NEUROCIENCIAS COGNITIVAS Y EDUCACIÓN

COGNITIVE NEUROSCIENCES AND EDUCATION

Luis Bravo Valdivieso

Pontificia Universidad Católica de Chile, Santiago, Chile

Resumen

El objetivo de este artículo es describir algunas investigaciones en Neurociencias cognitivas relacionadas con los procesos del aprendizaje. En él se hace una descripción de algunas investigaciones en Neurociencias desde la perspectiva de la Psicología cognitiva y de la Neuropsicología en las neuroimágenes. Se describen primero algunos aportes históricos del siglo XX a partir de Vigotsky y de Luria y los trabajos posteriores con las neuroimágenes en la investigación y el diagnóstico del aprendizaje del lenguaje escrito y sus dificultades. Se describen aportes de Eccles, Dehaene y Habib, relacionados con los procesos cerebrales del aprendizaje.

Palabras clave: Neuropsicología, neurociencias, neuroimágenes, educación, dislexia.

Abstract

The aim of this article is to describe some research in cognitive neurosciences related to the learning processes. It includes a description of some research in Neurosciences from the perspective of cognitive psychology and neuropsychology in the neuroimaging. First describes some historical contributions of the 20th century on the basis of Vygotsky and Luria and subsequent work with the neuroimaging in the investigation and diagnosis of learning of written language and their difficulties. It also describes contributions of Eccles, Dehaene and Habib, related to the brain processes of learning.

Key words: Neurosciences, cognitive psychology, neuroimages, education, dyslexia.

La Neuropsicología Cognitiva y su aporte a la Educación

El principal aporte de las Neurociencias Cognitivas a la Educación ha sido investigar los puntos de contacto y de interacción entre la biología del sistema nervioso central, la genética y los estímulos culturales y emocionales, especialmente del lenguaje y de las matemáticas en el aprendizaje escolar. Una pregunta clave de las neurociencias de la educación es: ¿qué ocurre en el cerebro cuando los niños aprenden? La respuesta a esta interrogante permite elaborar estrategias psicopedagógicas centradas en el desarrollo mental de los niños y elaborar nuevas teorías educacionales (Bravo, 2009).

El origen histórico de la neuropsicología

El origen histórico de la neuropsicología permite conocer mejor las etapas recorridas en este proceso. En la perspectiva de Azcoaga (1980, 2000) las investigaciones en neurociencias habrían tenido su origen con los trabajos en neuropsicología cognitiva de Vigotsky presentados en un Congreso de Psiconeurología en 1923, relacionados con el aprendizaje escolar del lenguaje escrito y de las matemáticas. Este origen fue confirmado por Luria (1966), quien también atribuyó a Vigotsky las bases conceptuales de la neuropsicología, al asociar el desarrollo del cerebro infantil con la influencia de los procesos socioculturales en su trabajo titulado *La psicología y la teoría de la localización de las funciones mentales* presentado en 1934. Vigotsky abordó las

relaciones funcionales del cerebro y el estudio de las interacciones dinámicas y cambiantes entre funciones específicas y acciones generalizadas. Las investigaciones de Luria (1966, 1973), iniciadas en la neurología clínica, mostraron que el cerebro tiene modos diferentes de procesar la información, según las reciba de manera simultánea (perceptivo-visual) o de manera secuencial (perceptivo-auditiva). Considera que el cerebro se configura en tres bloques neuropsicológicos que le permite recibir ambos tipos de estímulos, analizarlos e integrarlos. En su libro sobre la actividad cerebral *The working brain*, Luria (1973) expresa que «el hombre vive en un ambiente cambiante y que esos cambios, a veces inesperados requieren cierto grado de aumento de la atención» (p. 55) por lo cual el desarrollo mental del niño favorece un estado de alerta o de atención permanente que incide en sus primeros aprendizajes. Luria estudió las funciones ejecutivas del cerebro como funciones reguladoras del comportamiento humano. Las funciones ejecutivas son procesos que empiezan a desarrollarse en el primer año de vida en la corteza prefrontal e intervienen como moduladores de la conducta relacionadas con la planeación, la memoria de trabajo, la solución de problemas complejos y estrategias de trabajo; y su funcionamiento depende de las conexiones que se van estableciendo durante el desarrollo con el resto de las áreas cerebrales. Para Luria, el cerebro tiene un bloque neuronal que «organiza la actividad consciente, programándola, regulándola y verificando su eficiencia» (Luria, 1973, p. 87), posición relacionada

con los trabajos de Vigotsky. Consideró que las áreas anteriores de la corteza prefrontal dorsolateral, también están asociadas con la metacognición, permitiendo la auto-evaluación y el ajuste de la conducta y la cognición social (Flores, 2010).

La relación de los aportes de Vigotsky y de Luria sobre el funcionamiento cerebral y la psicología, fueron descritos por Akhutina (2002), quien trabajó con Luria. Ella expresa que Vigotsky comparó la localización de las funciones del cerebro humano con el cerebro animal, y relacionó específicamente las áreas de los lóbulos frontales y parietales, con la actividad psicológica superior: las formas superiores del lenguaje, la cognición y las acciones (Vigotsky, 1995). Akhutina (2002) considera que integrando las ideas de Vigotsky, Luria construyó «la neuropsicología» y propuso en 1973 «un modelo de funcionamiento cerebral en bloques de localizaciones dinámicas, asociadas con distintos procesos cognitivos, del comportamiento y de las funciones ejecutivas cerebrales, que se relacionan con la organización cerebral de los procesos psicológicos y el papel del lenguaje en la formación de las acciones voluntarias» (Akhutina, 2002, p. 125). Los aportes de Vigotsky y Luria colocaron la base para el nuevo paradigma de las neurociencias, en una etapa previa a las investigaciones con neuroimágenes. Las investigaciones de Vigotsky habrían dado los cimientos sobre la «neurogénesis» o plasticidad cerebral que explica la estrecha dependencia del desarrollo cerebral de los procesos culturales lo

que constituye un concepto clave para la educación y también para el desarrollo de la psicología (Del Río y Alvarez, 2017).

En Latinoamérica, Azcoaga (1979) siguió la línea de investigación neurológica y pedagógica de ambos pioneros rusos, las que describió en su libro «El aprendizaje fisiológico y el aprendizaje pedagógico». Aquí, expresa que aprendizaje es todo lo que el individuo adquiere de modo adaptativo, y en ese proceso se adquieren las funciones cerebrales superiores. Agregó, además, que la actividad nerviosa superior es la modalidad de trabajo fisiológico de la corteza cerebral y regiones vecinas que participa en la organización de unidades de aprendizaje. Asoció este concepto con los «sistemas funcionales complejos», descritos por Vigotsky y desarrollados por Leontiev para la psicología y por Luria para la neuropsicología. Estos «sistemas funcionales» son estables y determinantes durante el desarrollo infantil para la organización de los movimientos, el reconocimiento sensorperceptivo, todas las actividades del lenguaje, la lectura, la escritura, el cálculo y aún funciones cognitivas superiores (Azcoaga, 1973, p. 225).

Azcoaga, junto con asumir las posiciones teóricas de de ambos investigadores rusos, hizo un diseño de las futuras neurociencias a la educación al integrar la neurología con la psicología del aprendizaje escolar y las dislexias, cuando todavía no aparecían las investigaciones con neuroimágenes. Su influencia se extendió a otros países latinoamericanos (Bravo, 1999).

Por otra parte, algunos investigadores norteamericanos, expresan que la palabra neuropsicología, habría sido operaciona-
lizada por Karl Lashley en 1933, en un artículo titulado «Funciones integrativas de la corteza cerebral», en el cual intentaba definir los problemas «límites entre la psicología y la neurología» (Bruce, 1985). También Chritchley, expresó en una conferencia en Londres, que el futuro de la investigación neurológica radica en estudiar la percepción, el pensamiento y la expresión simbólica, para colocarse junto con el psicólogo clínico en el campo común de la neuropsicología. Entendía por neuropsicología, una especie de neurofisiología de los niveles superiores que incluye la neurología de la visión, del lenguaje, del cálculo, del sentido del tiempo, de la representación espacial y de la percepción en general; es algo muy complejo, que exige la cooperación del clínico, del psicólogo y del filósofo.

En esa época, Benton (1971), profesor de psicología y neurología en la Universidad de Iowa, publicó en Milán, un libro titulado *Problemi di neuropsicologia* en el que expresa que un objetivo de la neuropsicología es «aclarar la naturaleza de las relaciones entre la función cerebral y la conducta humana...» (Benton, 1971, p. 15), considerando que la neuropsicología clínica tiene por objetivo mejorar nuestra comprensión de las complejas relaciones entre el cerebro y la conducta del hombre.

Estas publicaciones fueron abriendo el camino a las relaciones entre la neurología y la psicología cognitiva y clínica, para constituir lo que actualmente

denominamos *neurociencias cognitivas* y que han ampliado los conocimientos sobre los procesos cerebrales coincidentes con el aprendizaje escolar. Un ejemplo de ello han sido las numerosas investigaciones sobre el aprendizaje de la lectura y las dislexias (véase Bravo, 2011, 2014). Entre los investigadores del siglo XX que más influencia han tenido en estudiar el cerebro y su relación con los procesos psicológicos cognitivos, está John Eccles (1989), Premio Nobel de Medicina, quien estudió el cerebro desde el punto de vista de la evolución, siguiendo un enfoque darwiniano. Especialmente relacionó la anatomía de la corteza cerebral y su asociación con los aspectos ideacionales del lenguaje con las áreas de Broca y de Wernicke. Expresa textualmente:

Estimo por mi parte que la estructura profunda de la gramática se asimila a la micro-organización de las áreas lingüísticas del cerebro. Se puede pensar que el niño nace con un 'conocimiento' de la estructura profunda del lenguaje, la cual está codificada en la micro estructura de las áreas lingüísticas de la corteza cerebral, que se forman antes del nacimiento... (Eccles, 1989, p. 118)

Más adelante, expresa que posteriormente se conforman las áreas prefrontales, donde se inicia el desarrollo del pensamiento y de la memoria humana. Considera el aprendizaje «como un perfeccionamiento de la eficiencia de las sinapsis, como consecuencia de una actividad repetida» (Eccles, 1989, p. 232); y atribuye a la asimetría cerebral un papel clave para el conocimiento y el aprendizaje.

Procesamiento cerebral y aprendizaje escolar

La conexión entre el procesamiento cerebral y el aprendizaje escolar ha sido un proceso largo en la evolución humana, que no depende solamente del desarrollo neuropsicológico y de la aplicación de atinadas metodologías pedagógicas. Stern, Grabner, Schumacher, Neuper y Saalbach (2005), expresan que el largo proceso de la evolución no tuvo como objetivo que nuestros cerebros adquirieran conocimientos escolares, sino que éstos se han ido configurando en los siglos, principalmente mediante la creación y el desarrollo de la escritura. El cerebro recibe los estímulos de las escrituras y gracias a su programación genética reelabora nuevas conexiones sinápticas. En los procesos de aprendizaje, el sistema nervioso central se activa selectivamente en algunas regiones, lo que determina las conexiones adecuadas para asimilar con mayor eficiencia la información y efectuar interacciones entre diferentes clases de estímulos, como sucede entre el reconocimiento visual de los signos gráficos de la escritura y la conciencia fonológica de su pronunciación. En consecuencia, el desarrollo cerebral, además de depender de una programación genética, tiene versatilidad para asimilar e integrar nuevas experiencias vitales. Ellas las conocemos gracias a las imágenes cerebrales.

Por otra parte, Dehaene (2007), ha seguido en su estudio la línea evolucionista del cerebro humano en la creación del lenguaje escrito. Considera que, si

bien la citoarquitectura cerebral está determinada por factores genéticos, en la evolución de la especie humana aparece una adaptación al medio que facilitó el aprendizaje. Atribuye el aprendizaje a la plasticidad cerebral del sistema visual, para reconocer formas nuevas y para adaptarse progresivamente al mundo exterior. Dehaene, también como Eccles, considera que durante la evolución humana el cerebro infantil ha integrado los estímulos culturales. Él explica este proceso, que puede ser una clave del desarrollo sináptico, mediante el proceso de «reciclaje neuronal» (Dehaene, 2007, p. 200). Un ejemplo que analiza en detalle es el aprendizaje de los lenguajes escritos. Dehaene (2007) encontró que el reconocimiento de las palabras y letras visuales se produce en la región occipito-temporal izquierda, donde tiene lugar «el análisis de la forma de las letras, su reconocimiento, y su ensamblaje en palabras» (p. 96) y su distribución a diferentes áreas cerebrales involucradas en la lectura. Por eso las denominó junto con Cohen «región de la forma visual de las letras». Considera también, que desde esa área «numerosas regiones cerebrales pueden ser activadas en paralelo» (p. 99). La percepción de las letras y los fonemas de las palabras orales se integran a nivel del lóbulo temporal y determinó que «solamente una región superior del lóbulo temporal conocida como *planum temporale* se activa (en las imágenes de RM) a la vista de una letra» (p. 151). Agrega también, que, en el cerebro, el *planum temporale* sería «un punto de encuentro esencial para el aprendizaje de la lectura» (p. 152). En su libro titulado

«Las neuronas de la lectura» muestra un puente entre los aportes científicos de las neurociencias, las investigaciones en psicología cognitiva y el aprendizaje del lenguaje escrito, que es un hito fundamental para la educación.

Neurociencias y las neuroimágenes

Las investigaciones actuales en neurociencias cognitivas, especialmente las relacionadas con el aprendizaje, dependen del gran avance que ha aportado el conocimiento de las neuroimágenes. Lyon y Rumsey (1996), en su libro *Neuroimaging* expresan que las imágenes constituyen una ventana a los fundamentos neurológicos del aprendizaje y de la conducta de los niños. Luego expresan que las neuroimágenes han hecho accesibles una información más sólida sobre el cerebro, sus funciones específicas y su desarrollo, la cual ha permitido comprender mejor las diferencias en las estructuras cerebrales «asociadas con las dislexias, el déficit atencional/con desorden de hiperactividad, autismo, epilepsia» (p. 3) y diversas alteraciones genéticas. Estiman que la neuropsicología del desarrollo «es un campo científico y clínico que combina el estudio del desarrollo del cerebro con el estudio del desarrollo de la conducta» durante la infancia y la adolescencia (p. 15).

Según Segui (1994), la neuropsicología cognitiva es un área científica que determina las relaciones entre las representaciones cognitivas y el desarrollo del lenguaje, lo que incide en el éxito del aprendizaje. Esta relación no es un

proceso unidireccional, efecto de la actividad cerebral, como lo consideraba el conductismo, sino que refleja una interactividad entre el desarrollo cerebral y el desarrollo cultural principalmente mediante el lenguaje.

Las neurociencias y las neuroimágenes permiten observar lo que sucede al interior de la corteza cerebral durante el aprendizaje. Sus investigaciones no solamente mejoraron el conocimiento clínico, pues han permitido observar las alteraciones del desarrollo cerebral, sino que han aportado una fuerte influencia en el conocimiento de los procesos psicológicos educacionales del lenguaje escrito y de las matemáticas (Bravo 2014). Sin embargo, Goswami (2004) expresó que, si bien las contribuciones de las neurociencias a la educación han sido grandes, todavía es necesario «construir puentes» entre las investigaciones en neurociencias y las investigaciones en educación.

Un puente clave entre ambas lo constituye la psicología cognitiva y del lenguaje. En ese sentido, Leckman y March (2011), expresaron que:

En la década pasada quedó muy claro que además de la cascada de eventos genéticos, moleculares y celulares que conducen a la formación de billones de neuronas que llevan a la formación de la neocorteza humana en el útero, el ambiente post natal y las estrechas relaciones entre los niños y sus cuidadores en los primeros años de vida pueden tener efectos direc-

tos y permanentes en el desarrollo del cerebro del niño y en su conducta. (p. 334)

Esta interacción es un proceso biológico genético derivado de la evolución humana, y las imágenes de las neuronas para asimilar y adaptarse a los estímulos del medio ambiente son el punto de partida psicológico para las investigaciones en neurociencias.

En las décadas anteriores a las investigaciones con neuroimágenes, aparecieron valiosas investigaciones psicológicas cognitivas sobre el aprendizaje del lenguaje escrito, las matemáticas, y otros procesos cognitivos, que posteriormente se confirmaron en las neuroimágenes. Es posible mencionar a modo de ejemplo a las investigaciones psicológicas cognitivas de Vellutino, Stanovich, Shankweiler, Benton, Myklebust y Liberman en Estados Unidos; Alegría, Morais y Content en Bruselas; Rutter, Yule, Bryan y Goswami en Inglaterra; Bakker en Ámsterdam; Jiménez, Defior y Carrillo en España, quienes enriquecieron a la psicología cognitiva, y sus resultados han servido para comprender posteriormente mejor el significado de las neuroimágenes (Bravo, 2011). Con anterioridad, Petersen, Fox, Posner, Mintun y Raichle (1988), plantearon que la tomografía de emisión de positrones, abre el camino a la investigación cerebral de los procesos psicológicos con las neuroimágenes, lo cual ha sido un valioso aporte para conocer mejor el desarrollo educacional y los aprendizajes relacionados con el lenguaje.

El aporte de las investigaciones de neuroimágenes a los procesos de aprendizaje

Las neurociencias de la educación han constituido un nuevo paradigma que integra las investigaciones en neuroimágenes, la psicología cognitiva y la psicopedagogía, especialmente en las etapas del aprendizaje escolar del lenguaje escrito y de las matemáticas. Shaywitz (2003) considera que el empleo de las neuroimágenes significó «una revolución: leer la mente» (p. 68) y describe detalladamente las variaciones en las imágenes cerebrales que se originan durante la lectura. En esta postura coincide con Lyon y Rumsey (1996).

Las imágenes de las neurociencias han podido integrar los conocimientos propios de la psicología cognitiva y de la psicolingüística, con la actividad cerebral originada en las percepciones visuales y fonológicas, por la memoria, el lenguaje y el pensamiento, lo cual ha mostrado una interesante convergencia. Las variaciones percibidas en las imágenes pueden ser espaciales, indicando los lugares cerebrales activados, o temporales, mostrando la secuencia y velocidad con que se desarrollan los cambios funcionales. En síntesis, las neuroimágenes muestran «cómo el cerebro lee» (Shaywitz 2003, p. 67). Los métodos mencionados permiten una aproximación más cercana al funcionamiento cerebral subyacente a todos los procesos cognitivos y contribuyen a identificar las variaciones interindividuales, para el aprendizaje y el diagnóstico en la neuropsicología de la educación desde el desarrollo temprano. Por su parte, James

(2010) determinó que el desarrollo visual es favorecido en el cerebro por la actividad sensorio-motora de los bebés.

En una investigación de las vías cerebrales en niños pre-lectores, en un seguimiento lector desde kindergarten, Wang, Mauer, Raney, Peysakhovich, Becker, Sliva y Gaab (2016), encontraron que la materia blanca de algunas regiones del cerebro se desarrolló con mayor rapidez en niños que posteriormente serán buenos lectores que en los que tendrán retraso para leer. Haciendo un estudio longitudinal de 78 niños desde kindergarten, encontraron una asociación positiva entre la maduración de la materia blanca y el desarrollo lector. Expresan que «esta asociación sugiere que el desarrollo de la sustancia blanca juega un papel prominente en el desarrollo lector típico y atípico» (p. 1), lo cual al ser asociado con medidas psicométricas y con antecedentes familiares de dislexias, son buenos predictores de las habilidades lectoras.

Por su parte, Heim, Grande, Pape-Neumann, van Ermingen, Meffert, Grabowska, Huber y Amunts (2010), investigaron la interacción de la conciencia fonológica y la conexión magnoceleular entre los estímulos perceptivos en áreas frontales y las áreas posteriores del cerebro. Encontraron que en algunos disléxicos hay un bajo nivel de procesamiento visual de la escritura debido a deficiencias en el sistema magnoceleular, concluyendo que los disléxicos muestran una actividad más reducida en la corteza visual y auditiva y en las vías «magnocelulares». En consecuencia, el aporte de

las neuroimágenes ha permitido ampliar con mayor rigurosidad los conocimientos que tenemos sobre las relaciones entre el cerebro y el aprendizaje y memoria de los signos ortográficos.

El desarrollo neuropsicológico y la educación cultural

Dehaene (2007) mostró que el circuito visual de los primates posee «cierto margen de adaptación al medio ambiente en la medida en que la evolución los ha dotado de plasticidad y de reglas de aprendizaje» (p. 27). En este aprendizaje la organización cultural está inextricablemente ligada a la de nuestro cerebro.

El desarrollo de la cultura también contribuyó a la configuración del cerebro humano. En una investigación neuropsicológica en la cual se plantea la interrogante: «Si la literalidad (alfabetización) mejora las funciones cerebrales» Dehaene, Pegado, Braga, Ventura, Filho, Jobert, Dehaene-Lambertz, Kolinsky, Morais y Cohen (2010), pudieron observar en las neuroimágenes, cómo la educación influyó en actividad cerebral de sujetos adultos. Hicieron una comparación de adultos analfabetos, ex-analfabetos y lectores normales, encontrando una estrecha correlación entre el desarrollo de la arquitectura cerebral y los factores educacionales y culturales. Concluyeron en su investigación que durante el período de desarrollo «la arquitectura cerebral refleja la influencia de la cultura y educación» y que el aprendizaje de la lectura puede modificar la anatomía y la

actividad cerebral. Además, resaltan que la alfabetización aumenta la actividad fonológica en el plano temporal del cerebro y facilita el reconocimiento visual ortográfico de las palabras habladas. Las imágenes de Resonancia magnética (fMRI) muestran la influencia escolar y del aprendizaje de la lectura en la actividad y en el desarrollo cerebral. Así, tanto la educación escolar como la alfabetización adulta remodelan la organización cortical.

Uta Frith (1998), planteó la inquietud de si «¿Puede la cultura hacer cambios básicos en la anatomía cerebral?», concluyendo que la cultura cambia el cerebro mediante el desarrollo verbal. Aprender el lenguaje escrito tiene un efecto transformador en los procesos subyacentes a la percepción visual y del pensamiento. Posteriormente, Fawcett y Nicolson (2007) y Szűcs y Goswami (2007), también describieron como parte de la «Neurociencia Educativa», las investigaciones neurológicas de la actividad del cerebro en el aprendizaje escolar, de modo que esta disciplina científica, integra las investigaciones neurológicas con los procesos cognitivos y verbales del aprendizaje escolar.

Por su parte, Habib (2005) considera que en los disléxicos hay diferencias en la intensidad de la actividad de algunas zonas cerebrales, lo que tiene consecuencias en los procesos del aprendizaje. Describió las principales zonas activadas por la lectura de sujetos normales en el área de Broca (frontal izquierdo) y temporal izquierda inferior posterior. Estas

áreas cerebrales activan la articulación del lenguaje oral y los mecanismos fonológicos. Además, expresa que, la dualidad de esos mecanismos «concuerda con los esquemas clásicos de la psicología cognitiva, que distingue dos vías de lectura: una fonológica y otra visual-ortográfica» (p. 36). Habib (2005) concluyó que «en todos los casos, los disléxicos tienen un patrón de sub-activación de las áreas visuales de reconocimiento de las palabras, lo que constituye efectivamente la marca funcional de la dislexia en general» (p. 38). Su investigación confirma la estrecha relación entre las áreas cerebrales activadas para el lenguaje escrito y las dificultades psicopedagógicas de algunos niños para leer, que también encontraron Shaywitz y Shaywitz (2008).

Estas diferencias aparecen desde los primeros años de vida. Así, un estudio longitudinal sobre 200 niños, desde el nacimiento hasta los cinco años, efectuado por Lyytinen, Ahonen, Eklund, Guttorm, Laakso, Leinonen, Leppänen, Lyytinen, Poikkeus, Puolakana, Richardson y Viholainen (2001); mostró una temprana asociación entre el desarrollo fonológico, la memoria verbal y la velocidad para leer con antecedentes familiares de dislexia, de modo que estos sujetos mostraron respuestas más lentas en el hemisferio izquierdo. Otras investigaciones en neurociencias aplicadas a la educación efectuadas por McCandliss (2010), confirmaron que el desarrollo de algunas conexiones cerebrales son clave para el aprendizaje del lenguaje escrito, especialmente entre las áreas que reciben la percepción visual de las

palabras escritas y las que efectúan el procesamiento fonológico.

Un elemento común que aparece en diversos estudios diferenciales efectuados mediante neuroimágenes entre sujetos disléxicos y lectores normales ha confirmado que los primeros presentan insuficiencias en la actividad del hemisferio izquierdo, donde se produce la asociación fonológica-visual ortográfica con el reconocimiento de los signos gráficos del lenguaje escrito.

Sigman, Peña, Goldin y Ribeiro (2014), también encontraron relación entre las imágenes cerebrales de bebés recién nacidos y su futuro aprendizaje verbal. Concluyeron que el trabajo de establecer asociaciones directas entre los datos neurocerebrales y las intervenciones psicopedagógicas es fundamental para la aplicación de los conocimientos de las neurociencias a la pedagogía. Estiman, además, que los conceptos básicos del funcionamiento cerebral son parte de la formación pedagógica pues proveen a los maestros de conocimientos teóricos que faciliten su tarea de enseñar el lenguaje escrito.

Neurociencias y las teorías de la mente

Schurs y Perner (2015), efectuaron una investigación sobre las teorías de la mente a partir de un meta-análisis de numerosas teorías cognitivas y su asociación con algunas áreas cerebrales. Concluyeron que el poder predictivo de las teorías puede aumentar cuando

se relacionan con algunas áreas más específicas de la anatomía cerebral. La asociación entre las teorías de la mente y las áreas cerebrales asociadas permite encontrar resultados no previstos previamente, lo cual muestra que las investigaciones en neurociencias cognitivas de la educación son un aporte dinámico que comprende los procesos cognitivos, las áreas cerebrales neurológicas que han sido reconocidas en las neuroimágenes y sus aplicaciones educacionales y clínicas. Los resultados de esas investigaciones permiten establecer modelos teóricos educativos que se expresan en estrategias pedagógicas para solucionar algunas dificultades para aprender, cómo son las dislexias (Bravo, 2009).

En conclusión, las investigaciones efectuadas mediante las neuroimágenes, integradas con las investigaciones aportadas por la psicología cognitiva y la educación han configurado el nuevo paradigma de «Neurociencias de la educación» (Bravo, 2016). Las bases de este paradigma son las investigaciones sobre la actividad cerebral inducida por los procesos pedagógicos y culturales del aprendizaje del lenguaje escrito y del cálculo. Ellos originan modificaciones en las imágenes cerebrales que permiten conocer mejor la actividad neuropsicológica que ocurre durante el aprendizaje y los procesos del pensamiento. Estas imágenes de la actividad neural muestran las vías que emplea el cerebro de los niños cuando aprenden y también las distorsiones que se producen en algunos casos, como los observados en las dificultades del aprendizaje (Bravo, 2011, 2014).

Como conclusión, coincidimos con Labus y Galván (2012), en que las estrategias educativas deben cambiar de un modelo conductista de condicionamiento a otro neuropsicológico, y que la enseñanza debe pasar de memorizar a buscar

nuevas conductas y conocimientos en la búsqueda del significado de las experiencias escolares. La integración de los conocimientos que recibe el cerebro deberían conducir a establecer una *metacognición* de los contenidos escolares.

Referencias

- Akhutina, T. (2002). L. S. Vigotsky y A. R. Luria: la formación de la neuropsicología. *Revista Española de Neuropsicología*, 4(2-3), 108-129.
- Azcoaga, J. E. (1979). *Aprendizaje fisiológico y aprendizaje pedagógico*. 2da Edición. Buenos Aires: El Ateneo.
- Azcoaga, J. E. (1980). Alteraciones de las funciones cerebrales superiores y dificultades del aprendizaje escolar. En: L. Bravo (Coord.) *El niño con dificultades para aprender* (pp. 223-245). Santiago de Chile. Editorial Galdoc.
- Azcoaga, J. E. (2000). La convergencia necesaria entre las neurociencias y la psicología. *Psykhé*, 9(2), 17-23.
- Benton, A. (1971). *Introducción a la neuropsicología*. Barcelona: Fontanella.
- Bravo, L. (1999). Neuropsicología y psicología cognitiva: Convergencia de las investigaciones en dislexias. *Avances en Psicología Clínica Latinoamericana*, 17, 35-49.
- Bravo, L. (2009). *Psicología de las dificultades del aprendizaje*. Santiago de Chile: Editorial Universitaria.
- Bravo, L. (2011). *Lenguaje escrito y dislexias*. Santiago: Universidad Católica de Chile.
- Bravo, L. (2014). Neurociencias y Educación: Estado actual de la investigación en dislexias. *Estudios de Psicología*, 35(1), 1-28.
- Bravo, L. (2016). El aprendizaje del lenguaje escrito y las Ciencias de la lectura. Un límite entre la psicología cognitiva, las neurociencias y la educación. *Límite. Revista Interdisciplinaria de Filosofía y Psicología*, 11, 50-59.
- Bruce, D. (1985). On the origin of the term «neuropsychology». *Neuropsychologia*, 23, 813-814.
- Dehaene, S. (2007). *Les neurones de la lecture*. París: Odile Jacob.
- Dehaene, S.; Pegado, F.; Braga, L.; Ventura, P.; Filho, N.; Jobert, A.; Dehaene-Lambertz, G.; Kolinsky, R.; Morais, J. & Cohen, L. (2010). How Learning to Read Changes the Cortical Networks for Vision and Language. *Science*, 330, 1359-1364. doi: 10.1126/science.1194140
- Del Río, P. y Alvarez, A. (2017). Vigotsky y más allá: Horizontes para el futuro de la psicología. *Estudios de Psicología*, 38(1), 63-114.

- Eccles, J. (1992). *Évolution du cerveau et creation de la conscience*. París: Fayard.
- Fawcett, A. & Nicolson, R. (2007). Dyslexia, learning, and pedagogical neuroscience. *Developmental Medicine and Child Neurology*, 49, 306-311.
- Flores, J. (2010). Evaluación neuropsicológica del daño frontal: sistematización y aplicación del enfoque de A. R. Luria. *Revista de Neuropsicología, Neuropsiquiatría y Neurociencias*, 10(2), 57-68.
- Frith, U. (1998). Literally changing the brain. *Brain*, 121(6), 1011-1012. doi: <https://doi-org.ezproxy.puc.cl/10.1093/brain/121.6.1011>
- Goswami, U. (2004). Neuroscience and Education. *British Journal of Educational Psychology*, 74, 1-14.
- Habib, M. (2005). *Dyslexie: le cerveau singulier*. Marseille: Solal.
- Heim, S.; Grande, M.; Pape-Neumann, J.; van Ermingen, M.; Meffert, E.; Grabowska, A.; Huber, W. & Amunts, K. (2010). Interaction of Phonological Awareness and 'Magnocellular' processing during normal and Dyslexic Reading: Behavioural and fMRI investigations. *Dyslexia*, 16, 258-282.
- James, K. H. (2010). Sensori-motor experience leads to changes in visual processing in the developing brain. *Development Science*, 13, 279-288.
- Labus, C. y Galván, E. (2012). Neurociencia, memoria, aprendizaje y educación, *Opción Médica*, 20-27.
- Leckman, J. & March, J. (2011). Editorial: Developmental neuroscience comes of age. *Journal of Child Psychology and Psychiatry*, 52, 333-338.
- Luria, A. R. (1966). *Human brain and Psychological processes*. USA: Harper and Row.
- Luria A. R. (1973). *The working brain*. New York: Basic Books.
- Lyon, R. y Rumsey, J. (1996). *Neuroimaging*. Baltimore: Paul Brookes.
- Lyytinen, H.; Ahonen, T.; Eklund, K., Guttorm, T.; Laakso, M.; Leinonen, S.; Leppänen, P.; Lyytinen, P.; Poikkeus, A.; Puolakanaho, A.; Richardson, U. & Viholainen, H. (2001). Developmental pathways of children with and without familial risk for dyslexia during the first years of life. *Developmental Neuropsychology*, 20, 535-554.

- McCandliss, B. (2010). Educational neuroscience: The early years. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 107, 8049-8050.
- Petersen, S.; Fox, P.; Posner, M.; Mintun, M. & Raichle, M. (1988). Positron emission tomographic studies of the cortical anatomy of single-word processing. *Nature*, 331 (6157), 585-589.
- Segui, J. (1994). La fabrique du langage. *Sciences et Avenir*. «*Esprit et cerveau*», 97, 50-53.
- Schurz, M. & Perner, J. (2015). An evaluation of neurocognitive models of theory of mind. *Frontiers in Psychology*. 6, 1610. doi: 10.3389/fpsyg.2015.01610
- Sigman, M.; Peña, M.; Goldin, A. y Ribeiro, S. (2014). Neuroscience and education: prime time to build the bridge. *Nature Neuroscience*, 17, 497- 502.
- Shaywitz, S. & Shaywitz, B. (2008). Paying attention to reading. The neurobiology of reading and dyslexia. *Developmental Psychopathology*, 20,1329-1349.
- Shaywitz, S. (2003). *Overcoming dyslexia*. New York: Alfred Knopf.
- Stern, E.; Grabner, R.; Schumacher, R.; Neuper, S. & Saalbach, H. (2005). *Education Reform. Volumen 13: Education Research and neurosciences*. Expectations, Evidence, Research Prospect. Berlin: Federal Ministry of Education and Research.
- Szűcs, D. & Goswami, U. (2007). Educational Neuroscience: Defining a new discipline for the study of mental representations. *Mind, Brain and Education*, 1, 114-127.
- Vygotsky L. (1995) *Pensamiento y Lenguaje. Cognición del desarrollo humano*. Barcelona: Ediciones Paidós.
- Wang, Y.; Mauer, M.; Raney, T.; Peysakhovich, B.; Becker, B.; Sliva, D. & Gaab, N. (2016). Development of Tract-Specific white matter pathways during early reading development in at-risk children and typical controls. *Cerebral Cortex*, 1-17. doi:10.1093/cercor/bhw095.

Recibido: 27 de diciembre de 2016

Aceptado: 28 de junio de 2017