

Neurobiología de los trastornos del aprendizaje y sus implicaciones en el desarrollo infantil: propuesta de una nueva perspectiva conceptual¹

Neurobiology of learning disorders and its implications for child development; proposal for a new conceptual perspective

Jorge Alexander Ríos-Flórez²
Claudia Rocío López-Gutiérrez³

Recibido 21. 05. 2017 - Arbitrado 12. 07. 2016 - Aprobado 05.08. 2017

Resumen

La investigación en torno a los procesos de aprendizaje y sus alteraciones clínicas ha encontrado gran soporte en la exploración de los mecanismos biológicos implicados en su funcionamiento. El objetivo del presente artículo es explorar dichos mecanismos y clarificar, a partir de dicha exploración, las diferencias conceptuales entre dificultades, alteraciones y trastornos del aprendizaje, términos que hasta ahora se han tratado indistintamente pero que, como veremos, refieren a fallas en el aprendizaje específicas y distintas. La exploración de los correlatos neuronales y funcionales de procesos como la lectura, la escritura y las tareas de cálculo, por ejemplo, pueden permitir la fundamentación de programas de intervención sustentados sobre evidencia científica y con alta probabilidad de éxito, los cuales pueden orientar la habilitación

¹ Grupo de Estudio e Investigación en Neurociencias HIPPOCAMPUS

² Docente-Investigador, Director del Grupo de Estudio e Investigación en Neurociencias Hippocampus; Psicólogo, Universidad Pontificia Bolivariana, Especialista en Evaluación y Diagnóstico Neuropsicológico, Magíster en Neuropsicología clínica, Universidad de San Buenaventura, Bogotá, D.C.; Miembro investigador del Grupo Psicología, Educación y Cultura de la Institución Universitaria Politécnico Grancolombiano, Colombia. Doctorando en Psicobiología, Investigador, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Brasil. Correspondencia: UFRN, Caixa Postal 1511 - Campus Universitario, 59078-970, Laboratorio de Anatomía del Departamento de Morfología, Centro de Biociencias, Natal, RN – Brasil, alexanderriosflorez@gmail.com

³ Investigadora, Coordinadora de la Línea de investigación en "Síndromes Neurológicos en la infancia" y la Línea de estudio en "Neurociencia afectiva y emocional" del Grupo de Estudio e Investigación en Neurociencias HIPPOCAMPUS, Colombia. Psicóloga, Universidad Católica Luis Amigó, Medellín. Correspondencia: Carrera 51 N° 55-59, Apto 401, Villa Paula, Itagüí, Colombia, clarologu@hotmail.com

y/o rehabilitación de niños y niñas que, por alguna razón, hayan visto comprometido el curso típico de su proceso de desarrollo y aprendizaje. Se resalta la importancia de profundizar en el estudio de las bases biológicas que subyacen a los procesos cognitivos involucrados con el aprendizaje para, de este modo, poder llegar incluso a proponer formas distintas de educación donde los contenidos escolares se adecuen al desarrollo biológico de niños y niñas para las etapas evolutivas de escolarización. El abordaje interdisciplinar, en este sentido, se plantea como una herramienta clave para la generación de procesos interventivos oportunos dirigidos a optimizar el desarrollo de los procesos de enseñanza-aprendizaje.

Palabras clave: trastornos del aprendizaje, discalculia, disgrafía, dislexia, neurobiología.

Abstract

Learning processes and their clinical manifestations require greater understanding of the biological mechanisms involved in its operation, the aim of this article is to clarify them as well as the conceptual differences between difficulties and disorders, since have been used to refer equally to the specific failures in learning. By achieving greater understanding of the products of brain activity such as reading, writing and calculation tasks and its aspects, from learning processes, formulation of tasks and intervention programs aimed at habilitation and/or rehabilitation children who have a particular commitment, will be supported on scientific objectivity and high probability of success. It also addresses as essential to understand functionally, in theory and practice, cognitive resources related to attentional processes, memory, language and perception, intimately involved with learning; likewise, it is essentially necessary to adapt the educational content to the biological development of children, in order to find concordance between what the environment demands and what the brain is in maturational state to perform for the developmental stages of schooling. In this sense, the interdisciplinary approach of children to failures in learning allows timely intervention in search of functional improvement of biological commitments or errors in teaching methods.

Keywords: learning, dyscalculia, dysgraphia, dyslexic, neurobiology

Introducción

Citación del artículo: Ríos-Flórez, J., López-Gutiérrez, C. (2017). Neurobiología de los trastornos del aprendizaje y sus implicaciones en el desarrollo infantil: propuesta de una nueva perspectiva conceptual. *Revista Psicoespacios*, Vol. 11, N. 19, pp. , Disponible en <https://doi.org/10.25057/issn.2145-2776>

Las alteraciones en el curso típico del aprendizaje han sido ampliamente abordadas a lo largo de las últimas décadas, en especial lo que tiene que ver con su etiología y clasificación (Santiuste-Bermejo & Santiuste-Díaz, 2008; Roselli, Matute & Ardila 2010). Aponte-Henao & Zapata-Zabala (2013), por ejemplo, definen los trastornos específicos del aprendizaje como dificultades en las habilidades de lectura, escritura y cálculo, que se manifiestan principalmente en el entorno académico. Es importante reconocer que “no todos los niños que encuentran problemas para leer, escribir y calcular experimentan el mismo tipo de dificultades” (Santiuste-Bermejo & Santiuste-Díaz, 2008, p. 656), pues cada una de ellas puede responder tanto a causas como a modos de funcionamiento distintos.

La guía de consulta de los criterios diagnósticos del DSM-5 (Asociación Americana de Psiquiatría [APA], 2013), reconoce los trastornos específicos del aprendizaje como unas “dificultades en el aprendizaje y en la utilización de las aptitudes académicas, evidenciado por la presencia (...) de síntomas que han persistido por lo menos durante 6 meses, a pesar de intervenciones dirigidas a estas dificultades” (p.38). Allí también se reconocen como subtipos de trastornos del aprendizaje la dislexia, entendida como un “patrón de dificultades del aprendizaje que se caracteriza por problemas con el reconocimiento de palabras en forma precisa o fluida, deletrear mal y poca capacidad ortográfica” (p.39), la discalculia, representado por un “patrón de dificultades que derivan en problemas de procesamiento de la información numérica, aprendizaje de operaciones aritméticas y cálculo correcto fluido” (p.40) y la disgrafía, siendo esta una condición en la que las dificultades en la expresión escrita, con afectación en elementos como la ortografía, gramática, puntuación, claridad y organización son la característica principal.

Roselli, Matute & Ardila (2010), mencionan otros trastornos como los trastornos de aprendizaje de tipo no verbal, la dispraxia del desarrollo y la amusia congénita; también incluye los trastornos de la comunicación dentro de las dificultades específicas de aprendizaje y define la discapacidad cognitiva (mal llamada “retardo mental”) como un tipo de trastorno global del aprendizaje. En los trastornos de aprendizaje de tipo no verbal, existen dificultades en el grafismo, en la comprensión lectora (por manejo visuoespacial del renglón en el texto) y las habilidades matemáticas, aunque, en la mayoría de casos, haya conservación de las habilidades lingüísticas, en especial del lenguaje espontáneo (Schlumberger, 2005; Magallón & Narbona, 2009; Colomé, Sans, López-Sala & Boix, 2009); la dispraxia del desarrollo, por su parte, se caracteriza principalmente por ser un trastorno de las habilidades motoras (Ardila, Roselli & Matute 2005; Plata & Guerra, 2009; Fernández-Mayoralas et al., 2010; Fejerman, 2015;

Monsalve-Robayo, García-Muñoz, Murcia-Torres & Ortega-Garzón, 2017) y la amusia congénita como una alteración en la percepción musical, especialmente de los tonos, desde el nacimiento (Hyde, Lerch, Zatorre, Griffiths, Evans & Peretz, 2007; Arias, 2007; García-Casares, Berthier, Froudier & Gonzáles-Santos, 2013).

Investigación: cerebro y aprendizaje

Al igual que otros autores, Millá (2006), Cabello (2007), Tavernal & Peralta (2009), Pérez (2010) y González, Jiménez, García, Díaz, Rodríguez, Crespo & Artilles (2010), identifican diversas etiologías de las dificultades del aprendizaje, entre ellas, las basadas en factores sociales y culturales, de los procesos de aprendizaje y neuropsicológicos. Del mismo modo, se deben considerar los factores de riesgo prenatales, perinatales y posnatales que contribuyen en el desarrollo de los procesos cognitivos (Sastre-Riba, 2006; Rosas, Beteta & Granados, 2010; Pinto-Dussán, Aguilar-Mejía & Gómez-Rojas, 2010; Antoranz & Villalba, 2010).

De esta manera, Carboni-Román, Del Río Grande, Capilla, Maestú & Ortiz (2006), afirman:

En los últimos años, las técnicas de neuroimagen han permitido el abordaje del estudio cerebral y cognitivo, lo que ha facilitado la obtención de un número considerable de datos que arrojan luz sobre el desarrollo anatómico y funcional del cerebro y sus relaciones con la progresiva adquisición de habilidades cognitivas, así como el establecimiento de hipótesis sobre lo que sucede cuando esta adquisición se encuentra alterada (p.171).

En los últimos años se ha presentado un aumento en las investigaciones que confirman la presencia de alteraciones en el funcionamiento típico del sistema nervioso central, en aquellos casos en que se presentan trastornos del aprendizaje (Santiuste-Bermejo & Santiuste, 2008; Carboni-Román et al., 2006; Rebollo & Rodríguez, 2006; Ardila, Roselli & Matute, 2005; Galaburda et al., 2006). Se ha dicho, por ejemplo, que la etiología de las dificultades del aprendizaje puede radicar en un déficit que afecta las conexiones sinápticas y la conectividad neural (Santiuste-Bermejo & Santiuste 2008; Carboni-Román et al. 2006; Bravo, 2016). Por su parte, Rebollo & Rodríguez (2006) y Ocaña (2010), subrayan que el aprendizaje es el resultado de la actividad en la corteza cerebral, especialmente de las zonas más elevadas del neocórtex y

Citación del artículo: Ríos-Flórez, J., López-Gutiérrez, C. (2017). Neurobiología de los trastornos del aprendizaje y sus implicaciones en el desarrollo infantil: propuesta de una nueva perspectiva conceptual. *Revista Psicoespacios*, Vol. 11, N. 19, pp. , Disponible en <https://doi.org/10.25057/issn.2145-2776>

en el neo-neocórtex, por lo que fallas del aprendizaje se relacionarían con éstas regiones encefálicas.

Sin duda, la dislexia es la dificultad del aprendizaje más documentada. En la línea de los estudios neurobiológicos Ardila, Roselli & Matute (2005), por un lado, y Sánchez & Coveñas (2013), por el otro, presentan estudios en los que reconocen diferencias cerebrales entre niños con y sin dislexia. Ardila, Roselli y Matute, específicamente, afirman que los niños con dislexia presentan asimetrías exageradas y una activación a nivel talámico disímil, aunque una poca activación temporoparietal durante la tarea de reconocimiento fonológico. Este hecho podría explicarse porque, como han mostrado algunas investigaciones, “las alteraciones en el procesamiento fonológico se relacionan específicamente con un patrón cerebral aberrante que falla al establecer conexiones entre las áreas temporo-occipitales basales y las áreas temporales posteriores izquierdas y parietales inferiores” (Carboni-Román et al., 2006, p.173). En esta misma línea, Carboni-Román et al. (2006) y Benítez-Burraco (2010), reconocen la existencia de circuitos cerebrales alterados en niños con dislexia. Rotzer et al. (2008), utilizaron la neuroimagen para identificar las diferencias estructurales en niños con y sin discalculia; los niños con discalculia, mostraron una reducción en diferentes áreas cerebrales, entre ellas, el cíngulo anterior, la circunvolución frontal inferior derecha, y bilateralmente la circunvolución frontal media.

Más específicos y novedosos son los hallazgos recientes que sugieren la relación entre dislexia y la alteración de regiones cromosómicas en las que podrían verse comprometidos los genes llamados DYX1C1, KIAA0319, DCDC2 y ROBO1 (Galaburda et al., 2006). Estos hallazgos vienen a ofrecer cierta evidencia confirmatoria de la importancia ya conocida del factor hereditario en tanto altamente predictor de la presencia de trastornos (Roselli, Matute & Ardila, 2010).

Aprendizaje y procesos Neurocognitivos

Gracias a la variedad de elementos subyacentes a la lectura, diversos autores proponen una denominación diferente para la alteración del componente específico, así se reconoce la dislexia-disgrafía lingüística, dividida en dislexia-disgrafía por disaudibilidad, caracterizada por trastornos del canal auditivo-vocal, y dislexia-disgrafía por falla en la estructuración del lenguaje; también se presenta la dislexia-disgrafía visomotora, compuesta por la dislexia-disgrafía

Citación del artículo: Ríos-Flórez, J., López-Gutiérrez, C. (2017). Neurobiología de los trastornos del aprendizaje y sus implicaciones en el desarrollo infantil: propuesta de una nueva perspectiva conceptual. *Revista Psicoespacios*, Vol. 11, N. 19, pp. , Disponible en <https://doi.org/10.25057/issn.2145-2776>

disgestáltica visual, en la que existen trastornos perceptivos visoespaciales, y la dislexia-disgrafía grafomotora (Fejerman, 2010). Claramente se presenta la lectura como un proceso íntimamente vinculado a la escritura y de forma general con la ejecución y consolidación de todos los procesos de aprendizaje.

La dislexia se ha asociado también con otros fenómenos, tales como la deficiencia en la denominación rápida, en la memoria de trabajo, en las habilidades lingüísticas, en el procesamiento visual y el desarrollo motor (Ardila & Rosselli, 2007; Roselli, Matute & Ardila, 2010). La precisión, velocidad, comprensión y la fluidez en la lectura se consideran indicadores clínicos que permiten valorar el cuadro de alteración.

En cuanto a la relación entre la memoria humana y rendimiento en cálculo, por otra parte, Alsina (2007) encontró, al igual que Díaz (2010), evidencia que parece sugerir que los niños con menor disponibilidad de recursos de memoria tienen también un menor rendimiento en tareas de cálculo. En relación con las estructuras relacionadas en la discalculia, Rosselli & Matute (2011), Roselli, Matute & Ardila (2010); Estévez, Castro & Reigosa (2008) y Serra, Adan, Pérez, Lachica & Membrives (2010), han propuesto que la discalculia se asocia con una disfunción del lóbulo parietal en el hemisferio izquierdo y derecho. De igual forma, se afirma que “las lesiones en las áreas del lenguaje de la región perisilviana en el hemisferio cerebral izquierdo producen alteraciones en la comprensión y en la producción de números y, derivado de ello, afectan la capacidad para realizar operaciones aritméticas” (Rosselli & Matute, 2011, p.133). Por otra parte, el hecho de que la discalculia se presente con otros problemas de aprendizaje en varios miembros de la misma familia ha llevado a pensar que tiene un origen genético (Rosselli & Matute, 2011; García-Orza, 2012; García, Santana, Soria, Herrera & Vila, 2016). Sin embargo, no existen investigaciones concluyentes respecto al tema.

Ahora bien, es preciso aclarar que la discalculia no es un trastorno global u homogéneo, sino que puede darse en términos de alteraciones específicas como la anaritmética, caracterizada por una dificultad en la suma, resta y multiplicación; la discalculia atencional-secuencial, una dificultad en el aprendizaje y evocación de tablas, y la discalculia espacial como una dificultad en el manejo de los problemas aritméticos con múltiples columnas y en la ubicación incorrecta de la información numérica a emplear (Artigas-Pallarés, 2002; Blanco, 2012). Gracias a estos avances en la clasificación de la discalculia, hoy día sabemos que para el diagnóstico de la discalculia es necesario reconocer de inicio si se trata de una dificultad en la adquisición de

conceptos matemáticos, en el procesamiento secuencial o en la visualización de las relaciones espaciales (Fejerman, 2010).

Por último, la complejidad de la escritura, por la diversidad de subsistemas que lo integran, hace que su aprendizaje sea uno de los últimos procesos en aparecer en el desarrollo del niño. Aquí se distingue la alteración en el trazo gráfico, es decir, “la escritura de una letra o palabra con un lápiz sobre un papel” (Roselli, Matute & Ardila 2010, p.168), como disgrafía motora, y los problemas en la adquisición de la ortografía como disortografía. Igualmente, la escritura depende para su ejecución de un subtipo particular de memoria de trabajo, el llamado buffer grafémico, que permite retener los grafemas; alteraciones en este servosistema ocasionan errores por omisión o sustitución, en lo que se conoce como disgrafía del buffer grafémico (Martínez, 2015). De la pérdida de horizontalidad y ubicación espacial de la escritura surge la disgrafía aferente, relacionada con lesiones hemisféricas derechas.

En este sentido, la escritura, requiere la acción de procesos psicológicos como el lenguaje, metalenguaje, memoria, atención y funciones ejecutivas, donde también participan variables afectivas, siendo la disgrafía la dificultad en el aprendizaje más incapacitante y evidente (Roselli, Matute & Ardila, 2010); es por esto, que los programas de intervención deben analizar cuidadosamente la dificultad específica sobre la escritura, y tener en cuenta las funciones cognitivas indispensables para su adquisición. Igualmente, son importantes, los ejercicios de pre-escritura, en los que el niño planea, organice y analice lo que va a escribir. De esta manera, es importante resaltar que la literatura correspondiente a la escritura y a la disgrafía, se refiere más que a etiologías cerebrales, a alteraciones en las funciones y procesos implicados.

Para concluir es importante señalar que la diferencia entre alexia, agrafia y acalculia de dislexia, disgrafía y discalculia, consiste en que las primeras son el resultado de la pérdida total o parcial de las capacidades en la lectura, escritura y cálculo, fruto de una lesión cerebral adquirida, mientras las segundas son congénitas o producto de alteraciones neurobiológicas ocurridas durante la etapa de gestación o del desarrollo (los primeros cuatro años de vida).

Lo abordado hasta aquí permite comprender la importancia del diagnóstico temprano de las dificultades del aprendizaje para su posterior intervención, pues es bien sabido que los efectos de una atención a tiempo permanecen en la edad adulta (Mateos & López, 2011; Paniagua & García, 2003; Ruiz & Sicachá 2015). Tales procesos van acompañados de un equipo multidisciplinario, especializado en las técnicas y recursos para su tratamiento, aprovechando los

recursos de la plasticidad cerebral (Blázquez, et al., 2009), ampliamente abordadas desde la psicología educativa y la neuropsicología pediátrica; reconociendo igualmente a la neurociencia cognitiva y su aporte en el importante estudio de las funciones cognitivas y sus sustratos neurales, como apuntan también Portellano & García (2014) y Ríos-Flórez & Cardona-Agudelo (2016).

Propuesta de análisis conceptual y neurofuncional del aprendizaje escolar

A partir de la práctica clínica, referente a la identificación, manejo e intervención en rehabilitación de aquellos elementos de aprendizaje que distan del proceso y actividad "típico", ha sido posible reconocer y plantear diferencias conceptuales en relación al uso inadecuado de los términos "*dificultades, alteraciones y trastornos*" (Ríos-Flórez & Cardona-Agudelo, 2016), al referirse al nivel de funcionalidad de los componentes del aprendizaje en su uso indiscriminado, puesto que suelen equipararse en conceptualización.

En este sentido, debe considerarse como *Dificultades del aprendizaje* a aquellos errores específicos cometidos (simples pero persistentes) por el sujeto en los procesos de lectura, escritura, cálculo y/o sus derivados, que no interfieren con el desempeño en su cotidianidad ni comprometen sustancialmente la adquisición, manejo y comprensión de los contenidos escolares, así mismo, éstas dificultades de aprendizaje no se relacionan con una afección de estructuración cerebral por desarrollo o adquisición, pese a que estarán formadas por redes sinápticas que guardan el aprendizaje incorrecto y en su mayoría están asociadas a los métodos de enseñanza escolar y suelen superarse con la intervención adecuada en alrededor de tres meses, tiempo en el que se readecua y modifica la información soportada en la red sináptica indirectamente, siempre y cuando sean identificadas en la educación primaria. Puede ser abordado por pedagogos, psicopedagogos o neuropsicopedagogos; sin manejo, estas dificultades suelen corregirse en la secundaria por exigencia indirecta de la enseñanza y/o reforzadas correctamente en la adolescencia de manera autónoma.

De otro lado, las *Alteraciones del aprendizaje*, son específicas, no globales, abordan los procesos básicos de la enseñanza educativa a nivel tal que genera afectación en la vida del sujeto, en lo que respecta a entornos donde deba poner en práctica tales aprendizajes, además de comprometer la cotidianidad del sujeto, tienen una base de compromiso biológico-estructural subsecuente a daños cerebrales (que varían en magnitud y según la etiología) durante la gestación, etapa de desarrollo o adquiridos en un momento posterior al pleno funcionamiento del

Citación del artículo: Ríos-Flórez, J., López-Gutiérrez, C. (2017). Neurobiología de los trastornos del aprendizaje y sus implicaciones en el desarrollo infantil: propuesta de una nueva perspectiva conceptual. *Revista Psicoespacios*, Vol. 11, N. 19, pp. , Disponible en <https://doi.org/10.25057/issn.2145-2776>

proceso; lo que conlleva a que las redes sinápticas que soportarán el aprendizaje incorporarán inadecuadamente la información más por un proceso interno de funcionamiento que por influencias externas en el método de enseñanza; sin embargo, éstas dificultades aún cuando afectan en alguna medida el desarrollo escolar y contextual del sujeto, no son incapacitantes en la adquisición de los contenidos educativos y, aun cuando comprometen su comprensión, no la limitan en su totalidad, puesto que los productos elaborados por el sujeto son reconocibles y asociados a la temática en cuestión (aún cuando deformados). Para su habilitación o rehabilitación el programa debe ser formulado a entre seis y doce meses como mínimo, lo cual varía en función de la magnitud de la alteración; se requiere que sea abordado por un neuropsicólogo, ya que exige mayor comprensión de la biología cerebral y su funcionamiento general y específico.

En lo que respecta a los *Trastornos del aprendizaje*, estos al igual que las alteraciones tienen una base biológica que compromete la adquisición y funcionalidad del aprendizaje, sin embargo, la localización, extensión y magnitud de la afectación estructural (por desarrollo o adquirida), desencadena errores mayores en la configuración de las redes neuronales al momento de consolidar el aprendizaje específico, lo que deriva automáticamente en una alteración del desempeño en la cotidianidad del sujeto en relación a la tarea particular comprometida, y desencadena el efecto dominó en aquellas áreas del aprendizaje relacionadas con el trastorno que se aborde; los productos elaborados a partir del trastorno de aprendizaje son difícilmente reconocibles, visual, procedimental y/o auditivamente.

A diferencia de las Alteraciones del aprendizaje, donde puede darse el caso de tener o no otra alteración subyacente, como la dislexia o alexia pura (es decir, sin compromiso de la escritura), los trastornos tienen como característica fija comorbilidad con otro trastorno o alteración del aprendizaje; la presencia de uno o más trastornos del aprendizaje en el sujeto que no se intervengan oportunamente y acompañados de una edad avanzada de menor flexibilidad cognitiva, puede llevar a que evolucione fácilmente a un trastorno global de aprendizaje. Otro elemento a considerar en los trastornos del aprendizaje, es que suelen tener como etiología un daño cerebral adquirido de alta magnitud es que suele ocurrir dentro de las primeras etapas del desarrollo o en los primeros años de escolarización de niños y niñas.

Es de considerar que, tanto las *dificultades*, como las *alteraciones* y los *trastornos*, son específicos a un proceso o actividad del aprendizaje aun cuando otros de estos procesos sean secundarios o una comorbilidad de un "déficit" específico inicial; la alteración funcional y

conjunta de la lectura, escritura y el cálculo (desde sus variantes) deben considerarse como una Alteración global del aprendizaje o un Trastorno global del aprendizaje, según sean las características presentadas por el sujeto desde lo abordado en los párrafos anteriores; las dificultades del aprendizaje no se presentan de manera conjunta y significativa, en cuyo caso, de encontrarse hay que re-evaluar si se trata de una dificultad o una alteración; la pericia del profesional está en reconocer que no todos los sujetos que presenten variaciones en los procesos de lectura, cálculo o escritura corresponden a una anormalidad del aprendizaje, y que, aun cuando estas tres instancias que comprometen el aprendizaje presentan síntomas similares, los signos clínicos varían, así como las demás condiciones y manifestaciones clínicas asociadas; para cualquiera de estos, hay que descartar inicialmente la organicidad del sujeto, es decir, la presencia de alteraciones sensoriales, emocionales, físicas o motoras que justifiquen por qué de la consecuente falla del proceso de aprendizaje, puesto que para abordarse como falla del aprendizaje debe relacionarse directamente con la actividad funcional del cerebro y no con el órgano empleado para su activación y ejecución.

Factores neurofuncionales involucrados en los procesos de aprendizaje: a considerar

Cuando se aborda el aprendizaje, es preciso tener claridad sobre la terminología empleada; profesionales, educadores e incluso en la literatura, suele referirse que los procesos de aprendizaje son la lectura, la escritura, las matemáticas, entre otros por esta línea, sin embargo, es un error pensarlos como tal, puesto que estos son productos del aprendizaje, son los resultados observables de la actividad cerebral donde se ha consolidado el resultado del proceso elaborado para tal aprendizaje. *Los procesos de aprendizaje* por su parte, deben ser considerados como el conjunto de elementos (internos y externos al sujeto – ambiente y biología) intervinientes al momento de aprehender los contenidos escolares, que se estructuran como un continuo independiente y que permiten representar el paso a paso en el que se transforma y manipula la información registrada inicialmente antes de ser almacenada y manipulada; dicho proceso se ve influenciado por la experiencia, por el profesor y/o educador, por los aprendizajes previos y por la estructura cognitiva del sujeto asociada a su base de actividad cerebral; son las fallas en los procesos de aprendizaje (multietiológicas) las que darán origen a las dificultades, alteraciones o trastornos relacionados, cuya expresión parte de la configuración y consolidación de las redes neuronales.

Para el desarrollo de los procesos de aprendizaje, así como para la funcionalidad de la actividad cortical del cerebro a nivel de los procesos neuropsicológicos, la atención es la pieza clave del aprendizaje educativo; ésta no debe equipararse a los demás procesos neuropsicológicos, puesto que debe tomarse como supramodal, es el requisito básico e indispensable para el funcionamiento correcto de los demás procesos de actividad cerebral a nivel consciente o no consciente.

En lo que respecta a la neuropsicología, distinguir entre *procesos cognitivos* y *funciones cognitivas* ha propiciado errores conceptuales, puesto que la función cognitiva es la forma observable/comportamental en que actúa el proceso cognitivo, éste último no es visible es un continuo netamente biológico y sólo es posible dar cuenta de él a través de su funcionamiento del producto final, que termina siendo una expresión cognitiva normal o patológica con diversos factores influentes en el proceso. Estos factores inciden directamente en la estructura dinámica y jerárquica de la atención, lo cual repercutirá en el funcionamiento de los procesos de percepción, memorias y lenguaje principalmente.

De igual forma, memorizar no debe equipararse a aprender, puesto que las memorias son un elemento crucial en el aprendizaje, sin embargo, almacenar información no es aprender, es sólo un paso del proceso; para aprender hay que aprehender los contenidos, manipularlos conceptual y funcionalmente, puesto que la información y formación en contexto garantiza el real aprendizaje, y éste se insinúa y hace observable por medio del lenguaje independiente de las formas empleadas para su expresión.

Lo anterior induce a comprender que si no hay un correcto funcionamiento del proceso atencional, hay una subsecuente falla de los procesos de memoria y al extraer la información de sus almacenes, se verá manifiesto como un error a través del lenguaje. La unión de estos tres procesos cognitivos no es secuencial por etapas, por el contrario es cíclico, puesto que si fallan los componentes fonológicos o representacionales del lenguaje, se atenderá erróneamente a la información y se almacenará de forma alterada; el ejemplo claro está, en cuando niños y niñas escriben como pronuncian y pronuncian como oyen, o cuando no logran asociar correctamente fonemas-morfemas-grafemas. Esto hace que deban considerarse en orden de relevancia; el funcionamiento de la atención inicialmente, desde sus subtipos, del lenguaje en sus diversos componentes y estructuras involucradas y las memorias en sus tiempos de almacenamiento y el paso a paso de su proceso (puesto que no es lo mismo no evocar la información porque no se consolida adecuadamente, a que no se evoque porque no logra ser extraída del almacén

relacionado); se hace primordial en el aprendizaje entonces, el establecer asociaciones entre los diversos contenidos de la formación escolar y propiciar y garantizar la estimulación y funcionamiento adecuado de la metacognición en los niños.

En este sentido, y puesto que el aprendizaje se soporta en la estructuración, configuración y refuerzo de las redes neuronales, la edad biológica en que se encuentran los niños durante el periodo escolar, permite mayor flexibilidad cognitiva a fin de garantizar la aprehensión de los contenidos escolares y superar con mayor efectividad las posibles secuelas funcionales tras la presencia de algún daño cerebral o afección neurológica; lo anterior es posible al considerar el momento de mayor actividad cognitiva y de aprendizaje, que ocurre a partir de la plasticidad cerebral de la cual goza ampliamente el sujeto en su infancia y adolescencia, finalizando el periodo de mayor plasticidad cerebral hacia los 21 años de vida cuando el proceso de mielinización neuronal habrá de alcanzar el polo más anterior del cerebro (lóbulos prefrontales), tras lo cual viene un periodo de meseta hasta los 35 años aproximadamente; posterior a ello declina paulatinamente esta flexibilidad cognitiva con el aumento de la edad, principalmente después de los 35-40 años, asociado a cambios químicos de la mielina que alterarán el flujo eléctrico y funcional de las neuronas. Pese a lo anterior, los procesos de aprendizaje funcionarán a lo largo de todo el envejecimiento del sujeto aunque con menor fluidez y mayor exigencia de recursos cognitivos.

Es así, que en la infancia, al no estar dados y especializados en su mayor expresión los procesos cognitivos, le es funcional a los niños moldear los contenidos escolares y contextuales (desde la funcionalidad espontánea de la actividad cerebral y los métodos de enseñanza-aprendizaje, directos o indirectos); de modo tal que las posibilidades de presentar errores en los procesos de consolidación del aprendizaje y sus manifestaciones como alteración o trastorno, se traducen a la presencia de componentes neurológicos afectados en el desarrollo o por un daño posterior, y las dificultades del aprendizaje serán secuela directa de errores en las formas de instrucción y comprensión de los contenidos.

Bases sólidas para el aprendizaje

En los contextos tanto escolares como familiares, la forma en la que se enseña reduce de manera considerable la presencia de fallas en los procesos de aprendizaje, que se traduzcan o no

en dificultades específicas, o como activador ambiental de la expresión funcional de la base biológica de las alteraciones o trastornos.

Ante la globalización, tanto padres como centros educativos han buscado acelerar el aprendizaje de los niños, llevándolos a aprender contenidos teórico-prácticos a edades en que su maduración cerebral no es la ideal por procesos de mielinización neuronal y maduración tisular; la consecuencia directa será el aprendizaje de la información sin sólidas bases neuronales que soporten tal contenido, lo cual, a futuro, repercutirá en como mínimo una dificultad del aprendizaje o fallas atencionales y comportamentales en la escolarización primaria, al no haber aprehendido adecuadamente aquellos contenidos curriculares previos a una nueva instrucción, por errores y debilidades en la consolidación y estructuración neuronal de las redes que soportan la información inicial; para lo cual es clave el desarrollo correcto de la función atencional y la regulación conductual.

Así, la escolarización ideal para los niños debe realizarse a partir de los 4 años de edad, previo a ello, deben estar en el entorno familiar (momento en el que se configuran inicialmente las estructuras del sistema límbico), formando y reforzando procesos afectivo-emocionales, de autoestima e independencia y que estos, al conformar las primeras conexiones neuronales del sujeto, serán la base para experimentar asertivamente un contexto escolar; resaltando el ambiente como activador y campo de práctica de la actividad funcional del sistema nervioso, y es el contexto escolar el primer entorno significativo al que se exponen los niños y las niñas tras su salida del hogar y al que se debe llegar con bases sólidas que garanticen seguridad personal.

Los niños deben iniciar la inmersión a contextos sociales con pares a partir de los 2 años de edad, a fin de propiciar el mayor desarrollo del lenguaje (clases semanales o quincenales de actividades deportivas o artísticas), no de contenidos escolares; el periodo comprendido entre los 4 y 6 años de edad, debe ser para el niño el momento de la escolarización en que aprendan y refuercen conceptos de formas y figuras, colores y un mayor despertar sensorial, reorientar sus tiempos de atención y trabajo en equipo, reconocimiento de formas de letras y números, sin forzar hacia el aprendizaje de la lectura y la escritura, debe ser un periodo de acondicionamiento hacia la educación formal y no la etapa en que se forje la aversión a la escuela, por impartir y presionar hacia conocimientos innecesarios para el momento; puesto que son los sistemas somatosensoriales y el del lenguaje, en estas edades, los que se encuentran en un alto grado de sensibilidad para ser estimulados y moldeados, sin excesos; así mismo, los programas de estimulación temprana son innecesarios, ya que la exposición de los niños y las niñas al ambiente

extrauterino por sí mismo, es más que suficiente para estimular los receptores sensoriales e impulsar la maduración del sistema nervioso, tras haber estado en un entorno intrauterino carente de tal estimulación.

De igual forma, en las edades entre los 7 y 9 años, se generan procesos sinápticos de consolidación de las redes establecidas para soportar las bases del aprendizaje, como requisitos mínimos para la adquisición efectiva de los contenidos académicos en el resto de la vida; lo anterior se traduce en que entre los 6 y 7 años de edad el niño debe aprender tanto la lectura como la escritura, aun con errores en fluidez y grafía, puesto que entre los 7 y 8 años se verá expuesto a aprender procesos matemáticos de suma y resta básicos con refuerzo hacia mayor fluidez de pronunciación en la lectura y escritura, la condición principal está en garantizar la suma matemática ya que es la base de la comprensión de la multiplicación que debe ser abordada entre los 8 y 9 años, cuando los niños logran asociar que multiplicar es un proceso simplificado de sumar, más que aprender de memoria las tablas, es estableciendo asociaciones cuando realmente el aprendizaje es adecuado. En este mismo periodo, los sujetos se encuentran adquiriendo procesos de comprensión lecto-escrita, finalizando esta etapa, los niños se enfrentarán a la división, fraccionarios y contenidos que serán abordados con mayor precisión y aprendizaje si no se fuerza al cerebro y sus redes, puesto que los esfuerzos cognitivos para la adquisición de tales contenidos van adheridos al desarrollo biológico; lo cual no se traduce en un impedimento para aprenderlos antes, sino a dificultades futuras en el manejo y lo aprendido y los nuevos aprendizajes.

El consolidarse las redes sinápticas entre los 7 y 9 años de edad para estos contenidos, se traduce en que los niños que presenten fallas en los procesos de aprendizaje básicos e ideales en estas edades, tendrán posibilidad de modificarlos posteriormente, sin embargo, con mayor dificultad y precisarán de acompañamiento pedagógico adicional que mientras se corrige, alterará la dinámica escolar.

De otro lado, si bien es competencia del profesional en neuropsicología o neuropsicopedagogía, el manejo e intervención de los procesos de aprendizaje que requieren acompañamiento clínico. El punto de partida para llegar a tal instancia es la identificación oportuna y acertada de las desviaciones normales o aceptables relacionadas con estos procesos; es aquí donde los profesores, padres y cuidadores tienen mayor responsabilidad de estar atentos a los errores cometidos tanto por los niños como las niñas, sin embargo, requieren de mayor capacitación para tal labor, puesto que en la consulta clínica hay alta demanda de atención ante

síntomas y signos que no la requieren, existiendo un sobrediagnóstico por parte de personas no competentes para emitir tal juicio sobre cuadros clínicos reales; o al no considerar como una falla del aprendizaje un síntoma que sí requiera manejo clínico; lo cual supone y exige mayor compromiso de las instituciones formadoras de los docentes de educación básica en lo que a alteraciones y trastornos del aprendizaje refiere, sus cuadros sintomáticos y las actividades de manejo en aula que pueden requerir.

Por otra parte, es preciso considerar que las alteraciones y/o trastornos del aprendizaje, al ser biológicos, acompañarán al sujeto a lo largo de su vida y pueden ser enmascaradas a partir de estrategias de intervención clínica que modifiquen redes sinápticas, sin embargo, cuando el sujeto disminuya su nivel de atención voluntaria y consciente ante la realización de una tarea es decir, cuando opere a un nivel automático o indirectamente no consciente, incurrirá en cometer el error inicial de aprendizaje; por lo que, aun cuando las dificultades del aprendizaje tienden a corregirse (a partir de la enseñanza y la práctica) con el paso de los años en los niños, las alteraciones y trastornos requieren de un esfuerzo cognitivo mayor y exigen un mejor funcionamiento metacognitivo en el sujeto para tratarlas y compensarlas; a fin de adherir las estrategias desarrolladas a sus actividades y contenidos procedimentales y semánticos en los almacenes de memorias de largo plazo.

En este sentido, es a partir de la comprensión adecuada por parte de padres, educadores y profesionales de áreas interdisciplinarias que intervienen en la visión global de los niños y las niñas, que se hace posible no sólo la detección y manejo oportuno hacia los procesos de aprendizaje que requieran atención especial, sino el propiciar modificaciones y adecuaciones a los contenidos curriculares que se desfasan o desestiman la edad biológica con la cual deben estar acorde las exigencias ambientales y académicas, de forma tal que los niños cuenten con una ventaja adaptativa que les permita responder asertivamente ante el aprendizaje, orientando su cognición y comportamiento a esta situación.

De igual forma, el planteamiento de tareas aisladas o programas de intervención orientados a la habilitación y/o rehabilitación de dificultades, alteraciones o trastornos del aprendizaje, deben elaborarse bajo la comprensión de los mecanismos biológicos por los cuales operan actividades de lectura, escritura, cálculo y sus vertientes, puesto que la formulación de una actividad, bajo la creencia de que funcionará porque en sí misma exige leer, escribir o calcular, no es garantía alguna de que tenga influencia sobre la readecuación o configuración de las redes neuronales implicadas.

Citación del artículo: Ríos-Flórez, J., López-Gutiérrez, C. (2017). Neurobiología de los trastornos del aprendizaje y sus implicaciones en el desarrollo infantil: propuesta de una nueva perspectiva conceptual. *Revista Psicoespacios*, Vol. 11, N. 19, pp. , Disponible en <https://doi.org/10.25057/issn.2145-2776>

Referencias

- Alsina, A. (2007). ¿Por qué algunos niños tienen dificultades para calcular? Una aproximación desde el estudio de la memoria humana. *Revista Latinoamericana de Investigación en Matemática Educativa*, 10(3): 315-333.
<http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=33500302>
- Asociación Americana de Psiquiatría [APA]. (2013). *Guía de consulta de los criterios diagnósticos del DSM-5*. España: Ed. Médica Panamericana.
- Aponte-Henao, M., Zapata-Zabala, M. (2013). Caracterización de las funciones cognitivas de un grupo de estudiantes con trastornos específicos del aprendizaje en un colegio de la ciudad de Cali, Colombia. *Psychologia. Avances de la disciplina*, 7(1): 23-34.
<http://www.revistas.usb.edu.co/index.php/Psychologia/article/view/1191/983>
- Antoranz, E., Villalba, J. (2010). *Desarrollo cognitivo y motor*. Bogotá: Editex.
- Ardila, A., Roselli, M., Matute, E. (2005). *Neuropsicología de los trastornos del aprendizaje*. México: Ed. Manual Moderno.
- Ardila, A., Roselli, M. (2007). *Neuropsicología Clínica*. México: Ed. Manual Moderno.
- Arias, M. (2007). Música y neurología. *Revista de Neurología*, 22(1): 39-45.
<http://www.jbyg.com/descarga/neurologia.pdf>
- Artigas-Pallarés, J. (2002). Problemas asociados a la dislexia. *Revista de Neurología*, 34(1): 7-13. <http://www.psyncron.com/wp-content/uploads/2011/05/dislexia2.pdf>
- Benítez-Burraco, A. (2010). Neurobiology and neurogenetics of dyslexia. *Revista de Neurología*, 25 (9): 563-581. Doi: 10.1016/j.nrl.2009.12.010
- Blanco, M. (2012). *Dificultades Específicas del Aprendizaje de las Matemáticas en los primeros años de la escolaridad: detección precoz y características evolutivas*. España: Ministerio de Educación, Cultura y Deporte.
- Blázquez, J., Galpasoro, N., González, B., Lubrini, G., Muñoz, E., Perriñez, J., Ríos, M., Sánchez, I., Tirapu, J., Zulaica, A. (2009). *Estimulación cognitiva y rehabilitación neuropsicológica*. Barcelona: Ed. UOC.
- Bravo, L. (2016). El aprendizaje de las matemáticas: Psicología cognitiva y neurociencias. *Revista de Investigación*, 7:11-29. <http://ucsp.edu.pe/investigacion/wp-content/uploads/2017/01/Rev-Investig-UCSP-2016-7.pdf#page=11>

Citación del artículo: Ríos-Flórez, J., López-Gutiérrez, C. (2017). Neurobiología de los trastornos del aprendizaje y sus implicaciones en el desarrollo infantil: propuesta de una nueva perspectiva conceptual. *Revista Psicoespacios*, Vol. 11, N. 19, pp. , Disponible en <https://doi.org/10.25057/issn.2145-2776>

- Cabello, M. (2007). Discapacidad y dificultades de aprendizaje. *Revista de Investigación*, (62): 55-70. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=2512156>
- Carboni-Román, A., Del Río Grande, D., Capilla, A., Maestú, F., Ortiz, T. (2006). Bases neurobiológicas de las dificultades del aprendizaje. *Revista de Neurología*, 42(2): 171-175.
http://sid.usal.es/idocs/F8/ART14000/bases_neurobiologicas_dificultades_aprendizaje.pdf
- Colomé, R., Sans, A., López-Sala, A., Boix, C. (2009). Trastorno de aprendizaje no verbal: características cognitivo-conductuales y aspectos neuropsicológicos. *Revista de Neurología*, 48(2): 77-81. <http://www.neurologia.com/pdf/web/48s02/bbs02s077.pdf>
- Díaz, R. (2010). *La memoria de trabajo y su relación con habilidad numérica y el rendimiento en el cálculo aritmético elemental*. Disertación doctoral, Universidad Pedagógica Nacional Francisco Mozarán, Tegucigalpa, Honduras.
<http://www.cervantesvirtual.com/nd/ark:/59851/bmcv71b1>
- Estévez, N., Castro, D., Reigosa, V. (2008). Bases Biológicas de la Discalculia del desarrollo. *Rev. Cubana Genet Comunit*, 2(3): 14-19.
<http://www.bvs.sld.cu/revistas/rcgc/v2n3/PDFs%20Infomed/rcgc04308.pdf>
- Fejerman, N. (2010). *Trastornos del desarrollo en niños y adolescentes*. Buenos Aires: Paidós.
- Fejerman, N. (2015). *Trastornos del Desarrollo en Niños y Adolescentes*. *ApElizalde org*. 1(1): 2-66. Buenos Aires, Hospital Garrahan.
<http://www.apelizalde.org/actividades/Dr.%20Natalio%20Fejerman.pdf>
- Fernández-Mayoralas, D., Fernández-Jaén, A., Muñoz, N., Melón, M., Pleguezuelos, M., Calleja, B. (2010). Aspectos clínicos de tres pacientes con el síndrome 48, XXYY. *Acta Pediátrica Española*, 68 (4): 197-201. <http://scielo.sld.cu/pdf/amc/v14n1/amc171410.pdf>
- Galaburda, A., LoTurco, J., Ramus, F., Fitch, R., Rosen, Glenn D., Landau, E. (2006). La Dislexia del Desarrollo: Gen, Cerebro y Cognición. *Psykhe*, 15(2): 3-11.
<http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=96715201>
- García-Casares, N., Berthier, M., Froudust, W., González-Santos, P. (2013). Modelo de cognición musical y amusia. *Revista de Neurología*, 28(3): 179-186.
<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2173580813000461>
- García-Orza, J. (2012). Dislexia y discalculia. ¿Extraños compañeros de viaje? *Actas del XXVIII Congreso de AELFA*. Madrid. 142-151.

Citación del artículo: Ríos-Flórez, J., López-Gutiérrez, C. (2017). Neurobiología de los trastornos del aprendizaje y sus implicaciones en el desarrollo infantil: propuesta de una nueva perspectiva conceptual. *Revista Psicoespacios*, Vol. 11, N. 19, pp. , Disponible en <https://doi.org/10.25057/issn.2145-2776>

- http://psibasica.uma.es/javiergarciaorza/upload/personal/Dislexia_discalculia_AELFA2012.pdf
- García, N., Santana, A., Soria, B., Herrera, V., Vila, M. (2016). Neuropsicología y bases neurales de la discalculia. *Revista Morfovirtual*, 10(1); 1-16. <http://www.morfovirtual2016.sld.cu/index.php/Morfovirtual/2016/paper/viewFile/110/147>
- González, D., Jiménez, J., García, E., Díaz, A., Rodríguez, C., Crespo, P., Artiles, C. (2010). Prevalencia de las dificultades específicas de aprendizaje en la Educación Secundaria Obligatoria. *European Journal of Education and Psychology*, 3(2): 317-327. <http://www.redalyc.org/pdf/1293/129315468013.pdf>
- Hyde, K., Lerch, J., Zatorre, R., Griffiths, T., Evans, A., Peretz, A. (2007). Cortical Thickness in Congenital Amusia: When Less Is Better Than More. *JN Neurosci*, 27(47): 13028-13032. Doi: 10.1523/JNEUROSCI.3039-07.2007
- Magallón, S., Narbona, J. (2009). Detección y estudios específicos en el trastorno de aprendizaje procesal. *Revista de Neurología*, 48(2): 71-76. <http://dadun.unav.edu/bitstream/10171/22780/1/Rev%20Neurolog%202009.%20S071.pdf>
- Martínez, C. (2015). *El deterioro de la escritura en lengua española en la enfermedad de Alzheimer*. Tesis doctoral. Universidad de Oviedo, Departamento de Psicología. Asturias, España. http://dspace.sheol.uniovi.es/dspace/bitstream/10651/33307/1/TD_carmenmartinez.pdf
- Mateos, R., López, C. (2011). Dificultades de aprendizaje. Problemas del diagnóstico tardío y/o del infradiagnóstico. *Revista Educación Inclusiva*, 4 (1): 103-111. <http://www.ujaen.es/revista/rei/linked/documentos/documentos/12-7.pdf>
- Millá, M. (2006). Atención temprana de las dificultades del aprendizaje. *Revista de Neurología*, 42 (2): 153-156. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=4692819>
- Monsalve-Robayo, A., García-Muñoz, M., Murcia-Torres, W., Ortega-Garzón, M. (2017). Técnicas de tratamiento utilizadas por Terapia Ocupacional para niños con dispraxia del desarrollo. *Revista Rehabilitación*, 51(1): 30-42. <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0048712016300627>
- Ocaña, J. (2010). Mapas mentales y estilos de aprendizaje. España: Ed. Club Universitario.
- Paniagua, H., García, S. (2003). Signos de alerta de trastornos alimentarios, de depresión, del aprendizaje y conductas violentas entre adolescentes de Cantabria. *Revista Especializada en Salud Pública*, 77(3): 411-422. <http://scielo.isciii.es/pdf/resp/v77n3/original8.pdf>

Citación del artículo: Ríos-Flórez, J., López-Gutiérrez, C. (2017). Neurobiología de los trastornos del aprendizaje y sus implicaciones en el desarrollo infantil: propuesta de una nueva perspectiva conceptual. *Revista Psicoespacios*, Vol. 11, N. 19, pp. , Disponible en <https://doi.org/10.25057/issn.2145-2776>

- Pérez, M. (2010). "Dificultades de aprendizaje". *Innovación y experiencias educativas*. 35; 1-10
http://www.csisif.es/andalucia/modules/mod_ense/revista/pdf/Numero_35/MARIA_PEREZ_1.pdf
- Pinto-Dussán, M., Aguilar-Mejía, O., Gómez-Rojas, J. (2010). Estrés psicológico materno como posible factor de riesgo prenatal para el desarrollo de dificultades cognoscitivas: caracterización neuropsicológica de una muestra colombiana. *Revista Univers. Psychologic*, 9(3): 749-759.
<https://pdfs.semanticscholar.org/ec3e/4675daa2c54985c2cc9058fdc493424ae07e.pdf>
- Plata, R., Guerra, G. (2009). El niño con trastorno del desarrollo de la coordinación ¿Un desconocido en nuestra comunidad? *Norte de Salud Mental*, (33): 18-30.
http://kulunka.org/wp-content/uploads/2013/12/doc_19.pdf
- Portellano, J., García, J. (2014). *Neuropsicología de la atención, las funciones ejecutivas y la memoria*. Madrid: Ed. Síntesis, S.A.
- Rebollo, M., Rodríguez, S. (2006). El aprendizaje y sus dificultades. *Revista de Neurología*, 42 (2): 139-142. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=4692808>
- Ríos-Flórez, J. A., Cardona-Agudelo, V. (2016). Procesos de aprendizaje en niños de 6 a 10 años de edad con antecedente de nacimiento prematuro. *Revista Latinoamericana de Ciencias Sociales, Niñez y Juventud*, 14 (2), pp. 1071-1085.
DOI:10.11600/1692715x.14213241115.
- Rosas, C., Beteta, N., Granados, D. (2010). Factores de riesgo para dificultades en el aprendizaje de la lecto-escritura. *Enfermería Neurológica*, 9(1): 17-19.
<http://www.medigraphic.com/pdfs/enfneu/ene-2010/ene101e.pdf>
- Roselli, M, Matute, E., Ardila, A. (2010). *Neuropsicología del desarrollo infantil*. México: Ed. Manual Moderno.
- Roselli, M., Matute, E. (2011). La Neuropsicología del Desarrollo Típico y Atípico de las Habilidades Numéricas. *Revista de Neuropsicología, Neuropsiquiatría y Neurociencias*, 11(1): 123-140.
http://neurociencias.udea.edu.co/revista/PDF/REVNEURO_vol11_num1_12.pdf
- Rotzer, S., Kucian K, Martin, E., von Aster, M., Klaver, P., Loenneker, T. (2008). Optimized voxel-based morphometry in children with developmental dyscalculia. *Neuroimage*, 39(1): 417-422. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/17928237>
- Ruiz, L., Sicachá, M. (2015). *Perfil clínico de niños y niñas entre 6 y 12 años diagnosticados con trastornos del aprendizaje tipo dislexia y su comorbilidad con trastornos de*

Citación del artículo: Ríos-Flórez, J., López-Gutiérrez, C. (2017). Neurobiología de los trastornos del aprendizaje y sus implicaciones en el desarrollo infantil: propuesta de una nueva perspectiva conceptual. *Revista Psicoespacios*, Vol. 11, N. 19, pp. , Disponible en <https://doi.org/10.25057/issn.2145-2776>

conducta-TDAH. Tesis de especialización. Universidad Tecnológica de Pereira. Pereira, Colombia.

<http://ribuc.ucp.edu.co:8080/jspui/bitstream/handle/10785/3280/DDEPCEPNA10.pdf?sequence=1>

Sánchez, M., Coveñas, R. (2013). *Dislexia: Un enfoque multidisciplinar*. España: Ed. Club Universitario.

Schlumberger, E. (2005). Trastornos del aprendizaje no verbal. Rasgos clínicos para la orientación diagnóstica. *Revista de Neurología*, 40(1): 85.
<https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=4681608>

Serra, J., Adan, A., Pérez, M., Lachica, J., Membrives, S. (2010). Bases neurales del procesamiento numérico y del cálculo. *Revista de Neurología*, 50(1): 39-46.
<http://saudepublica.bvs.br/pesquisa/resource/pt/ibc-86771>

Santiuste-Bermejo, V., Santiuste Díaz, M. (2008). Consistencia epistémica del síndrome de Dificultades del Aprendizaje. *Universitas Psychologica*, 7 (3): 655-671.
<http://www.scielo.org.co/pdf/rups/v7n3/v7n3a05>

Sastre-Riba, S. (2006). Condiciones tempranas del desarrollo y el aprendizaje: el papel de las funciones ejecutivas. *Revista de Neurología*, 42(2): 143-151.
<http://www.neurologia.com/articulo/2005782>

Tavernal, A., Peralta, O. (2009). Dificultades de aprendizaje. Evaluación dinámica como herramienta diagnóstica. *Revista Intercontinental de Psicología y Educación*, 11(2): 113-139.

https://www.researchgate.net/profile/Olga_Peralta/publication/43531485_Dificultades_de_aprendizaje_Evaluacion_dinamica_como_herramienta_diagnostica/links/0fcfd50c79bbf8f008000000.pdf