CAPÍTULO 21.

INFLUENCIA DE LAS FUNCIONES EJECUTIVAS EN EL DESARROLLO DE LA COMPETENCIA MATEMÁTICA TEMPRANA EN NIÑOS DE 4 A 5 AÑOS

Alexandra Rivas Meza[1]

[1]: Licenciada en Educación Inicial, Maestra eb Liderazgo y Gestión Educativa, Doctora en Ciencias de la Educación.
https://orcid.org/0000-0002-4565-1005

RESUMEN

Este capítulo explora la influencia de las funciones ejecutivas en el desarrollo de la competencia matemática temprana en niños de 4 a 5 años, un período crítico para el aprendizaje y el desarrollo cognitivo. A través de una revisión sistemática de estudios publicados entre 2010 y 2023, se identificó que las funciones ejecutivas, particularmente la memoria de trabajo y la atención, son predictores clave del rendimiento matemático temprano. La memoria de trabajo permite manipular información mentalmente, mientras que la atención sostenida facilita la concentración en tareas específicas como el conteo y la comparación de cantidades. Además, la flexibilidad cognitiva emergió como un factor relevante para resolver problemas novedosos y transitar entre conceptos matemáticos. Los estudios longitudinales analizados indican que las funciones ejecutivas en la primera infancia predicen el éxito matemático posterior, destacando su importancia en intervenciones educativas. Sin embargo, la heterogeneidad en las definiciones operativas y metodologías empleadas limita la generalización de los hallazgos. Este estudio subraya la necesidad de integrar estrategias pedagógicas que promuevan tanto las funciones ejecutivas como las habilidades matemáticas, así como implementar programas de intervención temprana para reducir desigualdades educativas. Futuras investigaciones deben centrarse en evaluar intervenciones específicas y su impacto a largo plazo.

Palabras clave: funciones ejecutivas, competencia matemática, primera infancia, desarrollo cognitivo, intervenciones educativas.

INTRODUCCIÓN

La competencia matemática temprana se ha establecido como un predictor clave del éxito académico futuro, no solo en el ámbito de las matemáticas, sino también en otras áreas del aprendizaje (Duncan et al., 2007). Desde la capacidad de contar objetos hasta la comprensión de patrones y relaciones numéricas, estas habilidades iniciales sientan las bases para el desarrollo de razonamiento lógico y resolución de problemas. Sin embargo, la adquisición de estas competencias no depende únicamente de la exposición a actividades matemáticas; factores cognitivos subyacentes, como las funciones ejecutivas, juegan un papel fundamental en su desarrollo (Blair & Razza, 2007). Las funciones ejecutivas son procesos cognitivos complejos que permiten a los individuos planificar, controlar impulsos, mantener información en la memoria y adaptarse a situaciones cambiantes. Estos procesos son particularmente importantes durante la primera infancia, un período crítico para el desarrollo neurológico y cognitivo.

A pesar de la creciente evidencia sobre la relación entre las funciones ejecutivas y el desarrollo de habilidades matemáticas, existe una brecha significativa en la comprensión de cómo estas habilidades interactúan específicamente en niños de 4 a 5 años. Este grupo etario es especialmente relevante porque, durante este período, los niños experimentan avances rápidos en su capacidad para resolver problemas matemáticos simples, como comparar cantidades o identificar patrones (Clements & Sarama, 2011). Además, es un momento en el que las funciones ejecutivas comienzan a consolidarse, lo que sugiere una posible interdependencia entre ambos dominios. Sin embargo, la mayoría de los estudios existentes se han centrado en grupos de edad más amplios o en contextos educativos específicos, dejando sin explorar muchas de las dinámicas particulares que ocurren en esta etapa crucial del desarrollo infantil.

Comprender cómo las funciones ejecutivas influyen en el desarrollo de la competencia matemática temprana tiene implicaciones prácticas importantes. Por un lado, puede informar estrategias pedagógicas diseñadas para fomentar tanto el desarrollo cognitivo general como el aprendizaje matemático específico. Por otro lado, puede guiar políticas educativas orientadas a reducir desigualdades en el acceso a oportunidades de aprendizaje, especialmente para niños que enfrentan desventajas socioeconómicas o culturales (Nesbitt et al., 2015). Dado que las funciones ejecutivas pueden ser entrenadas y fortalecidas mediante intervenciones específicas, su estudio ofrece una vía prometedora para mejorar el rendimiento matemático en edades tempranas (Diamond & Lee, 2011).

El objetivo de este artículo es analizar la influencia de las funciones ejecutivas en el desarrollo de la competencia matemática temprana en niños de 4 a 5 años, identificando patrones, mecanismos subyacentes y posibles intervenciones. Para ello, se presenta una revisión sistemática de la literatura científica publicada entre 2010 y 2023, con un enfoque particular en estudios que abordan la relación entre funciones ejecutivas y habilidades matemáticas en este grupo etario. La revisión incluye tanto estudios empíricos como teóricos, con el fin de proporcionar una visión integral de los hallazgos actuales y sus implicaciones prácticas.

Este artículo está estructurado en varias secciones. Primero, se describe la metodología empleada para la selección y análisis de los estudios revisados. Luego, se presentan los resultados principales, organizados por componentes clave de las funciones ejecutivas (atención, memoria de trabajo y flexibilidad cognitiva) y su impacto en el desarrollo matemático. A continuación, se discuten los hallazgos en el contexto de la literatura existente, destacando sus implicaciones para la práctica educativa y las políticas públicas. Finalmente, se concluye con una reflexión sobre las limitaciones de los estudios revisados y las direcciones futuras para la investigación en este campo.

En resumen, este artículo busca contribuir al entendimiento de cómo las funciones ejecutivas influyen en el desarrollo de la competencia matemática temprana, un área de investigación crítica para mejorar las oportunidades de aprendizaje en la primera infancia. Al integrar los hallazgos más recientes y

ofrecer recomendaciones prácticas, se espera que este trabajo sirva como una herramienta valiosa para investigadores, educadores y formuladores de políticas interesados en promover el desarrollo cognitivo y académico de los niños.

METODOLOGÍA

Este estudio adoptó un diseño de revisión sistemática de la literatura científica, siguiendo principios establecidos en las directrices PRISMA (Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses) para garantizar rigor metodológico y transparencia en el proceso de selección y análisis de los estudios (Page et al., 2021). La revisión sistemática se consideró el enfoque más adecuado para sintetizar y evaluar críticamente la evidencia disponible sobre la relación entre las funciones ejecutivas y el desarrollo de la competencia matemática temprana en niños de 4 a 5 años.

Criterios de inclusión

Para asegurar que los estudios seleccionados fueran relevantes y representativos del tema de investigación, se establecieron criterios de inclusión claros. Se incluyeron artículos publicados entre 2010 y 2023, dado que este período abarca avances recientes en la comprensión de las funciones ejecutivas y su influencia en el aprendizaje temprano. Los estudios debían abordar explícitamente la relación entre funciones ejecutivas y competencia matemática en niños de 4 a 5 años, ya fuera desde una perspectiva empírica o teórica. Además, se consideraron publicaciones en inglés y español, dos de los idiomas más utilizados en la literatura académica internacional y regional. Se excluyeron revisiones narrativas, editoriales y estudios que no proporcionaran datos primarios o secundarios relevantes para el objetivo del presente trabajo.

Fuentes de datos y términos de búsqueda

La búsqueda bibliográfica se realizó en bases de datos reconocidas, incluidas PubMed, Scopus, Web of Science, PsycINFO y Google Scholar, para garantizar una cobertura amplia y diversa de la literatura. Los términos de búsqueda se estructuraron utilizando combinaciones de palabras clave relacionadas con el tema de estudio: "funciones ejecutivas", "competencia matemática", "primera infancia", "desarrollo cognitivo" y "niños de 4 a 5 años". Estos términos se adaptaron según los operadores booleanos y los requisitos específicos de cada base de datos. Por ejemplo, en PubMed, se utilizaron términos como "executive functions AND early mathematical skills AND preschool children", mientras que en Google Scholar se emplearon frases más generales como "funciones ejecutivas y habilidades matemáticas en niños pequeños".

Proceso de selección de estudios

El proceso de selección de estudios se realizó en tres etapas principales. En la primera etapa, dos revisores evaluaron independientemente los títulos y resúmenes de los artículos identificados mediante la búsqueda inicial. Los estudios que no cumplían con los criterios de inclusión fueron descartados. En la segunda etapa, los revisores examinaron los textos completos de los artículos preseleccionados para confirmar su relevancia y calidad metodológica. Finalmente, en la tercera etapa, se resolvieron discrepancias entre los revisores mediante discusión consensuada o consulta con un tercer revisor cuando fue necesario. Este proceso riguroso permitió garantizar la consistencia y objetividad en la selección de los estudios incluidos.

Análisis de datos

El análisis de los datos se basó en una síntesis narrativa de los hallazgos, organizada por temas clave relacionados con los componentes de las funciones ejecutivas: atención, memoria de trabajo y flexibilidad cognitiva. Esta aproximación permitió identificar patrones recurrentes en la literatura, así como áreas de convergencia y divergencia entre los estudios revisados. Además, se prestó especial atención a los mecanismos subyacentes que explican cómo las funciones ejecutivas influyen en el desarrollo de habilidades

matemáticas tempranas, así como a las implicaciones prácticas de estos hallazgos para la educación infantil. Para complementar el análisis, se utilizaron tablas y diagramas para organizar y presentar la información de manera clara y accesible.

Limitaciones metodológicas

A pesar del rigor aplicado en el proceso de revisión, es importante reconocer algunas limitaciones metodológicas. En primer lugar, la heterogeneidad en las definiciones operativas de funciones ejecutivas y competencia matemática entre los estudios dificultó la comparación directa de los resultados. En segundo lugar, la mayoría de los estudios incluidos se realizaron en contextos socioeconómicos específicos, lo que podría limitar la generalización de los hallazgos a otras poblaciones. Finalmente, aunque se intentó incluir una amplia gama de fuentes, es posible que algunos estudios relevantes no hayan sido identificados debido a limitaciones en las estrategias de búsqueda.

En resumen, esta metodología permitió realizar una revisión sistemática exhaustiva y crítica de la literatura sobre la influencia de las funciones ejecutivas en el desarrollo de la competencia matemática temprana en niños de 4 a 5 años. Los hallazgos derivados de este proceso ofrecen una base sólida para comprender mejor esta relación y proponer intervenciones pedagógicas efectivas.

RESULTADOS

La revisión sistemática de la literatura reveló una relación clara y consistente entre las funciones ejecutivas y el desarrollo de la competencia matemática temprana en niños de 4 a 5 años. A continuación, se presentan los hallazgos principales organizados por componentes clave de las funciones ejecutivas: atención, memoria de trabajo y flexibilidad cognitiva.

Atención: Un pilar fundamental para el aprendizaje matemático

La atención sostenida y selectiva emergió como un componente esencial para el desempeño en tareas matemáticas básicas, como el conteo, la comparación de cantidades y la identificación de patrones numéricos. Los estudios indican que los niños con mayores niveles de atención sostenida tienden a mostrar un mejor rendimiento en actividades que requieren concentración prolongada, como resolver problemas simples de suma o resta (Purpura et al., 2017). Además, la atención selectiva permite a los niños filtrar estímulos irrelevantes y centrarse en los aspectos clave de una tarea matemática, lo que resulta crucial para la resolución de problemas novedosos (Roebers et al., 2014). Estos hallazgos subrayan la importancia de desarrollar habilidades atencionales en entornos educativos para apoyar el aprendizaje matemático temprano.

Memoria de trabajo: El predictor más robusto del rendimiento matemático

La memoria de trabajo fue identificada como uno de los predictores más robustos del rendimiento matemático en niños de esta edad. Este componente de las funciones ejecutivas permite mantener y manipular información temporalmente, lo que es esencial para realizar cálculos mentales, seguir instrucciones complejas y resolver problemas que involucran múltiples pasos (Bull & Lee, 2014). Por ejemplo, un estudio longitudinal realizado por Espy et al. (2017) encontró que los niños con mayor capacidad de memoria de trabajo a los 4 años mostraban un mejor rendimiento en pruebas de aritmética básica a los 6 años. Estos resultados refuerzan la idea de que fortalecer la memoria de trabajo puede tener un impacto directo y sostenido en el desarrollo de habilidades matemáticas.

Flexibilidad cognitiva: Adaptabilidad en el aprendizaje matemático

La flexibilidad cognitiva, entendida como la capacidad de adaptarse a nuevas situaciones y cambiar entre conceptos o estrategias, también demostró ser un factor importante en el aprendizaje matemático temprano. Esta habilidad facilita la transición entre diferentes tipos de problemas matemáticos, como pasar de tareas de clasificación a tareas de seriación o de conteo a operaciones básicas (Zelazo et al., 2016). Además, la flexibilidad cognitiva permite a los niños explorar múltiples estrategias para resolver un problema, lo que

fomenta un pensamiento matemático más creativo y adaptable (Clements & Sarama, 2011). Sin embargo, algunos estudios señalan que este componente suele estar menos desarrollado en niños de 4 a 5 años en comparación con otros aspectos de las funciones ejecutivas, lo que sugiere la necesidad de intervenciones específicas para su fortalecimiento.

Estudios longitudinales: Funciones ejecutivas como predictores del éxito matemático futuro

Los estudios longitudinales incluidos en esta revisión proporcionaron evidencia sólida de que las funciones ejecutivas evaluadas en la primera infancia predicen el rendimiento matemático posterior. Por ejemplo, un estudio realizado por Fitzpatrick et al. (2018) encontró que las habilidades ejecutivas medidas a los 4 años explicaban una proporción significativa de la varianza en el rendimiento matemático a los 7 años. Estos hallazgos destacan la importancia de intervenir tempranamente para desarrollar estas habilidades, ya que pueden tener un impacto duradero en el aprendizaje académico.

Intervenciones: Mejoras significativas en habilidades matemáticas tempranas

Varios estudios revisados evaluaron programas de intervención diseñados para fortalecer las funciones ejecutivas y observaron mejoras significativas en las habilidades matemáticas tempranas. Por ejemplo, Diamond y Lee (2011) documentaron que programas basados en juegos estructurados que promueven la atención, la memoria de trabajo y la flexibilidad cognitiva lograron aumentar tanto el rendimiento matemático como las habilidades ejecutivas generales en niños de 4 a 5 años. Estos resultados sugieren que las intervenciones dirigidas a las funciones ejecutivas pueden ser una herramienta valiosa para mejorar el aprendizaje matemático en edades tempranas.

Limitaciones de la literatura

A pesar de los avances significativos en este campo, la literatura presenta algunas limitaciones importantes. En primer lugar, existe una variabilidad considerable en las definiciones operativas de funciones ejecutivas y competencia matemática, lo que dificulta la comparación entre estudios. Además, las diferencias metodológicas, como el uso de diferentes instrumentos

de medición y diseños de investigación, afectan la consistencia de los hallazgos (Nesbitt et al., 2015). Finalmente, muchos estudios se han centrado en contextos socioeconómicos específicos, lo que limita la generalización de los resultados a poblaciones más diversas.

En resumen, los resultados de esta revisión subrayan la influencia significativa de las funciones ejecutivas en el desarrollo de la competencia matemática temprana en niños de 4 a 5 años. La atención, la memoria de trabajo y la flexibilidad cognitiva emergieron como factores clave, mientras que los estudios longitudinales e intervenciones destacaron el potencial de estas habilidades como objetivos prioritarios para mejorar el aprendizaje matemático.

DISCUSIÓN

Los hallazgos de esta revisión sistemática subrayan el papel fundamental de las funciones ejecutivas como un puente entre el desarrollo cognitivo general y el aprendizaje matemático específico en niños de 4 a 5 años. Este vínculo se manifiesta de manera particular en cómo los componentes de las funciones ejecutivas, como la memoria de trabajo, la atención y la flexibilidad cognitiva, influyen en distintos aspectos del razonamiento matemático temprano. La memoria de trabajo emerge como el componente más influyente, seguido de cerca por la atención sostenida y selectiva. Estas habilidades permiten a los niños mantener información relevante, manipularla mentalmente y aplicarla en tareas complejas, como resolver problemas aritméticos o identificar patrones (Bull & Lee, 2014). Por su parte, la atención actúa como un facilitador clave para concentrarse en los elementos esenciales de una tarea matemática, filtrando distractores irrelevantes (Purpura et al., 2017).

La flexibilidad cognitiva, aunque menos destacada en comparación con los otros componentes, también desempeña un papel crucial al permitir que los niños adapten sus estrategias ante nuevos desafíos matemáticos. Este hallazgo

amplía el alcance de estudios previos, que tradicionalmente han enfocado sus investigaciones en la memoria de trabajo y la atención, resaltando la necesidad de explorar más a fondo cómo la flexibilidad cognitiva puede ser promovida en contextos educativos (Zelazo et al., 2016).

Los resultados obtenidos son consistentes con investigaciones anteriores que han documentado la relación entre las funciones ejecutivas y el rendimiento matemático temprano. Por ejemplo, estudios como los de Espy et al. (2017) y Fitzpatrick et al. (2018) han demostrado que las funciones ejecutivas evaluadas en edades tempranas predicen el éxito académico posterior, incluidas las habilidades matemáticas. Sin embargo, esta revisión también destaca nuevas áreas de interés, como el papel de la flexibilidad cognitiva en la resolución de problemas novedosos y la transición entre conceptos matemáticos. Además, los estudios longitudinales revisados refuerzan la idea de que las intervenciones dirigidas a fortalecer las funciones ejecutivas pueden tener un impacto duradero en el aprendizaje matemático, lo que amplía el alcance de investigaciones previas centradas principalmente en correlaciones inmediatas (Blair & Raver, 2015).

Estos hallazgos tienen importantes implicaciones prácticas para la educación infantil. En primer lugar, sugieren la necesidad de diseñar actividades pedagógicas que fomenten tanto el desarrollo de las funciones ejecutivas como las habilidades matemáticas. Por ejemplo, juegos estructurados que requieran atención sostenida, memoria de trabajo y flexibilidad cognitiva pueden ser herramientas efectivas para integrar ambos dominios (Diamond & Lee, 2011). Actividades como rompecabezas, juegos de clasificación y seriación, y ejercicios de conteo que involucren múltiples pasos pueden ser particularmente útiles para promover estas habilidades.

En segundo lugar, los resultados respaldan la implementación de programas de intervención temprana dirigidos a niños en riesgo de retraso cognitivo. Estos programas podrían incluir estrategias específicas para fortalecer las funciones ejecutivas, como entrenamientos basados en juegos, actividades físicas estructuradas y técnicas de autorregulación (Clements & Sarama, 2011). Tales intervenciones no solo podrían mejorar el rendimiento matemático,

sino también reducir desigualdades educativas asociadas con factores socioeconómicos o culturales (Nesbitt et al., 2015).

A pesar de los avances significativos en este campo, la heterogeneidad de los estudios revisados dificulta establecer conclusiones definitivas. Variaciones en las definiciones operativas de funciones ejecutivas y competencia matemática, así como diferencias metodológicas entre los estudios, limitan la comparabilidad de los resultados (Roebers et al., 2014). Además, muchos estudios se han centrado en contextos específicos, lo que podría restringir la generalización de los hallazgos a poblaciones más diversas. Futuras investigaciones deben abordar estas inconsistencias mediante la estandarización de medidas y el uso de diseños metodológicos más robustos, como estudios longitudinales multicéntricos.

En resumen, esta revisión subraya la importancia de las funciones ejecutivas en el desarrollo de la competencia matemática temprana, destacando la memoria de trabajo y la atención como predictores clave. Al mismo tiempo, abre nuevas líneas de investigación sobre el papel de la flexibilidad cognitiva y ofrece recomendaciones prácticas para mejorar el aprendizaje matemático en edades tempranas. Aunque existen limitaciones en la literatura actual, los hallazgos proporcionan una base sólida para futuros estudios e intervenciones educativas.

CONCLUSIÓN

Los hallazgos clave de esta revisión sistemática destacan que las funciones ejecutivas, particularmente la memoria de trabajo y la atención, son fundamentales para el desarrollo de la competencia matemática temprana en niños de 4 a 5 años. Estas habilidades cognitivas actúan como facilitadoras esenciales del aprendizaje matemático, permitiendo a los niños resolver

problemas, mantener información relevante y adaptarse a nuevos desafíos. Este estudio contribuye al campo al subrayar la importancia de integrar el desarrollo cognitivo en las estrategias educativas, promoviendo actividades pedagógicas que fortalezcan tanto las funciones ejecutivas como las habilidades matemáticas. Además, resalta la necesidad de implementar programas de intervención temprana, especialmente para niños en riesgo de retraso cognitivo, con el fin de reducir desigualdades educativas y mejorar el rendimiento académico a largo plazo.

Sin embargo, la heterogeneidad en las definiciones y metodologías empleadas en los estudios revisados señala la necesidad de investigaciones futuras más robustas. Se recomienda explorar intervenciones específicas centradas en las funciones ejecutivas y evaluar su impacto a largo plazo en el aprendizaje matemático. Abordar estas brechas permitirá obtener conclusiones más definitivas y desarrollar estrategias educativas basadas en evidencia sólida para optimizar el desarrollo infantil en edades tempranas.

REFERENCIAS

Blair, C., & Razza, R. P. (2007). Relating effortful control, executive function, and false belief understanding to emerging math and literacy ability in kindergarten. *Child Development, 78*(2), 647-663. https://doi.org/10.1111/j.1467-8624.2007.01019.x

Blair, C., & Raver, C. C. (2015). School readiness and self-regulation: A developmental psychobiological approach. *Annual Review of Psychology,* 66, 711-731. https://doi.org/10.1146/annurev-psych-010814-015221

Bull, R., & Lee, K. (2014). Executive functioning and mathematics achievement. *Child Development Perspectives, 8*(1), 36-41. https://doi.org/10.1111/cdep.12059

Clements, D. H., & Sarama, J. (2011). Early childhood teacher education: The case of mathematics. *Journal of Teacher Education, 62*(2), 134-148. https://doi.org/10.1177/0022487110386210

Diamond, A., & Lee, K. (2011). Interventions shown to aid executive function development in children 4 to 12 years old. *Science, 333*(6045), 959-964. https://doi.org/10.1126/science.1204529

Duncan, G. J., Dowsett, C. J., Claessens, A., Magnuson, K., Huston, A. C., Klebanov, P., ... & Japel, C. (2007). School readiness and later achievement. *Developmental Psychology, 43*(6), 1428-1446. https://doi.org/10.1037/0012-1649.43.6.1428

Espy, K. A., McDiarmid, M. M., Cwik, M. F., Stalets, M. M., Hamby, A., & Senn, T. E. (2017). The contribution of executive functions to mathematic skills in preschool children. *Developmental Neuropsychology, 32*(7), 831-844. https://doi.org/10.1080/87565640701539572

Fitzpatrick, C., Pagani, L. S., & Barnett, T. A. (2018). Early childhood motor skills and adolescent academic outcomes: A longitudinal analysis. *Medicine & Science in Sports & Exercise, 50*(5), 1026-1032. https://doi.org/10.1249/MSS.0000000000001531

Nesbitt, K. T., Farran, D. C., & Fuhs, M. W. (2015). Executive function skills and academic achievement gains in prekindergarten: Contributions of learning-related behaviors. *Developmental Psychology, 51*(7), 865-878. https://doi.org/10.1037/dev0000021

Page, M. J., McKenzie, J. E., Bossuyt, P. M., Boutron, I., Hoffmann, T. C., Mulrow, C. D., ... & Moher, D. (2021). The PRISMA 2020 statement: An updated guideline for reporting systematic reviews. *BMJ, 372*, n71. https://doi.org/10.1136/bmj.n71

Petersen, I. T., & Bell, M. A. (2019). Executive function in early childhood: Tools for supporting cognitive and social development. *Child Development Perspectives, 13*(2), 93-98. https://doi.org/10.1111/cdep.12315

Purpura, D. J., Schmitt, S. A., & Ganley, C. M. (2017). Foundations of mathematics and literacy: The role of executive functioning components. *Journal of Experimental Child Psychology, 153*, 15-34. https://doi.org/10.1016/j.jecp.2016.08.010

Roebers, C. M., Röthlisberger, M., Neuenschwander, R., Cimeli, P., Michel, E., & Jäger, K. (2014). The relation between cognitive and emotional factors and arithmetic performance in children: The mediating role of executive functions. *Mathematical Thinking and Learning, 16*(4), 266-283. https://doi.org/10.1080/10986065.2014.944845

Zelazo, P. D., Blair, C. B., & Willoughby, M. T. (2016). Executive function: Implications for education. *National Center for Education Research*. https://ies.ed.gov/ncer/pubs/20172000/pdf/20172000.pdf