

# Hallazgos neurocientíficos relacionados con el desarrollo del pensamiento algebraico en estudiantes de secundaria

## *Neuroscientific findings related to the development of algebraic thinking in high school students*

MSc. Sara Vilma Rodríguez de Chicas. Profesora de la Universidad de El Salvador (UES), Facultad Multidisciplinaria de Occidente; Coordinadora de la Academia Sabatina Santa Ana, del Programa Jóvenes Talento de matemática y ciencias naturales. Máster en Métodos y Técnicas de Investigación Social; Licenciada en Matemática

Correo electrónico: sara.rodriguez@ues.edu.sv; sara.rodriguez@jovenestalento.edu.sv

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4833-9145>

Recibido: enero de 2021

Aprobado: marzo de 2021

---

### RESUMEN

Se informan resultados de un estudio bibliográfico sobre hallazgos neurocientíficos relacionados con el desarrollo del pensamiento algebraico, el tema surge por la carencia de capacidades cognitivas, de razonamiento, abstracción, deducción y análisis que muestran los estudiantes. Se hace una interpretación de los resultados neurocientíficos en relación a la actividad cerebral mientras los estudiantes trabajan conceptos matemáticos, a la vez se consideran los fundamentos biológicos psicológicos y culturales, por su aporte en el análisis del fenómeno educativo, aunado con otras investigaciones específicas de la disciplina en mención.

Se sistematiza el análisis las investigaciones de pensamiento algebraico y neurociencias. Los resultados sugieren un diálogo sostenido entre neurocientíficos y educadores con el propósito de encontrar puntos coincidentes que favorezcan el aprendizaje del álgebra. La discrepancia entre lo enseñado por el profesor y lo captado por el estudiante, no se debe interpretar, necesariamente, solo como falta de razonamiento del estudiante. No basta solo de la plasticidad del cerebro para aprender, se necesitan condiciones pedagógicas de la cultura. Como solución al problema científico, se sugiere desarrollar una estrategia didáctica, considerando los hallazgos en neurociencias, que asuma una nueva concepción para el desarrollo del pensamiento algebraico.

### ABSTRACT

Results of a bibliographic study on neuroscientific findings related to the development of algebraic thinking are reported, the issue arises due to the lack of cognitive, reasoning, abstraction, deduction and analysis abilities shown by the students. An interpretation is made of the neuroscientific results in relation to brain activity while the students work on mathematical concepts, at the same time the biological, psychological and cultural foundations are considered, for their contribution in the analysis of the educational phenomenon, together with other specific investigations of the discipline in mention. The analysis of algebraic thinking and neuroscience research is systematized. The results suggest a sustained dialogue between neuroscientists and educators in order to find points of agreement that favor the learning of algebra. The discrepancy between what is taught by the teacher and what is captured by the student, should not be interpreted, necessarily, only as a lack of reasoning of the student. It is not enough only of the plasticity of the brain to learn, pedagogical conditions of culture are needed. As a solution to the scientific problem, it is suggested to develop a didactic strategy, considering the findings in neuroscience, that assumes a new conception for the development of algebraic thinking.

**Keywords:** algebraic thinking, generalization processes, education, brain, neurosciences.

**Palabras clave:** pensamiento algebraico, procesos de generalización, educación, cerebro, neurociencias.

---

## Introducción

El presente artículo es una reflexión académica de los resultados de investigaciones en neurociencias y de los aportes didáctico-pedagógicos para el desarrollo del pensamiento algebraico en estudiantes de Secundaria. Para la autora *pensamiento algebraico* es el proceso psíquico mediatizado por la actividad intelectual, dirigida hacia la búsqueda y descubrimiento de lo esencialmente nuevo de los objetos que pertenecen al campo de los números, las letras y los símbolos, a través de las acciones de examinar, identificar, reflexionar, juzgar, relacionar ideas o conceptos, conjeturar y tomar decisiones tanto para la solución de problemas como para el proceso de construcción de un nuevo concepto. (Rodríguez, 2020).

El aprendizaje de la matemática es un reto para los estudiantes, el Álgebra es una de sus ramas que se caracteriza por su alto nivel de abstracción y la utilización de símbolos para representar cantidades numéricas, su dominio garantiza el desarrollo de otras áreas de la matemática. En el nivel Superior, la mayoría de los estudiantes experimentan fracasos asociados con falta de destreza en procesos que incluyen operaciones con álgebra, lo que evidencia la necesidad de desarrollar el pensamiento algebraico desde el nivel de secundaria<sup>1</sup>.

Investigadores en el área estudian los procesos relacionados con el Álgebra, su enseñanza, dificultades y el pensamiento para el desarrollo de su aprendizaje. En el plano internacional se destacan los trabajos de Luis Radfor (2006, 2009, 2012, 2014) y Carolyn Kieran (2004) en Canadá; Luis Rico (1997), Martín Socas (1999, 2011), Francisco Javier García (2008) y María Luz Callejo (2016) en España; Rodolfo Vergel (2012, 2014, 2016) y Natalia Guzmán (2013) en Colombia; Cristianne Butto & Teresa Rojano (2010), Sergio Chalé (2013) y Lilia Aké (2014, 2015) en México; Cristina Ochoviet (2011) en Uruguay; Yves Chevallier (1998), Jorge Díaz Lozada y Rafael Díaz (2018), Eliécer Aldana (2013) y Leonardo Navarro (2021) en Cuba.

En El Salvador, no se conocen investigaciones relacionadas con el desarrollo del pensamiento algebraico; sin embargo, se cuenta con una normativa que rige la enseñanza de la Matemática en los diferentes niveles educativos. La ley General de Educación (1996); los Fundamentos Curriculares del sistema educativo salvadoreño (2005) y el Programa de la asignatura Matemática para Tercer Ciclo de Educación Básica (2018). Ellos plantean los alcances a los que tienen que llegar los estudiantes en la formación matemática.

En la normativa se encuentra una base sólida, desde la perspectiva teórica, de los objetivos que se persiguen con la formación matemática en El Salvador, en secundaria. Los objetivos incluyen tanto el aspecto instructivo como educativo de la matemática, por lo que se les considera una herramienta potente que sumada con una intención pedagógica contribuyen al desarrollo del pensamiento matemático-algebraico de los estudiantes.

---

<sup>1</sup> En El Salvador la secundaria es el Tercer Ciclo de Educación Básica e incluye séptimo, octavo y noveno grados y en este nivel se estudian todos los procesos algebraicos.

Las investigaciones en neurociencias desde los fundamentos biológicos, psicológicos y culturales, aportan un legado en el análisis de este fenómeno educativo, aunado con otras investigaciones específicas de la disciplina en mención. Se ha verificado que existe una brecha entre la concepción que el estudiante tiene del desarrollo numérico de un proceso y su representación algebraica, pues no se ha logrado una transición natural del paso de la Aritmética al Álgebra.

La autora ha planteado el *Problema científico*: ¿Cómo desarrollar el pensamiento algebraico desde el proceso de enseñanza-aprendizaje de la matemática en estudiantes de Tercer Ciclo de Educación Básica? Para ello se ha desarrollado una investigación científica cuyos métodos teóricos y empíricos han tenido en consideración los hallazgos planteados en este artículo.

## Desarrollo

Las investigaciones en neurociencias priorizan el desarrollo del ser humano mediado por la educación con el propósito que este sea mejor persona. El hombre por naturaleza es biopsicosocial, por lo que hay que analizarlo desde tres factores: biológicos, psicológicos y sociales.

Puesto que se tiene interés en el desarrollo del pensamiento algebraico en secundaria, es decir, con adolescentes, importa conocer aspectos relacionados con su desarrollo. En la adolescencia se refinan los bloques cognitivos que han empezado a formarse en la infancia; es una etapa de cambio, de transformación cerebral importante: la plasticidad del cerebro; por ello, debe estimular de manera adecuada y continua para aprovecharlo al máximo. También las conexiones neurológicas de integración que pertenecen a la corteza temporal superior alcanzan su nivel máximo de desarrollo.

Desde los diferentes postulados de las neurociencias se posiciona al estudiante en la dinámica de la sociedad, tomando en cuenta su historia de vida. Por ejemplo, cuáles han sido las vivencias, experiencias en su aprendizaje, el periodo del proceso evolutivo, actividad de comunicación desde el cerebro que es la acción mental que contribuye a la generación de nuevos conocimientos, etc. Asimismo, deben considerarse factores que a lo mejor se habían dejado de lado por no pertenecer directamente al ámbito matemático, como los relacionados con la anatomía y fisiología del desarrollo, los cuales incluyen la higiene, las bases biológicas de la psiquis, por la influencia sobre su organismo. El propósito es normar científicamente las condiciones de vida y educación, de manera que estas no afecten el estado de salud del estudiante ni su rendimiento escolar.

El desarrollo biológico está condicionado históricamente mediante el desarrollo orgánico, que cuando alcanza un nivel alto de maduración el organismo del niño madura y cambia (Orrú, 2012). Desde la condición física, la nutrición adecuada permite la concentración, el descanso favorece el desarrollo de la memoria, el ejercicio físico reproduce neuronas; estas condiciones posicionan al estudiante ante situaciones óptimas de aprendizaje.

Por otra parte, los factores socioeconómicos, el nivel cultural de la familia, la civilización, el confort (RAE, 2018) y la elevación del nivel de vida, generan en el estudiante elevadas exigencias en el contexto social, las emociones, los afectos, la comunicación en las actividades que desarrollan y otros mediadores instrumentales son didácticamente necesarios para garantizar un escenario favorable para el aprendizaje. Además, la genética y ciertos factores exógenos entre ellos la tecnología, (muchas horas dedicadas a la

interacción con artefactos tecnológicos), restringen y en muchos casos llevan al mínimo el rendimiento del estudiante.

Con base en las ideas que están en discusión, se debe analizar la pertinencia de enseñar álgebra en secundaria, Radford ha planteado la hipótesis: “Sostener por mucho tiempo las técnicas aritméticas de resolución por ensayos sistemáticos, aunque en su momento son necesarias, se vuelven difíciles de deshacer y se convierten en un obstáculo para el aprendizaje del álgebra” (Radford, 2008, p. 243). Hay ideas diversas en este tema, Guzmán (2013) sostiene que la transición de la aritmética al álgebra constituye un obstáculo epistemológico y cognitivo, debido a que los estudiantes pasan repentinamente de estudiar operaciones y relaciones entre números, a operar con expresiones algebraicas y manipulación de variables.

Sobre la base de los estudios de neurociencias, se sabe que en el cerebro del niño se forman sinapsis que permiten transitar, con cierta fluidez, por la aritmética. Este se acostumbra a manipular cantidades numéricas y obtener respuestas con un solo número; cuando se enfrenta al trabajo con expresiones algebraicas, tiende a bloquearse y a presentar problemas con la comprensión del concepto de variable, el desarrollo del pensamiento variacional y la aceptación de respuestas con expresiones de más de un término. Por ejemplo, si un resultado fuera  $2a + b$  el estudiante busca una mínima expresión de un solo término ( $2ab$ ) (Zarzar & Rojano, 2010).

Guzmán (2013) sugiere que en la transición de la aritmética al álgebra, se tome como punto de partida un estudio con significado de la sintaxis de los símbolos alfa numéricos desde la primaria, se revisen los momentos claves de una etapa histórica muy importante, en la construcción del sentido y significado de la variable, situación que también señala Vergel (2012) y que además, desde el punto de vista didáctico, sugieren tomar como referencia la incorporación de procesos algebraicos, vinculados al estudio de patrones numéricos y geométricos.

Por otra parte, el cerebro es dinámico, porque es el resultado de la interacción social y además por su plasticidad. Este ha ido evolucionando en niveles, y tiene la necesidad de tener vivencias, experiencias. Radford (2008) argumenta que el cerebro se modifica en la medida que practica matemática, lo que abre un hito en la investigación, para indagar formas de desarrollo del pensamiento algebraico.

Investigadores suecos (*Swedish Medical University Karolinska Institute the Stocolmo*) descubrieron que un entrenamiento de la memoria provoca cambios químicos en el cerebro humano: esto muestra que hay una relación interactiva entre cognición y cerebro. Otras investigaciones demuestran que hay diferentes porcentajes de retención de información en el cerebro, pero se fija más aquella producida en condiciones desafiantes de obligado esfuerzo intelectual o donde se le da al aprendizaje el protagonismo que necesita. El cerebro entra en actividad intensa cuando el estudiante desarrolla procesos matemáticos.

Se ha demostrado que en actividad matemática hay un mayor flujo sanguíneo en el cerebro en las partes asociadas a la matemática. Al respecto Fernández, (2005) afirma que la resolución de un problema en el que intervienen operaciones aritméticas, requiere de habilidades verbales, espaciales, conceptuales, de razonamiento y las áreas del cerebro donde procesas tales habilidades, permanece activo.

También se ha verificado que hay mayor actividad en el cerebro cuando se comprende, que cuando se memoriza. Pero se comprende más cuando se manipulan materiales concretos.

Por estas razones Butterworth (1999) y Dehaene (1997) sugieren que, para interactuar con la mente del estudiante, la matemática se debe enseñar considerando el razonamiento intuitivo, la manipulación de materiales y las actividades lúdicas. En este sentido, es más importante que el estudiante desarrolle actividades de formulación de preguntas más que contestarlas, ya que activa en el estudiante la motivación, las atribuciones, la reflexión, la autoestima, aumenta la actividad cerebral, se mejora la memoria de trabajo y se retiene por más tiempo.

La actividad matemática tiene lugar mayormente en el lóbulo parietal izquierdo como la escritura alfanumérica y los cálculos exactos; aunque el reconocimiento de símbolos numéricos, la estimación y las aproximaciones se dan en el derecho. Las zonas del cerebro no maduran en el niño al mismo tiempo, lo hacen progresivamente, y por lo tanto así mismo avanza el desarrollo de sus capacidades.

Es importante reconocer qué alteraciones (puede ser un daño o un trastorno) en ciertas zonas del cerebro impedirán que el estudiante aprenda matemática como lo hace un estudiante promedio; es decir, tendrá una capacidad limitada. Aunque son casos que se presentan de manera aislada, el profesor debe estar atento al desarrollo integral de sus estudiantes para desempeñarse de manera adecuada en sus labores cotidianas. El daño o trastornos en una zona del cerebro afectarán el desarrollo general del individuo.

Cuando el profesor identifica errores en el trabajo del estudiante, debe analizar si son del tipo científico que es cuando el estudiante consigue un resultado diferente al real, pero hizo una asociación con la forma en que le han enseñado; o es un error de razonamiento (error lógico). Según Fernández (2005), hay errores que son producto de un trastorno en el cerebro, aquí aparece la acalculia y discalculia.

Por otro lado, hay relación entre cognición, emoción y aprendizaje. Las emociones positivas son generadoras de químicos que facilitan la transmisión de impulsos positivos, mientras que los pensamientos negativos generan químicos que bloquean la conexión entre los transmisores. El cerebro responde con un alto grado de motivación e interés ante situaciones novedosas. Este hallazgo coloca al profesor ante un reto.

Aprender matemática requiere de un esfuerzo mental que implica procesos simples en el cerebro como la atención, la memoria; y otros más complejos como la organización de ideas, la comparación, el análisis, el razonamiento, seguir pasos, cumplir reglas y realizar toma de decisiones. “La evolución en las matemáticas implican cierta evolución en el cerebro, aunque no se tenga claridad de cómo se da esta evolución” (Vargas, 2013, p. 38).

La matematización según Vargas (2013) es considerada como interacción del conocimiento matemático con otras realidades, esta se produce en el cerebro mediante acoplamiento de adaptación, modelización y resurgimiento. El de adaptación es el conocimiento matemático aplicado a un objeto de estudio o a su desarrollo; el de modelización se caracteriza por modelizar una realidad a partir del conocimiento matemático que se tiene; y el de resurgimiento se refiere a la identificación del conocimiento matemático en diferentes realidades.

Hay una relación dinámica entre la matemática y la ciencia. Se debe enseñar al estudiante la importancia de los conceptos matemáticos no solo en relación con el mundo exterior sino en la construcción de nuevas sinapsis en su cerebro que le permitirán aumentar su capacidad de aprender nuevos conceptos en diferentes realidades.

Respecto a la actividad en el cerebro, los investigadores han descubierto que, tanto en adolescentes como en adultos, durante la resolución de ecuaciones se activan tres regiones: la pre frontal, la parietal izquierda y la motriz y sensorial izquierda. Estos grupos coincidieron en dos situaciones: la tasa de éxito en la resolución y la disminución en la región prefrontal tras cuatro días de práctica. Sin embargo, algo que intrigó a los investigadores es que, en los adolescentes, a medida que practican, se va apagando la zona de las imágenes. Concluyen que, una vez aprendido a resolver ecuaciones, ya no necesitan las imágenes; sin embargo, los adultos las siguen utilizando. “Los adolescentes accederían más fácilmente que los adultos a nuevos niveles de abstracción algebraica” (Radford & André, 2009, pág. 237). Con este resultado Qin et. al. (2004), sostienen que “La receptividad más grande del cerebro de los adolescentes a la práctica sugiere que este periodo (la adolescencia) sería el más apropiado para enseñar el álgebra junto con la tecnología” (citado por Radford & André, 2009, p. 238).

Radford (2009) sostiene en sus investigaciones, que si las actividades para introducir el álgebra son bien elegidas, los estudiantes de séptimo grado aprenden sin mayor dificultad la resolución de ecuaciones y el manejo del lenguaje simbólico en la identificación de patrones; aunque sugiere que el lenguaje algebraico simbólico (sin mucho rigor) podría iniciarse desde quinto grado.

Esta es una cuestión que desde las neurociencias se juzga por la maduración del cerebro, y desde la pedagogía por los métodos de enseñanza utilizados. Sin embargo, a juzgar por la plasticidad del cerebro, no se debe dejar pasar el momento oportuno en que el cerebro está más flexible. Los estudios de Qin y sus colaboradores indican que el niño en séptimo grado (e incluso más pronto) ya está listo para transitar hacia la abstracción algebraica.

## Conclusiones

1. Las investigaciones en neurociencias contribuyen a la pedagogía y la didáctica. Estos resultados sugieren un diálogo sostenido entre neurólogos y educadores con el propósito de encontrar puntos coincidentes que favorezcan el aprendizaje del álgebra. Así el profesor de matemática, podrá reorientar su trabajo en el aula de manera asertiva.
2. Los hallazgos científicos que relacionan la actividad cerebral y la matemática, afirman la existencia de un mayor riego sanguíneo cuando el sujeto está en actividad matemática.
3. Una nueva concepción para el desarrollo del pensamiento algebraico, fundamentada en el redimensionamiento de su definición constituye un espacio para que el estudiante invente, construya, modelice, resuelva y cree significados tomando como referencia su propio entorno. También, se debe considerar el aspecto emotivo como elemento decisivo para su aprendizaje.

## Bibliografía

Avalos, A., Tenoch, E., & Cruz, V. (2012). *Del Sentido numérico al pensamiento Algebraico* (Primera Edición ed.). (P. Education, Ed.) México, México: Pearson.

- Bautista, N. (2013). *Una propuesta para desarrollar pensamiento algebraico desde la básica primaria a través de la aritmética generalizada*. Tesis, Bogotá Colombia.
- De la Barrera, M., & Donolo, D. (2009). Neurociencias y su importancia en contextos de aprendizaje. *Revista Digital Universitaria*.
- Espinoza, J., Lupiañez, J., & Segovia, I. (Marzo - Agosto de 2014). La invención de problemas y sus ámbitos de investigación en educación matemática. *Revista Digital Matemática Educación e Internet*, 14(2).
- Fernández Bravo, J. A. (2010). Neurociencias y la enseñanza de la matemática. *Revista Iberoamericana de Educación*, 12.
- Gairin J, S. (1987). *las actitudes en educación. Un estudio sobre educación matemática*. Barcelona: Promociones y publicaciones universitarias.
- Guzmán, N. (2013). *Una propuesta para desarrollar pensamiento algebraico desde la básica primaria a través de la aritmética generalizada*. Tesis, Bogotá Colombia.
- Katz, S. (1997). Aportes para un cambio curricular: El lenguaje de la Matemática y la matemática como lenguaje. *Zona Educativa*.
- MINED, M. d. (2005). *Fundamentos Curriculares de la Educación Nacional*. San Salvador: MINED.
- Orrú, S. E. (2012). Bases conceptuales del enfoque histórico-cultural para la comprensión del lenguaje. *Scielo*.
- Radford, L., & André, M. (2009). Cerebro, cognición y matemática. *Revista Latinoamericana de matemática educativa*, 215-250.
- RAE (2018). *Diccionario de la Academia de la lengua española*. Madrid, Espasa Calpe.
- Rico, L., Castro, E., Coriat, M., Marín, A., Puig, L. M., & Socas, M. (1997). Dificultades, obstáculos y errores en el aprendizaje de las matemáticas en la Educación Secundaria. En L. Rico, *La Educación Matemática en la Enseñanza secundaria* (págs. 125-154). Barcelona, España: ICE/HORSORI.
- Rodríguez, R. (s.f.). *Anatomía y Fiología del Desarrollo para la Educación Infantil*.
- Vergel, R. (23 de Febrero de 2012). La zona de emergencia del pensamiento algebraico: una zona largamente ignorada. Bogotá, Colombia.
- Vergel, R. (2014). *Formas de pensamiento algebraico temprano*. Tesis, Universidad Distrital Francisco José de Caldas, Bogotá.
- Zarzar, C. B., & Rojano, T. (Diciembre de 2010). Early algebraic thinking: The role of the environment Logo. *Scielo*, 22(3).

**Contribución Autoral:**

Único Autor

**Declaración de conflicto de interés y conflictos éticos**

El autor declara que este manuscrito es original, no contiene elementos clasificados ni restringidos para su divulgación ni para la institución en la que se realizó y no han sido publicados con anterioridad, ni están siendo sometidos a la valoración de otra editorial.

El autor es responsable del contenido recogido en el artículo y en él no existen plagios, conflictos de interés ni éticos.