , (2004) Singapur	Media de 10,7	• <i>Memoria de trabajo</i> : WMTB-C	Subtests WISC-III	PROBLEMAS ALGEBRAICOS: 10 problemas verbales algebraicos

Fuente: Elaboración propia (2024)

3.2. Resultados de relación entre la comprensión lectora, FFEE y resolución de problemas verbales

Los resultados del estudio de Lee *et al.* 2004, muestran que aquellos estudiantes que presentaban una mayor puntuación en memoria de trabajo y mejor habilidad lectora podían resolver con mayor facilidad este tipo de problemas. En este mismo estudio, se pudo ver cómo la memoria de trabajo y la comprensión lectora podían predecir el rendimiento matemático de los participantes y, se observó por primera vez, la importancia del ejecutivo central en la resolución de problemas de tipo verbal.

Posteriormente y basándose en estos resultados, Lee *et al.* (2009) volvieron a estudiar esta relación, esta vez teniendo en cuenta también los componentes de inhibición y flexibilidad cognitiva, además de la memoria de trabajo. Estos autores determinaron que el papel que tenía la comprensión lectora en la resolución de problemas verbales tenía gran importancia en la descodificación del enunciado y en la asignación del operador correspondiente. La memoria de trabajo había demostrado estar significativamente correlacionada con la resolución, sin embargo, no lo hicieron la inhibición y la flexibilidad cognitiva. Los autores hipotetizan que esto podía ser debido a que los enunciados utilizados no incluyeron información irrelevante a diferencia con otros estudios.

El estudio de Agostino *et al.*, (2010) diseñaron problemas de verbales de multiplicación de un paso, donde para la resolución se requiere de una sola operación; y de múltiples pasos, donde se requiere de varias operaciones para encontrar la solución y, por tanto, más coordinación y secuenciación para la resolución. Con estos tipos de problemas pretendían evaluar cómo las demandas cognitivas variaban entre ellos, ya que el análisis metasubjetivo de tareas realizado por Agostino (2008) sugerían que los problemas de un paso y de múltiples pasos no difieren en cuanto a la carga de procesamiento, sino en la demanda ejecutiva. Se analizaron cuatro FFEE: inhibición, flexibilidad cognitiva, actualización y *M-capacity* (siendo las dos últimas componentes de la memoria de trabajo) y se administró una prueba de comprensión lectora. Los análisis de correlación determinaron que las cuatro FFEE evaluadas estaban relacionadas con el rendimiento en los dos tipos de problemas verbales. Además, los resultados mostraron que a mejor comprensión lectora se obtenía mejor puntuación en la resolución de los

problemas. No obstante, se observó que las medidas de FFEE permanecían correlacionadas con el rendimiento matemático aun cuando se controló por la puntuación en comprensión lectora, lo que demostraba la importancia de los factores cognitivos más allá de la comprensión lectora. También hacen hincapié de la importancia de la componente de actualización de la memoria de trabajo en los problemas verbales de multiplicación, siendo una variable predictora en el rendimiento de problemas de múltiples pasos.

En este sentido, el estudio de Iglesias-Sarmiento *et al.* (2015) también observó la importancia del componente de actualización el cual se mostraba como predictor de la comprensión lectora, así como en la resolución de problemas aritméticos verbales.

En el estudio de Wu *et al.* (2017) se comprobó que la memoria de trabajo se relacionaba significativamente con los dos tipos de problemas presentados, verbal y no verbal, mientras que la comprensión lectora influía únicamente en los problemas verbales. Proponiendo a la memoria de trabajo como una habilidad crucial en el dominio de la resolución de problemas, mientras que la comprensión lectora se vuelve más significativa en los problemas verbales.

Zhang *et al.* (2018), estudiaron la relación inhibición, control emocional, flexibilidad, memoria de trabajo, planificación y comprensión lectora con problemas verbales de dos pasos, en los que el primer paso era aditivo, es decir, implicaba adición o sustracción y el segundo era multiplicativo, es decir, multiplicación o división. La mitad de los problemas que se mostraban eran consistentes o directos, por ejemplo, el adverbio “más” se ajustaba a la operación de adición; mientras que la otra mitad se mostraban con inconsistencias o de manera indirecta, por ejemplo, el adverbio “más” se resolvía con la operación de sustracción. Los resultados mostraron correlaciones significativas con la resolución de todos los tipos de problemas verbales solo con la inhibición y la memoria de trabajo, no encontrando relación significativa con las otras tres dimensiones. Sin embargo, cuando se controlaba por las variables de edad e inteligencia no verbal solo la memoria de trabajo presentaba una correlación significativa con la habilidad de resolución de problemas verbales. En cuanto a la comprensión lectora, se muestra una vez más una correlación significativa con la resolución de problemas verbales, independientemente si eran problemas consistentes o inconsistentes. Lo que viene a demostrar que una mejor comprensión lectora proporcionaba al alumnado una mejor comprensión del enunciado y, como consecuencia, una resolución exitosa.

En esta línea, el estudio de Passolunghi *et al.* (2022) investigó la resolución de problemas verbales aditivos de un paso (consistentes e inconsistentes) y dos pasos, estos podían presentar la consistencia o inconsistencia del enunciado en los dos pasos del enunciado o un primer paso consistente y el siguiente inconsistente o viceversa. Se estudió el desempeño de alumnado de primaria en diferentes tipos de problemas verbales y su relación con comprensión lectora, la inhibición y la actualización. Los resultados mostraron que la correcta resolución de problemas inconsistentes estaba relacionada con la inhibición y la actualización. Es decir, un proceso que implica inhibir la asociación entre la palabra clave del enunciado, dada por el adverbio más/menos con su operación asociada, y, posteriormente, actualizar a la operación aritmética requerida para la ejecución correcta. Encontrando además una fuerte relación entre la capacidad de actualización y la precisión en resolución de problemas que presentaban al mismo tiempo en sus enunciados una operación consistente seguida de una inconsistente, siendo el tipo de problema más complejo que se presentaba. No se encontraba relación de actualización en los tipos de problemas más sencillos (problemas consistentes y problemas inconsistentes-consistentes), mostrando solo la relación con inhibición. Además, los resultados también destacaban la influencia de la comprensión lectora que se presenta como el predictor más importante en la resolución de este tipo de problemas, en especial en los últimos años de la escolarización primaria, ya que, en estos niveles las habilidades básicas de lectura se han

automatizado.

El último estudio de Cartwright *et al.* (2022) se centran en como las habilidades lingüísticas, como la comprensión lectora, vocabulario y el conocimiento de palabras matemáticas léxicamente ambiguas, contribuye a la resolución de problemas verbales, y su relación con las FFEE. Los resultados mostraron que la comprensión lectora y el conocimiento de las palabras matemáticas léxicamente ambiguas contribuía directamente en la resolución de problemas verbales, siendo las FFEE las que mediaban en su resolución. Sugiriendo la necesidad de recordar y seleccionar el significado de una palabra matemática y ajustarla al contexto (memoria de trabajo), cambiar entre significados comunes y específicos de las matemáticas para comprender un problema (flexibilidad cognitiva) e inhibir el significado común y lectura literal de los enunciados de los problemas verbales (inhibición). Concluyendo que, las FFEE contribuyen a un aspecto particular de la comprensión lectora.

3.3. Áreas cerebrales asociadas a la Comprensión lectora, FFEE y resolución de problemas

En un primer momento, el objetivo principal de la revisión consistía en identificar estudios de neuroimagen que explorasen la relación entre las FFEE, la comprensión lectora y la resolución de problemas, así como las áreas cerebrales implicadas en estos procesos. No se encontraron estudios que examinasen dicha relación, ni se halló información neuronal en los artículos seleccionados para esta revisión. Por tanto, se planteó un segundo objetivo, que consistió en abordar esta cuestión mediante el análisis de las áreas cerebrales compartidas entre comprensión lectora, FFEE y resolución de problemas verbales, a través de la búsqueda de estudios de revisión, o metaanálisis que abordasen cada una de ellas y sus áreas cerebrales asociadas.

Entre los resultados de esta búsqueda encontramos la revisión sistemática de Juliyando *et al.* (2021) y el metaanálisis de Bartley *et al.*, (2018), los cuales realizan una revisión sobre la relación entre áreas cerebrales y resolución de problemas verbales. El capítulo de libro de Tirapu-Ustárroz y Luna-Lario (2008) que nos muestra las áreas cerebrales asociadas a las FFEE. Y, por último, el estudio de Hruby y Goswami (2011) del que obtenemos las áreas cerebrales asociadas a la comprensión lectora, gracias a su revisión de la investigación neurocientífica sobre los correlatos de los subprocesos cognitivos propuestos en la decodificación de textos y la comprensión lectora.

Juliyanto *et al.* (2021), en su revisión, identificaron las áreas cerebrales asociadas a diferentes tipos de resolución de problemas, nos centraremos únicamente en los problemas verbales matemáticos. Las áreas cerebrales en las que se encontraban activación durante la resolución de problemas verbales matemáticos eran zonas de la corteza parietal, como el lóbulo parietal superior, incluyendo el surco intraparietal izquierdo, así como la corteza frontal, incluyendo el giro frontal inferior, la corteza prefrontal, la ínsula anterior, y el lóbulo temporal, incluyendo el giro temporal medio y superior. Este estudio se ve complementado por el metaanálisis de Bartley *et al.* (2018) en el que encuentra un mapa general de la resolución de problemas que converge en una red fronto-cíngulo-parietal, regiones identificadas de manera similar al considerar análisis separados de resolución de problemas matemáticos, verbales y visuoespaciales, obteniendo activaciones bilaterales específicas del dominio verbal en la corteza prefrontal dorsolateral, corteza prefrontal dorsomedial y giro parietal superior, y en el giro temporal medio izquierdo. Este último metaanálisis muestra una gran limitación ya que de los 93 problemas verbales encontrados solo dos son matemáticos, y de 99 problemas matemáticos, básicamente todos de operaciones aritméticas, ninguno presenta enunciado verbal. De ahí que se haya seleccionado, tal y como hacen los propios autores, las áreas cerebrales comunes al proceso de resolución de problemas.

Tirapu-Ustárróz y Luna-Lario (2008) establecieron las bases neuroanatómicas de diferentes FFEE, incluidas aquellas que son de nuestro interés por ser las estudiadas en esta revisión como variables que influyen en la resolución de problemas verbales. Su revisión reveló que la memoria de trabajo activa áreas como la corteza parietal, corteza prefrontal dorsolateral y ventrolateral, así como el cerebelo. En relación con la inhibición, se encontró activación en el giro cingulado anterior, giro frontal inferior y giro prefrontal orbital. Por último, las bases cerebrales asociadas con la flexibilidad cognitiva involucran el estriado, el giro supramarginal y la corteza prefrontal dorsolateral y medial.

En el metaanálisis de Hruby y Goswami (2011), sobre la relación entre las áreas cerebrales y la comprensión lectora, se observó que los procesos sintácticos muestran actividad funcional en el giro frontal izquierdo o área de Broca. Por otro lado, los procesos semánticos activan áreas del giro temporal superior posterior y áreas temporo-parietales (área de Wernicke, giro supramarginal y temporal sulcus) para el procesamiento de palabras; giro frontal inferior izquierdo próxima al área de Broca para el procesamiento de frases; y se identificaron áreas con una distribución frontal y parietal dependiendo de la complejidad de la tarea o grado de abstracción, para el procesamiento de textos. Este estudio recoge la investigación de Berl *et al.*, (2010) con participantes de edades tempranas hasta la preadolescencia en la que determinan una activación constante en el surco temporal superior izquierdo, al que llamaron "corteza de la comprensión", debido a su participación en tareas sintácticas y semánticas, independientemente de la edad y modalidad (lectura o escucha). Sin embargo, encontraron diferencias en el procesamiento de la comprensión de textos según la edad. Los niños pequeños presentaron un patrón de activación más distribuido, que incluía el polo temporal derecho y el cerebelo derecho. Además, se observó que la lectura requiere la activación de un mayor número de áreas corticales que la escucha, incluyendo los lóbulos temporal e inferior frontal derechos, lo que podría indicar que hay personas que necesitan esta activación adicional en textos escritos para comprender el significado. En resumen, esto parece indicar que las áreas asociadas a la comprensión lectora involucran las áreas frontales, parietales y temporal superior.

La tabla 2, presenta un resumen de las áreas que comparten los procesos cognitivos estudiados en esta investigación. Por tanto, se puede observar como en el proceso de resolución de problemas verbales que conlleva una alta carga cognitiva y comprensión lectora se esperaría una activación conjunta en áreas específicas del cerebro, como la corteza prefrontal, el giro frontal inferior, giro parietal superior, el giro cingulado anterior y el giro temporal superior.

Tabla 2.

Áreas cerebrales asociadas a los procesos cognitivos de las FFEE, comprensión lectora y resolución de problemas verbales

Áreas Corticales	Estructura Subcortical	FFEE	Comprensión lectora	RPV
Lóbulo Parietal	Giro parietal superior	Memoria de Trabajo	Procesos semánticos	X
	Surco intraparietal (I)			
	Giro supramarginal	Memoria de Trabajo Flexibilidad Cognitiva	Procesos semánticos	
Lóbulo Frontal	Corteza prefrontal dorsolateral	Memoria de Trabajo Inhibición Flexibilidad Cognitiva		X

	Corteza prefrontal ventrolateral	Memoria de Trabajo Inhibición	
	Giro prefrontal orbital		
	Corteza prefrontal medial	Flexibilidad Cognitiva	X
	Giro frontal inferior	Inhibición	Procesos semánticos
	Giro frontal (I) (Broca)		Procesos sintácticos
	Giro frontal (D) *		Comprensión de textos escritos
Lóbulo Temporal	Giro temporal superior posterior (I) (Wernicke)		Procesos sintácticos * Procesos semánticos
	Giro temporal medio		X
	Polo temporal (D) *		Comprensión de textos escritos
Lóbulo de la Ínsula	Ínsula anterior		X
Lóbulo Límbico	Giro cingulado anterior	Inhibición	X
	Estriado	Flexibilidad Cognitiva	
	Cerebelo	Memoria de Trabajo	

Nota: RPV: resolución de problemas verbales. **Fuente:** Elaboración propia (2024)

4. Discusión

El objetivo principal de este estudio fue comprobar la influencia de las FFEE y la comprensión lectora sobre la resolución de problemas verbales. Si bien hay gran cantidad de estudios que exploran la influencia por separado de estas variables en la resolución de problemas verbales, o incluso el efecto de las FFEE sobre la comprensión lectora o viceversa; solo unos pocos estudios han examinado la influencia de ambas en la resolución de problemas verbales matemáticos.

En general nos encontramos con una revisión exploratoria donde contamos con ocho artículos que han cumplido todos nuestros criterios de inclusión y en el que se estudia la interrelación que existe entre estas tres variables. Es importante señalar que estos ocho estudios se han realizado con participantes de entre ocho y 13 años en pleno desarrollo de sus competencias matemáticas y lingüísticas durante la etapa escolar primaria. Esto subraya la necesidad crucial de las FFEE durante el desarrollo y el proceso de aprendizaje.

La revisión nos muestra, por una parte, que la comprensión lectora está influenciada por las FFEE, mostrando una mayor relación con la memoria de trabajo, y como la comprensión lectora influye directamente en la resolución de problemas verbales. Esto sugiere que a mejor comprensión lectora existía una mejor ejecución en la resolución de problemas verbales. Lo que demuestra la importancia de una buena comprensión del enunciado para poder resolverlo (Boonen *et al.*, 2016). Además, es interesante resaltar, que en todos los estudios se defiende la

influencia de diferentes FFEE como son la inhibición, la flexibilidad cognitiva y la memoria de trabajo. Sin embargo, en alguno de estos estudios (Zhang *et al.*, 2018; Lee *et al.*, 2009) no se observan efectos de la inhibición o de la flexibilidad cognitiva. Los autores defienden que esto podría atribuirse al tipo de problemas utilizados en el estudio, ya que los problemas sencillos o de un paso, no requerían un cambio de atención, o el realizar problemas en el que no se presentaban datos irrelevantes o que mostraran inconsistencias, no precisaban de la inhibición. En cambio, cuando se necesitaba resolver un problema más complejo se producía un aumento de la demanda cognitiva que requería la utilización de más FFEE, como la flexibilidad o la inhibición, además de una mayor relación de la capacidad de actualización para la precisión en la resolución del problema verbal (Agostino *et al.*, 2010; Passolunghi *et al.*, 2022). Asimismo, Passolunghi *et al.*, (2022) proponía que las FFEE de inhibición y actualización tienen un efecto distinto pero significativo en la resolución de problemas verbales y que se debe de considerar el tipo de problema y su complejidad para poder explicar el rol de las FFEE en la resolución de problemas verbales.

Las FFEE están presentes en todos los procesos de aprendizaje, y como se ha observado en esta revisión, una buena intervención educativa debería de estar alineada a la dificultad que presenta el problema, así como el nivel de desarrollo de las FFEE y la comprensión lectora del alumnado, atendiendo a sus diferencias individuales, edad y capacidades (Santiuste *et al.*, 2005; García-Molina *et al.*, 2010).

Además, podemos ver la necesidad de estudiar las áreas cerebrales en la interrelación de resolución de problemas verbales, FFEE y comprensión lectora, ya que podrían ser biomarcadores necesarios para poder distinguir entre resolutores competentes y los que presentan dificultades en la resolución de problemas verbales y las áreas afectadas a estas dificultades. El análisis de los artículos de revisión de las áreas cerebrales de las tres variables por separado nos aporta una aproximación en la que se propone una red común fronto-cíngulo-parietal con la participación del giro temporal superior posterior izquierdo cuando se precisa de una alta demanda cognitiva para la resolución de problemas verbales.

En este sentido, los estudios de neuroimagen podrían ayudar a comprobar el papel de las funciones cerebrales y concretar qué áreas están involucradas durante el aprendizaje y el desarrollo matemático, en concreto para nuestro interés, en la resolución de problemas verbales, teniendo en cuenta la competencia en comprensión lectora y las FFEE. Así como las áreas que ya no participan en este proceso cuando se alcanza esta competencia, tal y como ocurre en el estudio de Ventura-Campos *et al.*, (2022b). Investigar las bases neuronales asociadas a estas variables podrían ser de utilidad para poder encontrar estrategias didácticas que puedan fomentarlas e intentar elevar las competencias del estudiantado.

De este modo, la combinación equilibrada de los estudios de las ciencias cognitivas, de la mano de la neuroimagen y la educación, podría aportar información sobre el desarrollo de la comprensión lectora, FFEE y competencia matemática, funciones clave para la adquisición de aprendizajes más complejos (Ibañez *et al.*, 2018; García-Molina *et al.*, 2010).

4.1. Limitaciones y trabajo futuro

Este estudio se trata de una revisión exploratoria y, por tanto, no se exige una evaluación formal de la calidad metodológica de los estudios incluidos. Esta revisión no tiene la intención de proporcionar una revisión sistemática o metaanálisis de la literatura disponible, sino una visión actualizada de la literatura sobre dos de las variables que se entienden clave en la competencia de resolución de problemas verbales, como son las FFEE y comprensión lectora, así como las bases neurales que subyacen de manera común en el proceso de aprendizaje.

Sin embargo, sabemos que esta revisión presenta ciertas limitaciones. Siguiendo el procedimiento PRISMA-ScR obtuvimos un total de solo ocho artículos, por lo que los resultados obtenidos no pueden ser generalizados a la población. Esto a su vez, muestra la realidad de la escasez de investigación sobre el tema y la necesidad de realizar más estudios en esta línea. Además, los estudios incluidos se limitan a niños de hasta 13 años y no se dispone de datos sobre estudiantado de secundaria, quienes presumiblemente poseen una mayor competencia lectora y una maduración cognitiva más avanzada, lo cual se traduciría en mejores FFEE. Esta falta de información limita nuestra comprensión del desarrollo de habilidades de resolución de problemas verbales en etapas educativas posteriores, subrayando la necesidad de futuras investigaciones.

Otra limitación es la falta de información sobre las áreas cerebrales involucradas en las FFEE, la comprensión lectora y el proceso de resolución de problemas verbales matemáticos. Asimismo, los artículos de revisión de resolución de problemas verbales matemáticos son escasos en la literatura, como se puede observar en el metaanálisis de Bartley *et al.*, (2018) donde solo se incluyen dos referencias a este tipo de problemas. Lo que pone en evidencia la necesidad de una mayor investigación en el campo de la neuroeducación sobre la resolución de problemas verbales matemáticos y las variables que ayudarían en su proceso de aprendizaje.

Consideramos que existe una carencia en la literatura sobre la influencia que tienen otras FFEE en la resolución de problemas, tales como la planificación y la toma de decisiones. Cuando un estudiante se dispone a intentar resolver un problema, debe planificar de qué forma o en qué orden va a resolver dicho problema. Del mismo modo que, cuándo se está resolviendo un problema, también hemos de tomar decisiones de acción, por lo que cabría considerar a ambas FFEE como posibles variables relacionadas con la resolución de problemas. También, sería interesante estudiar el acceso a la memoria semántica, otro componente de las FFEE según Tirapu-Ustárroz y Luna-Lario (2008).

5. Conclusiones

En conclusión, podemos ver como existe una asociación entre la comprensión lectora, las FFEE y la resolución de problemas verbales en la mayoría de los estudios, lo cual puede significar que una buena comprensión lectora y un buen funcionamiento de las FFEE, particularmente la memoria de trabajo, son factores predictivos clave para la resolución efectiva de problemas verbales durante el desarrollo. Asimismo, remarcar la influencia y contribución que la comprensión lectora aporta durante el aprendizaje matemático, presente desde la primera fase de resolución de problemas verbales, y que puede llegar a marcar un punto de inflexión en la adquisición de esta competencia.

Los resultados de esta revisión nos muestran un claro déficit en el campo de la neuroeducación matemática en la resolución de problemas verbales y aquellas variables cerebrales y conductuales que reflejan una mejora sustancial en su proceso de aprendizaje. Así, conocer qué variables cognitivo-conductuales y áreas cerebrales pueden estar afectando a la correcta resolución de problemas verbales podría ser clave para mejorar la enseñanza y aprendizaje, y con ello, mejorar la resolución de problemas del estudiantado no solo en el ámbito académico, sino también en su día a día. Así, la neuroeducación puede ofrecer una integración interdisciplinar de las perspectivas cerebral, social y cognitiva que contribuirá de manera beneficiosa a la educación matemática.

Referencias

- Agostino, A., Johnson, J. y Pascual-Leone, J. (2010). Executive functions underlying multiplicative reasoning: Problem type matters. *Journal of Experimental Child Psychology*, 105, 286-305. <https://doi.org/10.1016/j.jecp.2009.09.006>
- Anderson, J. R., Betts, S., Ferris, J. L., y Fincham, J. M. (2012). Tracking children's mental states while solving algebra equations. *Human Brain Mapping*, 33, 2650-2665. <https://doi.org/10.1002/hbm.21391>
- Anderson, J. R., Fincham, J. M., Qin, Y. y Stocco, A. (2008). A central circuit of the mind. *Trends in Cognitive Science*, 12(4), 136-143. <https://doi.org/10.1016/j.tics.2008.01.006>
- Ansari, D. y Coch, D. (2006). Bridges over troubled waters: education and cognitive neuroscience. *Trends in Cognitive Sciences*, 4(10), 146-151. <https://doi.org/10.1016/j.tics.2006.02.007>
- Ashcraft, M. H. y Kirk, E. P. (2001). The relationships among working memory, math anxiety, and performance. *Journal of Experimental Psychology: General*, 130, 224-237. <https://doi.org/10.1037/0096-3445.130.2.224>
- Baddeley, A. (1992). Working memory. *Science*, 255(5044), 556-559. <https://doi.org/10.1126/science.1736359>
- Baddeley, A. (1997). *Human Memory: Theory and Practice*. Psychology Press.
- Bartley, J. E., Boevig, E. R., Riedel, M. C., Bottenhorn, K. L., Salo, T., Eickhoff, S. B., Brewe, E., Sutherland, M. T. y Laird, A. R. (2018). Meta-analytic evidence for a core problem solving network across multiple representational domains. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*, 92, 318-337. <https://doi.org/10.1016/j.neubiorev.2018.06.009>
- Berl, M. M., Duke, E. S., Mayo, J., Rosenberger, L. R., Moore, E. N., VanMeter, J., Ratner, N. B. y Gaillard, W. D. (2010). Functional anatomy of listening and 169 Neuroscience and Reading: A Review for reading Education Researchers reading comprehension during development. *Brain & Language*, 114(2), 115-125. <https://doi.org/10.1016/j.bandl.2010.06.002>
- Boonen, A. J., de Koning, B. B., Jolles, J. y Van der Schoot, M. (2016). Word problem solving in contemporary math education: A plea for reading comprehension skills training. *Frontiers in Psychology*, 7, 191.
- Cantin, R. H., Gnaedinger, E. K., Gallaway, K. C., Hesson-McInnis, M. S. y Hund, A. M. (2016). Executive functioning predicts reading, mathematics, and theory of mind during the elementary years. *Journal of Experimental Child Psychology*, 146, 66-78. <https://doi.org/10.1016/j.jecp.2016.01.014>

- Cartwright, K. B., Taboada Barber, A. y Archer, C. J. (2022). What's the Difference? Contributions of Lexical Ambiguity, Reading Comprehension, and Executive Functions to Math Word Problem Solving in Linguistically Diverse 3rd to 5th Graders. *Scientific Studies of Reading*, 26(6), 565-584. <https://doi.org/10.1080/10888438.2022.2084399>
- Clements, D. H., Sarama, J. y Germeroth, C. (2016). Learning executive function and early mathematics: Directions of causal relations. *Early Childhood Research Quarterly*, 36, 79-90. <https://doi.org/10.1016/j.ecresq.2015.12.009>
- Daneman, M. y Merikle, P. M. (1996). Working memory and comprehension: A meta-analysis. *Psychonomic Bulletin and Review*, 3, 422-433. <https://doi.org/10.3758/BF03214546>
- Danker, J. F. y Anderson, J. R. (2007). The roles of prefrontal and posterior parietal cortex in algebra problem solving: A case of using cognitive modeling to inform neuroimaging data. *Neuroimage*, 35, 1365-1377. <https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2007.01.032>
- Diamond, A. (2013). Executive functions. *Annual Review of Psychology*, 64, 135-168. <https://doi.org/10.1146/annurev-psych-113011-143750>
- Díaz, A., Martín, R., Jiménez, J. E., García, E., Hernández, S., y Rodríguez, C. (2012). Torre de Hanoi: datos normativos y desarrollo evolutivo de la planificación. *European Journal of Education and Psychology*, 5(1), 79-91. <https://doi.org/10.30552/ejep.v5i1.81>
- Faber, A., Matiulko, I., y Arsalidou, M. (2020). fMRI Correlates of Mental Attentional Capacity in Children: Data from Moscow Schools. *EasyChair Preprint*, 4451.
- Fuchs, L. S., Fuchs, D., Compton, D. L., Powell, S. R., Seethaler, P. M., Capizzi, A. M. y Fletcher, J. (2006). The cognitive correlates of third-grade skill in arithmetic, algorithmic computation, and arithmetic word problems. *Journal of Educational Psychology*, 98, 29-43. <https://doi.org/10.1037/0022-0663.98.1.29>
- García-Molina, A., Tirapu-Ustárrroz, J., Luna-Lario, P., Ibáñez, J. y Duque, P. (2010). ¿Son lo mismo inteligencia y funciones ejecutivas? *Revista de Neurología*, 50(12), 738-746.
- Goswami, U. (2006). Neuroscience and education: from research to practice? *Nature Reviews. Neuroscience*, 5(7), 406-411. <https://doi.org/10.1038/nrn1907>
- Halmos, P. R. (1980). The Heart of Mathematics. *The American Mathematical Monthly*, 87(7), 519-524. <https://doi.org/10.1080/00029890.1980.11995081>
- Hruby, G. G. y Goswami, U. (2011). Neuroscience and reading: A review for reading education researchers. *Reading Research Quarterly*, 46(2), 156-172. <https://doi.org/10.1598/RRQ.46.2.4>
- Ibáñez, A., García, P. y Arévalo, J. (mayo de 2018). *Un diseño experimental para la mejora de la comprensión lectora y del pensamiento matemático con criterios neuroeducativos* [Conferencia]. I Congreso Internacional de Neuroeducación-Dialogando y compartiendo miradas para mejorar la educación, Barcelona, España.

- Iglesias-Sarmiento, V., Carriedo-López, N. y Rodríguez Rodríguez, J. L. (2015). Updating, executive function and performance in reading comprehension and problem solving. *Anales de Psicología*, 31, 298-309. <https://doi.org/10.6018/analesps.31.1.158111>
- Juliyanto, E., Marwoto, P., Iswari, R. S., Wiyanto, Nugroho, S. E., y Mindyarto, B. N. (2021). Brain activity of problem solving process: A systematic literature review. *Journal of Physics: Conference Series*, 1918(5), 052068. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1918/5/052068>
- Kilpatrick, J., Swafford, J. y Findell, B. (2001). The strands of mathematical proficiency. En J. Kilpatrick, J. Swafford y B. Findell (Eds.), *Adding It Up: Helping Children Learn Mathematics* (pp. 115-118). Washington: National Academy Press.
- Kintsch, W. (1998). *Comprehension: A paradigm for cognition*. Cambridge University Press.
- Lee, K., Ng, E. L. y Ng, S. F. (2009). The contributions of working memory and executive functioning to problem representation and solution generation in algebraic word problems. *Journal of Educational Psychology*, 101, 373-387. <https://doi.org/10.1037/a0013843>
- Lee, K., Ng, S.F., Ng, E.L., y Lim, Z.Y. (2004). Working memory and literacy as predictors of performance on algebraic word problems. *Journal of Experimental Child Psychology*, 89, 140-158. <https://doi.org/10.1016/j.jecp.2004.07.001>
- Lezak, M. D. (1995). *Neuropsychological assessment*. Oxford.
- Mamedova, S., Stephens, M., Liao, Y., Sennett, J. y Sirma, P. (2021). 2012–2016 Program for International Student Assessment Young Adult Follow-up Study (PISA YAFS): How reading and mathematics performance at age 15 relate to literacy and numeracy skills and education, workforce, and life outcomes at age 19 ow Reading and Mathematics Performance at Age 15 Relate to Literacy and Numeracy Skills and Education, Workforce, and Life Outcomes at Age 19. National Center for Education Statistics. <https://nces.ed.gov/pubsearch/pubsinfo.asp?pubid=2021029>
- Marzocchi, G. M., Lucangeli, D., De Meo, T., Fini, F. y Cornoldi, C. (2002). The disturbing effect of irrelevant information on arithmetic problem solving in inattentive children. *Developmental Neuropsychology*, 21(1), 73-92. https://doi.org/10.1207/S15326942DN2101_4
- Miyake, A., Friedman, N. P., Emerson, M. J., Witzki, A. H., Howerter, A. y Wagner, T. D. (2000). The unity and diversity of executive functions and their contributions to complex “frontal lobe” tasks: A latent variable analysis. *Cognitive Psychology*, 41, 49-100. <https://doi.org/10.1006/cogp.1999.0734>
- National Council of Teachers of Mathematics (NCTM) (2000). *Principles and standards for school mathematics*. Autor.
- Ortiz, A. (2015). *Neuroeducación. ¿Cómo aprende el cerebro humano y cómo deberían enseñar los docentes?* Ediciones de la U.

- 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. y Moher, D. (2021). The PRISMA 2020 statement: an updated guideline for reporting systematic reviews. *BMJ*, 372:n71. <https://doi.org/10.1186/s13643-021-01626-4>
- Passolunghi, M. C. y Siegel, L. S. (2001). Short-term memory, working memory, and inhibitory control in children with difficulties in arithmetic problem solving. *Journal of Experimental Child Psychology*, 80, 44-57. <https://doi.org/10.1006/jecp.2000.2626>
- Passolunghi, M. C., De Blas, G. D., Carretti, B., Gomez-Veiga, I., Doz, E., y Garcia-Madruga, J. A. (2022). The role of working memory updating, inhibition, fluid intelligence, and reading comprehension in explaining differences between consistent and inconsistent arithmetic word-problem-solving performance. *Journal of Experimental Child Psychology*, 224, 105512. <https://doi.org/10.1016/j.jecp.2022.105512>
- Passolunghi, M. C., Marzocchi, G. M. y Fiorillo, F. (2005). Selective effect of Inhibition of literal or numerical irrelevant information in children with attention deficit hyperactivity disorder (ADHD) or arithmetic learning disorder (ALD). *Developmental Neuropsychology*, 28(3), 731-753. https://doi.org/10.1207/s15326942dn2803_1
- Polya, G. (1945). *How to Solve It*. Princeton University Press.
- Santiuste, V., Martín-Lobo, M. P. y Ayala, C. (2005). *Bases neuropsicológicas del fracaso escolar*. Fugaz.
- Soprano, A. M. (2009). *Como evaluar la atención y las funciones ejecutivas en los niños y adolescentes*. Paidós.
- Thomas, M. S. C., Ansari, D. y Knowland, V. C. P. (2019). Annual Research Review: Educational neuroscience: progress and prospects. *Journal of Child Psychology and Psychiatry and Allied Disciplines*, 60(4), 477-492. <https://doi.org/10.1111/jcpp.12973>
- Tirapu-Ustarroz, J. y Luna-Lario, P. (2008). Neuropsicología de las funciones ejecutivas. En *Manual de neuropsicología* (2ª ed., pp. 219-259).
- Tricco, A. C., Lillie, E., Zarin, W., O'Brien, K. K., Colquhoun, H., Levac, D., Moher, D., Peters, M. D., Horsley, T., Weeks, L., Hempel, S. y otros. (2018). PRISMA extension for scoping reviews (PRISMA-ScR): checklist and explanation. *Ann Intern Med*, 169(7), 467-473. <https://doi.org/10.7326/M18-0850>
- Ventura-Campos, N., Ferrando Esteve, L., Miró-Padilla, A. y Ávila, C. (2022a). Brain-Anatomy Differences in the Commission of Reversal Errors during Algebraic Word Problem Solving. *Mind, Brain, and Education*, 16(4), 318-327. <https://doi.org/10.1111/mbe.12333>
- Ventura-Campos, N., Ferrando-Esteve, L. y Epifanio, I. (2022b). The underlying neural bases of the reversal error while solving algebraic word problems. *Scientific Reports*, 12(1), 1-14. <https://doi.org/10.1038/s41598-022-25442-5>
- Ventura-Campos, N., Ventura, M., y Lorenzo, G. (2018). Neuroeducation in the classroom: using multimodal neuroimaging to predict mathematical learning. *Opción*, 87, 801-834.

- Vilenius-Tuohimaa, P. M., Aunola, K. y Nurmi, J. (2008). The association between mathematical word problems and reading comprehension. *Educational Psychology*, 28(4), 409-426. <https://doi.org/10.1080/01443410701708228>
- Wu, S. S., Chen, L., Battista, C., Watts, A. K. S., Willcutt, E. G. y Menon, V. (2017). Distinct influences of affective and cognitive factors on children's non-verbal and verbal mathematical abilities. *Cognition*, 166, 118-129. <https://doi.org/10.1016/j.cognition.2017.05.016>
- Zhang, J., Cheung, S. K., Wu, C. y Meng, Y. (2018). Cognitive and affective correlates of Chinese children's mathematical word problem solving. *Frontiers in Psychology*, 9, 1-10. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2018.02357>

CONTRIBUCIONES DE AUTORES/AS, FINANCIACIÓN Y AGRADECIMIENTOS

Conceptualización: Ventura-Campos, Noelia y Moreno-Rus, Aida **Análisis formal:** Ventura-Campos, Noelia, Ventura, Mercedes y Moreno-Rus, Aida; **Curación de datos:** Ventura-Campos, Noelia, Ventura, Mercedes y Moreno-Rus, Aida; **Redacción-Preparación del borrador original:** Ventura-Campos, Noelia y Moreno-Rus, Aida **Revisión y Edición:** Ventura, Mercedes; **Supervisión:** Ventura-Campos, Noelia **Administración de proyectos:** Ventura-Campos, Noelia. **Todos los/as autores/as han leído y aceptado la versión publicada del manuscrito:** Ventura-Campos, Noelia, Ventura, Mercedes y Moreno-Rus, Aida.

Financiación: Este estudio ha sido financiado parcialmente por el proyecto PID2020-118763GA-100 financiado por MCIN/AEI/10.13039/501100011033 del Ministerio de Ciencia e Innovación, y el proyecto UJIA2021-04 financiado por la Universitat Jaume I.

Conflicto de intereses: No existe conflicto de interés.

AUTORES:**Aida Moreno Rus:**

Grupo de Neuropsicología y Neuroimagen Funcional, Universitat Jaume I, Castellón.

Estudiante en el programa de Doctorado en psicología de la Universitat Jaume I. Graduada en Psicología por la Universidad de Valencia y Máster en neuropsicología por la Universitat Oberta de Catalunya. Su tesis se centra en la neuroplasticidad del cerebro tras el aprendizaje en resolución de problemas matemáticos de tipo verbal, a través del estudio del cerebro con técnicas de neuroimagen.

arus@uji.es

Orcid ID: <https://orcid.org/0000-0001-8760-6491>

Noelia Ventura-Campos:

Departamento de Educación y Didácticas Específicas, Universitat Jaume I, Castellón.

Profesora Titular de Universidad en el área de Didáctica de la Matemática, especializada en Neuroeducación matemática. Su línea de investigación se centra en mejorar la enseñanza de las matemáticas mediante enfoques neuroeducativos y didácticos innovadores, a través del estudio del cerebro con técnicas de neuroimagen durante el aprendizaje matemático.

venturan@uji.es

Índice H: 24

Orcid ID: <https://orcid.org/0000-0002-0443-8048>

Scopus ID: <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=24342508500>

Google Scholar: <https://scholar.google.es/citations?user=KwIOdTUAAAAJ&hl=ko>

ResearchGate: <https://www.researchgate.net/profile/Noelia-Ventura-Campos>

Academia.edu: <https://independent.academia.edu/NoeliaVenturacampos/>

Mercedes Ventura Campos:

Departamento de Pedagogía y Didáctica de las Ciencias Sociales, la Lengua y la Literatura, Universitat Jaume I, Castellón.

Profesora ayudante doctor. Especialista en educación positiva y neurodidáctica. Su investigación se centra en mejorar el bienestar en entidades educativas (docentes y alumnado) a través de las estrategias de la neurodidáctica y un enfoque de la psicología positiva.

mventura@uji.es

Índice H: 4

Orcid ID: <https://orcid.org/0000-0001-5949-7144>