

Experiencias y
perspectivas

La neurociencia cognitiva en el pensamiento matemático en las fases 2 y 3 de la Nueva Escuela Mexicana

Alejandro Díaz-Cabriales^{1*}

¹ Escuela Normal Profesor Carlos A. Carrillo, Santa María del Oro, Durango, México;
diazcabriales@gmail.com

*Correspondencia

Alejandro Díaz-Cabriales.
diazcabriales@gmail.com

Citación

Díaz-Cabriales A. La neurociencia cognitiva en el pensamiento matemático en las fases 2 y 3 de la Nueva Escuela Mexicana. JONED. Journal of Neuroeducation. 2025; 5(2): 114-120. doi: 10.47497/joned.v5i2.47497

Fecha de recepción:
14/8/2024

Fecha de aceptación:
27/11/2024

Fecha de publicación:
15/02/2025

Contribuciones de los autores

El autor único mantiene la contribución total en la elaboración del artículo.

Declaración ética

Los aspectos éticos del funcionamiento de la Escuela Normal Profesor Carlos A. Carrillo son responsabilidad del director de la institución.

Conflicto de intereses

La autora declara no tener conflictos de interés.

Editora

Laia Lluch Molins (Universitat de Barcelona, España)

Revisores

Bartolomé Pizà-Mir,
Dra. Rufina Pearson,
Alison Barbosa de Oliveira

Derechos de autor

© Alejandro Díaz-Cabriales, 2025

Esta publicación está sujeta a la Licencia Internacional Pública de Atribución/Reconocimiento-NoComercial 4.0 de Creative Commons.



Resumen

La implementación del modelo educativo de la Nueva Escuela Mexicana ha desvelado una serie de áreas de oportunidad de desarrollo para el conocimiento pedagógico en el sistema educativo de México. Uno de ellos es la inclusión de los conocimientos neurocientíficos en la práctica docente de los maestros en el país. La presente investigación documental tiene el objetivo de ofrecer a los docentes de educación preescolar y primaria una serie de descubrimientos empíricos sobre el funcionamiento del cerebro y su relación con el fenómeno neurobiológico del aprendizaje, pero sobre todo con la influencia que tienen esos procesos cognitivos en el desarrollo del pensamiento matemático en los niños.

Palabras clave: neurociencia cognitiva, pensamiento matemático, nueva escuela mexicana, neuroeducación, neuropedagogía.

Resum

La implantació del model educatiu de la Nova Escola Mexicana ha posat de manifest una sèrie d'oportunitats de desenvolupament del coneixement pedagògic en el sistema educatiu mexicà. Un d'ells és la inclusió del coneixement neurocientífic en la pràctica docent del professorat del país. Aquest estudi pretén oferir al professorat d'educació infantil i primària una sèrie de descobriments empírics sobre el funcionament del cervell i la seva relació amb el fenomen neurobiològic de l'aprenentatge, però sobretot, amb la influència que aquests processos cognitius tenen en el desenvolupament del pensament matemàtic dels nens.

Paraules clau: neurociència cognitiva, pensament matemàtic, nova escola mexicana, neuroeducació, neuropedagogia.

Abstract

The implementation of the educational model of the New Mexican School has revealed a development opportunity series for pedagogical knowledge in the educational system of México. One of them is the inclusion of neuroscientific knowledge in the teaching practice of teachers in the country. This study aims to offer preschool and primary education teachers a series of empirical discoveries about

the functioning of the brain and its relationship with the neurobiological phenomenon of learning, but above all, with the influence these cognitive processes have on children's mathematical thinking development.

Keywords: cognitive neuroscience, mathematical thinking, new Mexican school, neuroeducation, neuropedagogy

Introducción

En el ámbito de la educación, las neurociencias han estado permeando la práctica docente a través de la conjunción de tres disciplinas: la neurociencia, la pedagogía y la psicología, en un campo del conocimiento que se ha definido como neuroeducación. Sin embargo, existe un área de especialización que se enfoca más en el análisis neurobiológico del aprendizaje basado en el cerebro, denominada neurociencia cognitiva aplicada. En ese sentido, la posibilidad de aprovechar los avances en el conocimiento del cerebro permite el diseño de políticas, estrategias y metodologías con un fundamento neurocientífico, lo que ha generado en algunos países la existencia de un marco legal y curricular que introduce la neurociencia en la práctica docente y en el sistema educativo, en general.

Dentro del paradigma neuroeducativo actual es indispensable iniciar hablando del postulado que establece que el docente que desea enseñar sin conocer el cerebro se equipara con el diseño de un guante sin conocer una mano¹. Así, aquel docente que desee desarrollar intencionalmente la habilidad cognitiva del pensamiento matemático deberá tener un acercamiento al funcionamiento del cerebro y a la forma en la que este aprende; es decir, tomar en cuenta aquellos enfoques pedagógicos neuroeducativos, como la propuesta denominada aprendizaje basado en el cerebro², en el que destacan las emociones como base del aprendizaje³ y que resulta muy adecuado a la propuesta publicada por la Dirección General de Desarrollo Curricular que dentro del Marco Curricular y Plan de Estudios 2022 para la Educación Básica Mexicana, “considera, asimismo, los avances científicos en el campo de las neurociencias, sociología, pedagogía, historia, etcétera”^{4, p. 122}.

El objetivo de la educación para Sevilla⁵ exige un cambio de paradigma en el que el ejercicio pedagógico esté centrado totalmente en el alumno, espe-

cialmente en los primeros años escolares, pues es cuando “el ser humano se abre a una etapa especialmente propicia para el aprendizaje, el desarrollo y el bienestar”^{6, p. 6}; siendo entonces fundamental que el docente conozca el funcionamiento del cerebro para entender los procesos neurocognitivos que se producen en la mente del niño y poder diseñar estrategias pedagógicas adecuadas para su particular forma de aprender.

Además, el enfoque de la Nueva Escuela Mexicana establece que no importa si el niño ha pasado de una etapa a otra en cuanto a su desarrollo cognitivo, sino que es crucial “definir cómo cada sujeto atraviesa cada etapa, lo que construyó en ellas, las actividades que realizó, con quién las hizo, en qué contexto lo llevó a cabo y la orientación concreta que le da a su desarrollo”^{7, p. 80}, considerando permanentemente el fenómeno de la neuroplasticidad infantil, que permite que, como lo establece el Center on the Developing Child, “sea más fácil y más eficaz influir en la arquitectura del cerebro en desarrollo de un bebé, que volver a cablear partes de su circuito en la edad adulta”^{8, p. 2}. Por lo tanto, la adquisición del pensamiento matemático durante las fases 2 (3 a 6 años de edad) y 3 (6 a 9 años de edad) de la educación básica –correspondientes a la educación preescolar y al primer y segundo grado de educación primaria, respectivamente– es un predictor de las habilidades matemáticas futuras del sujeto⁹, las cuales vienen, además, a ser influenciadas por el contexto y la salud mental del niño¹⁰.

Para el desarrollo del pensamiento matemático, el cerebro humano adquiere habilidades como el poder percibir y entender cantidades numéricas sin necesidad de contar los elementos de forma individual. Este proceso innato permite reconocer, sin saber el número exacto, qué conjunto de elementos es mayor que otro. A esta habilidad cognitiva se la conoce como numerosidad^{9, 1, 12}, y está relacionada con la activación de redes neuronales convulsionales donde se produce la aparición de neuronas sensibles a la can-

idad, capaces de categorizar objetos en conjuntos de datos estandarizados¹³. Esta característica del cerebro humano permite que se produzca el fenómeno denominado enfoque espontáneo en la numerosidad (SFON, por sus siglas en inglés)^{9,11,14}, el cual se relaciona directamente con el proceso cognitivo de la atención, y es el primer paso para que el infante desarrolle el sentido numérico, para posteriormente evolucionar cognitivamente y ser capaz de relacionar el SFON con la serie de elementos simbólicos (números escritos), que vendrán a darle nombre a ese sentido numérico a través de palabras numéricas, es decir, los nombres de cada número.

Para comprender de forma más adecuada el pensamiento matemático, es necesario reconocer los procesos neurocognitivos que lo subyacen, como la memoria de trabajo visoespacial, las habilidades cognitivas de conteo, la subitización, la inteligencia no verbal y el sistema de aproximación numérica, así como el papel del juego y del error dentro de la construcción de habilidades cognitivas superiores. Todo esto para comprender el proceso neurobiológico por el cual pasa el niño para desarrollar el pensamiento matemático con el fin de tener un acercamiento a la aplicación de las neurociencias en el aula durante las fases 2 y 3 de su educación básica y con el potencial de influir en la práctica pedagógica del docente de forma general, pues el conocimiento del funcionamiento del cerebro permitirá que se diseñen estrategias educativas acordes con la etapa del desarrollo cognitivo en la que se encuentra el infante, no solamente dirigidas a las matemáticas, sino a cualquier otra asignatura.

Actualmente, en la educación preescolar mexicana, los conocimientos se clasifican a partir de la existencia de campos formativos en los que el uso del pensamiento científico es caracterizado por la presencia de la creatividad, la imaginación y la lógica; pero, sobre todo, por el uso del lenguaje simbólico⁷, en el que los contenidos se articulan a partir de los ejes: fomento de la lectura y la escritura, pensamiento crítico, educación estética, igualdad de género, interculturalidad crítica, vida saludable e inclusión¹⁵. La importancia específica de cada uno de estos campos formativos es que se relacionan directamente con el desarrollo neuropedagógico del niño, en el caso del pensamiento matemático y el entendimiento del proceso neurocognitivo necesario para él; tiene el potencial de mejorar el entendimiento del sistema

de aprendizaje simbólico de los humanos, así como de proponer diferentes maneras en las que se puede optimizar dicho proceso mediante el ejercicio educativo¹⁶.

Discusión

El objetivo del campo formativo del pensamiento matemático es que el niño aprenda “el nombre de los números, el orden, la correspondencia número cantidad, estrategias de conteo, clasifica de forma lógica, clasificación de objetos por sus características, continuar patrones aprender características de las figuras, comparar objetos y magnitudes y resolver problemas”^{17,p.4}, pero a la vez se fundamenta en la posibilidad de socializar ideas, conocimientos, hipótesis en las que, a partir de las experiencias diarias, los niños logren “construir nuevos conocimientos y que desarrollen un razonamiento matemático y científico que les permita generar ideas cada vez más precisas”¹⁵.

Este campo formativo, además de contribuir a adquirir las nociones matemáticas básicas, ayuda a comprender y apropiarse el concepto y significado de número, planteando actividades que representan un reto y que promueven distintas formas de pensar para construir y reconstruir sus propios conocimientos¹⁸, pues la naturaleza de las matemáticas es lógica, analítica y cuantitativa, y su desarrollo permite que se desarrollen de forma metódica y no convencional las habilidades resolutivas, generando, además, un aprecio por el valor del pensamiento matemático que para la SEP “ha de traducirse en actitudes y valores favorables hacia las matemáticas”^{19,p.3}.

En sentido, las propuestas pedagógicas deben diseñarse con base en los conocimientos existentes sobre la capacidad neurocognitiva del pensamiento matemático, como lo son la numerosidad o el sentido de número, entre otros aspectos neurobiológicos inherentes al desarrollo natural del cerebro. Sin embargo, es importante establecer que la neurociencia no tiene las facultades de proponer directamente nuevas pedagogías, sino que la información que esta provee es solamente una guía para que los docentes seleccionen o diseñen las estrategias pedagógicas adecuadas, tomando en cuenta el conocimiento de los procesos fisiológicos involucrados en los fenómenos psicológicos relevantes para la educación²⁰, como lo es el aprendizaje. Por ello los conocien-

tos neurocientíficos han de ser solamente un complemento para las actividades pedagógicas que el docente ha venido realizando con la intención de mejorar la práctica educativa.

En la medida en que el docente de educación entienda los procesos neurobiológicos del aprendizaje y los combine con su conocimiento pedagógico y psicológico, tendrá la posibilidad de mejorar su práctica docente. En ese sentido, la construcción abstracta del pensamiento matemático debe de ser vista desde la activación de circuitos neuronales especializados que se encuentran principalmente en el córtex cerebral²¹. Esas áreas del cerebro se encargan de llevar a cabo procesos cognitivos superiores, también conocidos como funciones ejecutivas, que son esenciales para el pensamiento matemático, pues conllevan aparejados procesos cognitivos como el razonamiento, la resolución de problemas y la planificación de rutas de acción.

El desarrollo natural del pensamiento matemático en los niños parte de la existencia de un sentido numérico preverbal que es innato y universal²², el cual permite a los infantes manipular cantidades de forma aproximada. Esta habilidad, que es compartida con otras especies animales, no tiene que estar directamente relacionada con el uso del número en su carácter simbólico, sino en el representativo. Así, el término *protomatemática* propuesto por Dehaene²¹ describe la etapa en la que el número precede a la verbalización. Por otro lado, Carey²³ define la raíz neuropsicológica del aprendizaje matemático como la cognición nuclear en lo que se define como el sistema de aproximación numérico (ANS, por sus siglas en inglés), estableciendo que los niños conocen el concepto de numerosidad incluso antes de iniciar la etapa escolar. La numerosidad convive con sistemas básicos de simbolización como el principio de cardinalidad y de ordinalidad²⁴; sin embargo, esto no quiere decir que el infante tenga la competencia matemática, sino que cuenta con los procesos cognitivos básicos que serán la base para la futura habilidad matemática, destacando que “todos los seres vivos pueden representar números, pero solo los humanos con un sentido evolutivo matemático diferente pueden crear y aprender matemáticas formales”^{24, p. 7742}.

Diferentes estudios coinciden en que las áreas cerebrales que intervienen en el proceso cognitivo del sentido del número son principalmente la corteza parietal –específicamente, el surco intraparietal y el

giro angular– y el lóbulo frontal²⁵⁻²⁸. La región parietal se encarga, entre otras cosas, de varias funciones cognitivas como la memoria de trabajo, la atención, las habilidades numéricas y la percepción espacial²⁷; siendo esta última una función importante para comprender el fenómeno del sentido numérico en el cerebro, pues se ha descubierto que los principios matemáticos, físicos y químicos provocan un patrón de actividad neuronal similar en la red visoespacial²⁸; registrando el fenómeno del efecto de distancia numérica²⁹, el cual establece que en ejercicios numéricos, el tiempo de respuesta depende de la proximidad a la referencia, pues es posible que los números se representen en un formato espacial, quizás a lo largo de una recta numérica mental²⁶.

Göbel y Rushworth²⁶ coinciden en que los números se representan en un formato espacial y forman parte de un efecto *top-down* del lenguaje, involucrando procesos tanto verbales como no verbales. Para Dotán³⁰, estos procesos no verbales conforman un analizador visual asociado con la actividad en la circunvolución temporal inferior, en donde se desencadenan cuatro procesos sintácticos, es decir, correlacionan la estructura sintáctica del número verbal correspondiente. En primer lugar, se codifica el orden relativo de los dígitos, luego se codifica la longitud de la cadena, posteriormente se divide la cadena en grupos de tres dígitos –tal y cual lo hacemos con la representación simbólica de la coma para separar los miles– y, finalmente, se produce un proceso sintáctico que codifica las posiciones de los dígitos 0 y 1, pues afectan a la estructura sintáctica del número verbal correspondiente, de esta manera es posible verbalizar la representación espacial y simbólica de un número que ha sido percibido por alguno de los sentidos.

La relevancia de la neurociencia en la educación preescolar radica en que en la actualidad todavía existe una “escasa aplicación de estrategias de intervención docente que se basen en investigaciones de neuroeducación para favorecer el aprendizaje de las matemáticas, pues aún no lo consideran los planes y programas de estudio”^{31, p. 1}, como consecuencia de la falta de formación y profesionalización docente en la neuroeducación.

Es importante reconocer que para que la neurociencia sea relevante en la educación, el conocimiento neurocientífico debe de tener aplicaciones prácticas en el aula, sobre todo si se tiene en cuenta que

para la SEP “las niñas y niños en preescolar, para explorar su mundo, además de las habilidades científicas, pueden recurrir a herramientas matemáticas no convencionales que usan en situaciones de su vida diaria y que requerirán para hacer sus indagaciones, tales como usar los números para contar y con otros propósitos, clasificar, reconocer atributos y regularidades, comprender la relación entre los datos de un problema y el uso de procedimientos propios para resolverlos, identificar características de objetos como su forma, tamaño, posición espacial, la capacidad de diferentes recipientes y espacios, la estimación del peso y longitud de objetos, el orden temporal o el paso del tiempo”^{15, p. 25}.

En ese sentido, la Dirección General de Desarrollo Curricular sugiere que se consideren los avances científicos en las neurociencias para el desarrollo del campo de la estética en la que los docentes diseñan estrategias de enseñanza y aprendizaje, herramientas didácticas y formas de abordar los diferentes campos formativos de manera que se potencien “el desarrollo cognitivo, crítico, emocional y que tiene incidencia en la formación de la conducta ética”^{7, p. 120}, pues la educación busca que el alumno aprenda y la neurociencia explica cómo se produce ese aprendizaje desde lo neurobiológico, siendo la base de un nuevo conocimiento en el que se requiere de un cambio de paradigma donde la labor docente se centre totalmente en el alumnado, demandando que se “reajusten sus metodologías, dinámicas y estrategias para conseguir un aprendizaje más óptimo”^{5, p. 11}.

Dentro de este nuevo conocimiento se ha logrado desechar aquella idea de los niños que nacen inteligentes, pues si bien es cierto que existe una predisposición genética o epigenómica para el aprendizaje y el desarrollo de las habilidades matemáticas, esa no es determinante para el desarrollo cognitivo, sino que es el contexto el que va a potenciar las habilidades o capacidades, aunque no exista una predisposición genética⁵. Siendo, además, la confrontación de situaciones para las que el cerebro no está preparado lo que detona el desarrollo cognitivo de nuevas redes neuronales, interrelacionando una vasta red cerebral de áreas cuyas tareas son muy diferentes, pero que se complementan para la resolución de la problemática enfrentada. Tal es el caso de las matemáticas, ya que, aparte del llamado metafóricamente “acumulador numérico”, nuestro cerebro no contiene

ninguna “unidad aritmética” predestinada para los números y las matemáticas²¹.

Estos conocimientos sobre las habilidades matemáticas innatas del cerebro obligan a que los docentes puedan establecer ambientes de aprendizaje pertinentes, enriquecidos y consecuentes con el desarrollo en la primera infancia³², pues la neurociencia del conocimiento y el aprendizaje debe ser vista como una parte esencial para conocer al alumno, que va a determinar la elección de las estrategias pedagógicas adecuadas²⁰; siendo los principios de la neurociencia los que indican que la intervención preventiva temprana será más eficiente y producirá resultados más favorables que la rehabilitación que se haga más tarde en la vida⁸. Por ello la aplicación de estos conocimientos en las estrategias pedagógicas de los docentes de nivel preescolar permitirá un mejor desarrollo de las habilidades matemáticas de los niños.

Conclusiones

La información presentada en este documento fundamenta la importancia de que el docente no solo logre desarrollar un sustento teórico de la aplicabilidad de la neurociencia cognitiva en el desarrollo del pensamiento matemático, sino, además, la importancia de acumular un conocimiento empírico sobre las ventajas de la neurociencia cognitiva y conocer las características de las habilidades matemáticas previas a la conceptualización del número en el desarrollo cognitivo del infante.

La formación del docente con respecto a la neurociencia aplicada al pensamiento matemático debe iniciarse con el conocimiento de los conceptos de neurociencia cognitiva aplicada y neuroeducación. Se recomienda, además, que profundice en el conocimiento del proceso neurocognitivo del aprendizaje, así como en el de las principales áreas del cerebro que se involucran en la consolidación de los diferentes tipos de memorias. Asimismo, deberá entender las etapas del desarrollo neurocognitivo y su importancia en el diseño de estrategias didácticas para el pensamiento matemático.

Los conocimientos específicos necesarios abarcan el sentido de cantidad como habilidad innata del cerebro, el proceso cognitivo denominado enfoque espontáneo en la numerosidad (SFON) para comprender cómo el niño puede prestar atención a

la numerosidad exacta de un conjunto de elementos como parte del pensamiento matemático en sus primeras fases de desarrollo. Deberá conocer, además, el proceso cognitivo necesario para que el niño cree el sentido numérico, en el cual entiende cantidades y conceptos como más y menos, mayor y menor.

También se deberá comprender el fenómeno de la atención y su relación con las habilidades de reconocer, discriminar, comprender, interpretar, asociar e integrar elementos numéricos con el fin de desarrollar la atención visual numérica. El docente debe conocer la memoria de trabajo visoespacial como una parte del fenómeno cognitivo del SFON, para posteriormente adentrarse en el proceso neurocognitivo de la apropiación de las palabras numéricas y su relación con las nociones previas de numerosidad del niño.

Además, es importante que el docente conozca los principios del conteo desde la perspectiva neurocientífica y que sea capaz de diseñar estrategias neurodidácticas para desarrollar la habilidad de conteo, la subitización como predictor de habilidades matemáticas complejas y la inteligencia no verbal como parte integradora del desarrollo del pensamiento matemático dentro de un campo de conocimientos que "permiten intervenir preventivamente desde un modelo basado en la evidencia científica y diferenciar los perfiles de desempeño de las dificultades de origen multicausal y la dificultad que deriva de un déficit específico en el desarrollo de lo numérico"³³.

Como parte de las funciones ejecutivas superiores, el docente debe conocer y tener la capacidad de desarrollar estrategias didácticas para fortalecer los componentes cognitivos del sistema de aproxi-

mación numérica (SAN) para desarrollar la habilidad cognitiva del proceso de conteo de memoria como técnica de conteo oral en la que el niño tiene la capacidad de crear sus propias reglas de conteo, como, por ejemplo, escuchar a un niño decir *diecicuatro* para referirse al 14, en el cual esta expresión no se toma como un error, sino como parte del proceso neurocognitivo de asimilación y acomodación en el que el niño va a crear conceptos nuevos para llegar a un conocimiento final que sería la correcta palabra numérica *catorce*.

Además es importante que el docente reconozca la importancia del juego como detonante del proceso neurobiológico del aprendizaje y del error como una oportunidad de potenciar la creación de estructuras neuronales más complejas. Con estos elementos, el docente que trabaja con niños que se encuentran dentro de las fases 2 y 3 de su formación de educación básica no solo podrá conocer los procesos neurocognitivos que subyacen el desarrollo del pensamiento matemático en los niños, sino que tendrá la posibilidad de crear estrategias basadas en el funcionamiento del cerebro que tienen la potencialidad de mejorar la consolidación de memorias a largo plazo, tanto semánticas para el uso de las matemáticas, como episódicas para el uso de esos conocimientos en la resolución de problemas de la cotidianidad.

Limitaciones

Las limitaciones del presente estudio se definen a partir del poco acceso a artículos de revistas internacionales cuya publicación no incluye a nuestro país.

Referencias

- Hart LA. Human Brain and Human Learning. Longman Publishing Group; 1983. 206 p.
- Caine RN, Caine G. Understanding a Brain-Based Approach to Learning and Teaching. *Educ Leadersh*. 1990;66-70.
- Carvajal R. Diseños Curriculares, Modelos Pedagógicos y Planificación Educativa en Neuroeducación: Perspectivas y Controversias. *Docencia Univ*. 2019;20(1):47-68.
- SEP. Plan de Estudio de Educación Preescolar, Primaria y Secundaria 2022. Secretaría de Educación Pública; 2022. 1-192 p.
- Sevilla B. Neuroeducación en Ciclos Formativos: Guía para el Profesorado. Universitat de Barcelona; 2020.
- DOF. Política Nacional de Educación Inicial. México: Diario Oficial de la Federación; 2022.
- Dirección General de Desarrollo Curricular. Marco Curricular y Plan de Estudios 2022 de la Educación Básica Mexicana. Ciudad de México; 2022.
- Center on the Developing Child. En breve, la ciencia del desarrollo infantil temprano. 2007. (En Breve). Report No.: Harvard University.
- Poltz N, Quandt S, Kohn J, Kucian K, Wyszkon A, Aster M von, et al. Does It Count? Pre-School Children's Spontaneous Focusing on Numerosity and Their Development of Arithmetical Skills at School. *Brain Sci*. 2022;12(313):1-18.

10. Lynch M. The neuroscience of early childhood development. *The Advocate*. 2019 Mar 22;
11. McMullen J, Verschaffel L, Hannula-Sormunen MA. Spontaneous mathematical focusing tendencies in mathematical development. *Math Think Learn*. 2020;22(4):249–57.
12. Chu FW, VanMarle K, Hoard MK, Nugent L, Scofield JE, Geary DC. Preschool Deficits in Cardinal Knowledge and Executive Function Contribute to Longer-Term Mathematical Learning Disabilities. *J Exp Child Psychol*. 2019;188:1–61.
13. Mistry PK, Strock A, Liu R, Young G, Menon V. Learning-induced reorganization of number neurons and emergence of numerical representations in a biologically inspired neural network. *Nat Commun*. 2023;14(3843):1–21.
14. Hannula MM, Lehtinen E. Spontaneous focusing on numerosity and mathematical skills of young children. *Learn Instr*. 2005;15(3):237–56.
15. SEP. Campos formativos en la educación preescolar. Programa analítico. 2021.
16. Hyde DC, Ansari D. Advances in Understanding the Development of the Mathematical Brain. *Dev Cogn Neurosci*. 2018;(30):236–8.
17. Domínguez M. Pensamiento Matemático: Estrategias Neuroeducativas en estudiantes de tercero de preescolar. *Debates en Evaluación y Currículum/Congreso Int Educ Currículum 2019*. 2019;(5):1–12.
18. Castillo IE. Favorecer el desarrollo del pensamiento matemático en un grupo de primero de preescolar. *Benemérita y Centenaria Escuela Normal del Estado de San Luis Potosí*; 2021.
19. SEP. Educación Física. Educación Básica. Plan y programas de estudio, orientaciones didácticas y sugerencias de evaluación. *Pública Secretaría de Educación*, editor. Ciudad de México; 2017.
20. Dubinsky JM, Roehrig G, Varma S. A Place for Neuroscience in Teacher Knowledge and Education. *Mind, Brain Educ*. 2022;1–10.
21. Dehaene S. *The number sense*. Oxford University Press; 1999.
22. Torresi S. Propuesta en acción 1 – Cognición matemática: de la evidencia científica a la práctica fundamentada. En: *El ágora de la neuroeducación La neuroeducación explicada y aplicada*. Universitat de Barcelona; 2019. p. 103–12.
23. Carey S. *The Origins of Concepts*. Oxford: Oxford University Press.; 2000.
24. Rosselli M, Matute E. La Neuropsicología del Desarrollo Típico y Atípico de las Habilidades Numéricas. *Rev Neuropsicol Neuropsiquiatría y Neurociencias*. 2011;11(1):123–40.
25. Parra J, Gallardo I. Descifrando los Secretos de la Discalculia: un Viaje ATravés de las Neurociencias y las Tecnologías de la Información. *Cienc Lat Rev Científica Multidiscip*. 2023;7(5):7740–58.
26. Göbel SM, Rushworth MFS. Cognitive Neuroscience : Acting on Numbers. *Curr Biol*. 2004;14(65):517–9.
27. Lazaro JC, Mendoza MM, Noriega CA, Goycochea JC. Neurosciences and Mathematics Teaching at the Universidad Nacional Intercultural De La Amazonia: An Anthology of the Didactic Situation. *NeuroQuantology*. 2022;20(8):1084–92.
28. Wang L, Li M, Yang T, Wang L, Zhou X. Mathematics Meets Science in the Brain. *Cereb Cortex [Internet]*. 2022 Jan 1;32(1):123–36. Available from: <https://doi.org/10.1093/cerecor/bhab198>
29. Göbel SM, Rushworth MFS. Cognitive Neuroscience: Acting on Numbers. *Curr Biol*. 2004 Jul 13;14(13):R517–9.
30. Dotan D. Top-Down Number Reading: Language Affects the Visual Identification of Digit Strings. *Cogn Sci*. 2023;(47):1–25.
31. Silva CV. La neuroeducación en preescolar para la enseñanza de las matemáticas. In: *XXI Concurso Lasallista de Investigación, Desarrollo e Innovación CLIDI 2019*. 2019. p. 1–6.
32. Forero CP. Aportes de la neuroeducación a la formación de los futuros pedagogos infantiles [Internet]. *Corporación Universitaria Minuto de Dios*; 2016. Available from: https://repository.uniminuto.edu/bitstream/handle/10656/4438/TPED_ForeroMesaClaudiaPatricia_2016.pdf?sequence=1&isAllowed=y
33. Torresi S. Acerca de números, dificultades e intervenciones. *J Neuroeducation*. 2020;1(1):136–40.