

Neurociencias, educación y entorno sociocultural¹

Hernando Barrios-Tao

Universidad Militar Nueva Granada,
Colombia.
hernando.barrios@unimilitar.edu.co

Resumen

La relación neurociencias y educación se mueve entre detractores y defensores, con un movimiento intermedio que clama por diálogo y colaboración en la búsqueda del beneficio mutuo. Resultados de investigaciones neurocientíficas se convierten en una posibilidad para contribuir al mejoramiento de procesos educativos y a la solución de problemas relacionados con el aprendizaje. El objetivo del artículo se orienta a revisar las contribuciones de las neurociencias a la educación, de manera particular, a los factores del entorno sociocultural que influyen en el aprendizaje. La revisión se delimita con el marco temporal 2002-2014, mediante la búsqueda en bases de datos y sistemas internacionales que denotan la relación neurociencias, educación y entorno social. Factores como salud, ambiente vital, ejercicio físico y aspectos como plasticidad, madurez cerebral y neuronas espejo son relevantes para considerar el influjo del entorno sociocultural en la educación.

Palabras clave

Neurociencias; neuro-desarrollo; neuro-educación; factores socioculturales; enseñanza-aprendizaje (Fuente: Tesauro de la Unesco).

¹ Este artículo de revisión se asocia con el proyecto de investigación HUM-1805 “La neurodidáctica y sus aportes para la praxis en el aula: hacia la construcción de elementos pedagógicos y epistemológicos para la educación superior en la UMNG”, financiado por la Universidad Militar Nueva Granada, Bogotá (Colombia).

Recepción: 2015-09-22 | Envío a pares: 2016-07-26 | Aceptación por pares: 2016-08-30 | Aprobación: 2016-08-30

DOI: [10.5294/edu.2016.19.3.5](https://doi.org/10.5294/edu.2016.19.3.5)

Para citar este artículo / To reference this article / Para citar este artigo

Barrios-Tao, H. (2016). Neurociencias, educación y entorno sociocultural. *Educación y Educadores*, 19(3), 395-415. DOI: [10.5294/edu.2016.19.3.5](https://doi.org/10.5294/edu.2016.19.3.5)

Neurosciences, Education and Sociocultural Context

Abstract

The relationship between neurosciences and education moves between detractors and defenders, with intermediate movements that call for dialogue and collaboration in the search for mutual benefit. The results of neuroscientific researches have become a possibility to contribute to the improvement of educational processes and to the solution of learning issues. This article aims to review the contributions of neurosciences to education, particularly to factors related to the sociocultural context that influence learning. The review is limited to the 2002-2014 period through research in databases and international systems that demonstrate the relationship between neurosciences, education and the social environment. Factors like health, living environment, physical exercise, and other aspects such as plasticity, brain maturity and mirror neurons are relevant to consider the influence of the sociocultural environment over education.

Keywords

Neurosciences; Neurodevelopment; Neuroeducation; Sociocultural Factors; Teaching-Learning (Source: Unesco Thesaurus).

As neurociências, a educação e o ambiente sociocultural

Resumo

A relação entre neurociências e educação move-se entre detratores e defensores, com um movimento intermédio que clama por um diálogo e uma colaboração na busca do benefício mútuo. Os resultados das pesquisas neurocientistas transformam-se em uma possibilidade para contribuir ao melhoramento de processos educativos, e à solução de problemas relacionados com a aprendizagem. O objetivo do artigo está orientado à revisão das contribuições das neurociências para a educação, com uma vista particular aos fatores do ambiente sociocultural que influem na aprendizagem. A revisão delimita-se no quadro temporal de 2002-2014, mediante a pesquisa de bancos de dados e sistemas internacionais, que denotam a relação entre as neurociências, a educação e o ambiente social. Fatores como a saúde, o ambiente vital, o exercício físico, e aspectos como plasticidade, maturidade do cérebro e neurônios-espelho, são relevantes para considerar a influência do ambiente sociocultural na educação.

Palavras-chave

Neurociências; neurodesenvolvimento; neuroeducação; fatores socioculturais; ensino-aprendizagem (Fonte: Tesouro da Unesco).

Introducción

Aprendizaje, enseñanza, evaluación, trasposición del saber, memoria, son aspectos cuya práctica está sustentada todavía en teorías educativas acerca del modo como se gestan, desarrollan y potencian en la estructura integral del ser humano. Problemas específicos relacionados con el aprendizaje como la dislexia, la discalculia, la acalculia, por mencionar algunos, retan a la educación la cual, a pesar de tener elementos para su diagnóstico, no plantea aún soluciones más allá de tratamientos de la psicología, debido a información insuficiente en relación con su génesis y desarrollo.

La conciencia de algunos responsables de la educación acerca de la influencia de factores como el ambiente, la salud, las emociones y la genética en el aprendizaje, el saber y la memoria, todavía no alcanza para llegar a decisiones que privilegien políticas públicas que garanticen estos y otros aspectos por encima de búsquedas coyunturales como cobertura, financiación, tecnificación, aspectos no menos necesarios en los procesos educativos (OCDE, 2007). A pesar de los resultados, tanto la teoría como la práctica educativa todavía no se disponen como campos aplicativos fértiles para fortalecerse con los progresos neurocientíficos (Blakemore y Frith, 2000).

Las neurociencias reúnen disciplinas clásicas y campos interdisciplinarios novedosos, con objetivos orientados a la búsqueda de respuestas sobre la estructura y el funcionamiento del cerebro con el objetivo último de comprender en profundidad los procesos cognitivos y el comportamiento del ser humano (Mora y Sanguinetti, 1994): anatomía, química, fisiología, neurología, neurofisiología, neuroquímica, neurobiología molecular, psicología cognitiva, neuropsicología, bioinformática. Hall (2005) presenta los métodos para estudiar el cerebro, algunas claves de los estudios neurocientíficos y las bases para la visión neurocientífica de la educación. Técnicas invasivas (autopsia, cirugía), estudios animales, imágenes, se utilizan en la investigación neurocientífica con claves como la modificación del

ambiente, periodos críticos, edad y cerebro, plasticidad. Diversos informes investigativos entregan resultados sugerentes acerca de la aplicación de estas técnicas e instrumentos a las relaciones entre las bases cerebrales, el comportamiento del ser humano, el desarrollo del aprendizaje y la interacción con el ambiente sociocultural (Goswami, 2004; Hall, 2005; Jolles *et al.*, 2006; De Jong, 2008; Howard-Jones, 2010).

La multiplicación de centros, programas y publicaciones dedicados a la relación neurociencias y educación abre un panorama internacional fructífero en escenarios para socializar y confrontar los resultados investigativos: Reino Unido, Estados Unidos, Alemania, Dinamarca, Holanda. El programa “Mente, cerebro y educación” de la Universidad de Harvard, el Centro para la Neurociencia en la Educación de la Facultad de Educación de la Universidad de Cambridge (Reino Unido), el Laboratorio de Aprendizaje de Dinamarca (LAD), el Centro de Transferencia de la Neurociencia y el Aprendizaje en Ulm (Alemania), el Centro para la Investigación Educativa e Innovativa (CERI) de la OCDE son una muestra del potencial para las investigaciones neurocientíficas.

El impulso fomentado por la década del cerebro, inaugurada en 1990, permite acercarse a resultados gestados en ese momento y a publicaciones e informes investigativos posteriores que llegan hasta nuestros días (2002-2014). La revisión se delimita con este marco temporal y por la búsqueda en bases de datos y sistemas internacionales (Science Direct, Proquest, Ebsco, Redalyc, Scopus) bajo aspectos específicos que denotan la relación neurociencias, educación y entorno social: factores socioculturales, plasticidad y madurez cerebral, neuronas espejo y aprendizaje por imitación. El artículo inicia con la revisión de las difíciles relaciones entre neurociencias y educación, donde detractores y defensores plantean dificultades y posibilidades, pero son los mismos resultados de las investigaciones los que señalan la necesidad de un diálogo que pueda en-

riquecer las labores mutuas. La parte central revisa resultados investigativos que contribuyen a la relación educación y entorno sociocultural. Factores como salud, ambiente vital, ejercicio físico y aspectos como plasticidad, madurez cerebral y neuronas espejo son relevantes para considerar el influjo del entorno sociocultural en la educación.

Neurociencias y educación: un diálogo necesario

La relación entre neurociencias y educación no alcanza todavía consensos que permitan integrar sus labores en beneficio de sus particulares objetivos. Después de pocas décadas de investigaciones neurocientíficas, esta relación se mueve entre defensores y detractores, entre quienes sustentan argumentos sobre los aportes, orientación y ayuda que los resultados de las neurociencias podrían ofrecer a los procesos educativos, y quienes debaten sobre la aplicabilidad de estos resultados a los procesos de aprendizaje, por su distancia con la experiencia en el aula. Neurofilicos y neurofóbicos participan en el debate que continúa en las primeras décadas del siglo XXI. Hall (2005) recoge autores de finales del siglo pasado e inicios del XXI entre los cuales se encuentran entusiastas que plantean algunas posibles contribuciones que las neurociencias podrían brindar a la educación (Clark, 2001; Diamond y Hopson, 1998; Greenleaf, 1999; Sabatella, 1999), y otros autores que llegan hasta el escepticismo en torno de la figura pionera de Bruer (1997; 1998), cuyos planteamientos acompañan otros (Davis, 2000; Jensen, 2000; Wolfe y Brandt, 1998). Los aspectos relevantes que plantean estos detractores se vinculan con aspectos como la sobregeneralización, sobresimplificación e injustificada extrapolación de afirmaciones y resultados de las neurociencias aplicadas a los procesos educativos (Hall, 2005). Educadores también caminan en contra de la posibilidad de introducir hallazgos de neurociencias en contextos educativos (Purdy y Morrison, 2009; Alferink y Farmer-Dougan, 2010).

Las críticas apuntan a la extrapolación de resultados neurocientíficos, de animales a seres humanos y de instrumentos de laboratorio a contextos de aula, con criterios de generalización y con el descuido de la complejidad de los procesos educativos. Manejo y aplicación de estos resultados a procesos pedagógicos y de aprendizaje crearían dificultades por la incompatibilidad entre los instrumentos investigativos de las neurociencias y los escenarios particulares en donde se desarrolla la acción educativa: “los métodos utilizados por la neurociencia resultan a menudo incompatibles con el uso de contextos complejos, de cariz social, que son justamente los contextos donde tienen lugar los procesos educativos” (Coll, 2011). La complejidad y el necesario abordaje holístico de procesos educativos están en la base de algunas críticas. Las críticas precursoras de Bruer (1997) en relación con las pretensiones de los resultados de las neurociencias para aleccionar la educación, alertan sobre el peligro de las generalizaciones de resultados neurocientíficos acerca de comportamientos cognitivos en el aula, con base en aspectos específicos de algunas funciones neuronales.

El trabajo todavía aislado, tanto de neurocientíficos como de educadores, con sus objetivos, propósitos e intereses propios, sustenta otra dificultad para esta relación. La orientación de las neurociencias denota mayor progreso en el conocimiento de la “sintaxis cerebral” y en su sistema de organización y transmisión que en la “semántica cerebral”, es decir, en la formación de los significados transmitidos, que forman parte nuclear de la educación (Marina, 2012). Unido a esta orientación se debe considerar la complejidad del sistema neuronal y la diversidad del sistema nervioso: eléctrico, químico, espacial, temporal, que no solo denota múltiples formas, sino que evidencia la complejidad tanto de la teoría como de los datos neurocientíficos.

Willingham (2009) particulariza problemas que reducen la frecuencia probable y la profundidad de las contribuciones de esta relación “marital”,

neurociencias y educación: 1) las ciencias artificiales son impulsadas por metas, y las cosas deseadas fijadas por algunas metas particulares por lo que las ciencias naturales no son informativas; 2) problema de los niveles de análisis: los neurocientíficos estudian estas funciones cognitivas en aislamiento en aras de la simplicidad. No estudian todo el sistema nervioso, trabajando en conjunto con todas las interacciones entre los componentes concomitantes; 3) modo para traducir el contenido de los dos campos: la teoría educativa y los datos son puramente conductuales (pp. 544-545).

Edelenbosch *et al.* (2015) presentan una revisión centrada tanto en la “brecha” entre neurociencia y práctica educativa como en los intentos por construir conexiones entre estos campos (Ansari, Coch y De Smedt, 2011; Hruby, 2012; Koch *et al.*, 2013; Samuels, 2009). Se revisan algunos factores que alejan esta relación: expectativas poco realistas sobre el impacto directo de la neurociencia educativa (Ansari, De Smedt y Grabner, 2011); barreras del idioma y la falta de comunicación entre los investigadores científicos y profesionales de la educación (Pickering y Howard-Jones, 2007); diferencias filosóficas y epistemológicas entre la investigación y la práctica, y la historia de la educación como un campo un tanto impermeable a la influencia científica (Samuels, 2009); la forma en que a los niños se les debe enseñar no debe seguir una visión neurofisiológica porque no tiene en cuenta argumentos morales y políticos (Davis, 2004).

La centralidad de la dimensión cognitiva y las exigencias políticas, sociales y económicas acerca del desarrollo de competencias prácticas de los egresados de la educación superior no solo determinan modelos de instituciones de educación superior sino también le trazan fines y metas, con el descuido de aspectos relacionados con la génesis, etiología y problemáticas de los procesos subyacentes en el aprendizaje y la enseñanza. Aquí radica otra causa de la deficiente relación entre neurociencias y educación hasta llegar a la sospecha mutua de resultados inves-

tigativos y potenciales aplicaciones, que no permiten aún sustentar y generar políticas para los sectores educativos. Esta débil relación imposibilita “aplicaciones potenciales de la investigación del cerebro a las políticas educacionales” (OCDE, 2007, p. 13).

Aspectos organizacionales y de gestión, tanto en los ámbitos educativos como en los mismos procesos investigativos contribuyen a la difícil relación, en cuyo trasfondo están las dicotomías ciencias y humanidades, ciencias naturales y sociales, tecnología y humanismo. Asimismo, la denominada tiranía o barbarie de las especializaciones (Ortega y Gasset, 1998) y el “fetichismo de los fragmentos” (Bohm, 1992) configuran otro factor que contribuye a la problemática. Las desintegraciones en el trabajo académico investigativo no solo han fragmentado el conocimiento sino también las unidades que se ocupan tanto de los asuntos educativos como de los laboratorios neurocientíficos:

La gran barrera es que el conocimiento se ha estudiado de manera fragmentada, es así como, el cerebro en el cual se procesa el conocimiento se estudia en los departamentos de neurociencias; la vida psíquica que lo constituye se estudia en las facultades de psicología; la lógica que lo controla se discute en las facultades de filosofía; la cultura en la cual se inserta va a los departamentos de ciencias sociales; la formación que lo hace maleable se encarga a las facultades de educación (Álvarez, 2013, p. 156).

No obstante las dificultades, críticas y sospechas, la mayoría de las propuestas investigativas concluyen con la necesidad del diálogo entre neurociencias y educación. Algunos resultados neurocientíficos podrían ofrecer información acerca de las problemáticas vinculadas con el aprendizaje, mientras que otros están en la posibilidad de contribuir con información para fortalecer o reorientar procesos educativos. Colaboración, interacción, aprendizaje mutuo entre educación y neurociencias se determinan como aspectos necesarios que permitirían resultados positivos a las dos áreas.

Goswami (2004) considera el aprendizaje como el eje que podría unir neurociencias y educación. Es necesaria la conexión, integración y colaboración mutua con un abordaje sistémico tanto en el estudio del cerebro como en los procesos educativos, particularmente el aprendizaje. En este sentido se orienta la propuesta planteada por Geake y Cooper (2003), después de considerar posiciones “diametralmente opuestas” en las que señalan a las neurociencias “no meter la nariz en los asuntos de la educación”, y a esta última no pensar en un futuro dependiente de las neurociencias. Los mencionados autores apuestan por un camino medio en torno de las posibilidades de la neurociencia cognitiva para ofrecer información sobre el aprendizaje en un marco holístico bio-psico-social (Goswami, 2004). La consideración del aprendizaje como la adquisición de nuevas representaciones neuronales de información, y el establecimiento de relaciones funcionales entre ellas y las ya existentes en el cerebro (Morgado, 2012), no se aísla de factores psicológicos y socio-culturales, lo cual sustenta la necesidad del diálogo. El vínculo entre educación, aprendizaje y factores emocionales no es novedoso en la teoría educativa, sin embargo, la comprensión de las bases fisiológicas, biológicas y psicológicas aún está abierta. La sintaxis cerebral relacionada con las emociones debe ir más allá de su comprensión y el nexo con los procesos del aprendizaje: “Un área final en la que la neurociencia puede contribuir a la educación en el futuro es en la comprensión de la conexión entre emoción y aprendizaje” (Hall, 2005, p. 23).

La relación neurociencia cognitiva y ciencias de la educación recibió un aporte sugerente en De Jong (2008) con la propuesta de objetivos concretos: 1) cómo los principios, mecanismos y teorías de la educación pueden ser extendidas o refinadas basadas sobre hallazgos de las neurociencias cognitivas; 2) cuáles principios, mecanismos o teorías de las neurociencias pueden tener implicaciones para la investigación en educación y pueden conducir a nuevos proyectos de investigaciones interdisciplina-

res. Blakemore y Frith (2000) presentaron resultados como los denominados neuromitos, dentro de los cuales se incluyen los “periodos críticos” y la relevancia de “nuevas áreas de interés potencial” en el desarrollo del aprendizaje. Varias publicaciones posteriores profundizaron en los neuromitos en el campo educativo: Goswami, 2004; Ansari y Coch, 2006; Goswami, 2006; Geake, 2008; Lindell y Kidd, 2011; OECD, 2002; Pasquini, 2012; Tardif y Doudin, 2011 (Tardif *et al.*, 2015, p. 40). Tardif *et al.* (2015) reportan el debate pero traen nuevos autores de los últimos años, que han enfatizado en la necesidad de acercar y juntar expertos en ambos campos con el fin de iniciar un debate constructivo entre ellos: Ansari y Coch, 2006; Ansari, Coch y De Smedt, 2011; Fischer, Goswami y Geake, 2010; Goswami, 2006; Kalra y O’Keeffe, 2011; Tardif y Doudin, 2011).

El aprendizaje como punto de interés común, tanto de neurociencias como de educación, se desarrolla en las dos áreas. Mientras que las neurociencias buscan comprender sus bases cerebrales, para la educación el aprendizaje es un punto de llegada que debe ser mejorado permanentemente, a partir de lenguajes comunes e intercambio de preguntas y datos (Gruart, 2014). Estrategias, orientaciones y modelos relacionados con pedagogía y aprendizaje se podrían beneficiar: “Otra consideración es que la neurociencia puede utilizarse para informar y modificar los modelos cognitivos que están adaptados en las teorías del aprendizaje, y así contribuir a la interpretación de los datos de comportamiento” (Grushka *et al.*, 2014, p. 361).

Varma *et al.* (2008) proponen la neurociencia educativa como una disciplina común para que tanto neurociencias como educación se unan a fin de integrar procedimientos con métodos de comportamientos relacionados con el aprendizaje, a partir de lo cual se pueda configurar un modelo sinérgico multidisciplinar. Mientras que los datos hallados en los experimentos neurocientíficos podrían desembocar en hipótesis sugerentes para probar en el aula, así también algunos de los interrogantes

emanados de las aulas se podrían diseñar e investigar mediante herramientas neurocientíficas. En este sentido va la integración de las neuroimágenes funcionales con los métodos de comportamiento para abordar aspectos educativos y de aprendizaje.

Los resultados investigativos socializados por la OCDE apuestan por la necesidad de integrar labores hasta el punto de realizar propuestas por el nacimiento de una nueva *ciencia del aprendizaje*, en la cual converjan los esfuerzos en torno de la mejora y resolución de problemáticas vinculadas con el aprendizaje. La OCDE (2007) sintetiza contribuciones que no se deberían obviar tanto en la formulación de las políticas públicas como en las prácticas educativas: facilita la comprensión de la “casualidad” y no solamente de la “correlación”, y mueve cuestiones importantes del ámbito intuitivo o ideológico al de la evidencia; al revelar los mecanismos a través de los cuales se producen los efectos, puede ayudar a identificar intervenciones efectivas y soluciones; disipa los neuromitos que arriesgan distraer la práctica educativa seria; profundiza la base del conocimiento de lo que constituye el aprendizaje; revela características hasta ahora ocultas en los individuos para solucionar problemas o mejorar rendimientos; informa acerca de cómo diseñar y ordenar mejor las diferentes prácticas educativas; apoya al aprendizaje continuo y sus beneficios para las poblaciones que envejecen; aporta en relación con los hallazgos sobre la propiedad de plasticidad del cerebro. La OCDE (2007), además de considerar precauciones, también advierte sobre limitaciones en la relación, lo cual se complementa con el cuidado de sustentar en la neurociencia un “enfoque pedagógico prescriptivo universal” y más bien considerar la información iluminadora para programas en cada contexto. De ahí que preocuparse por cómo funciona el cerebro es “solo uno de los factores que deben ser tomados en cuenta al construir programas educativos y de enseñanza” (p. 232). Estas indicaciones acerca de los cuidados y las limitaciones sugieren la necesidad de enfoques holísticos.

En algunos ámbitos se acuñan expresiones como neuroeducación, neurodidáctica, neuropedagogía, que no solo dificultan más esta relación, sino que sugieren nuevos campos del saber pendientes por desarrollar y que ya buscan su posicionamiento. Hruby (2012) plantea tres requerimientos necesarios para justificar, particularmente, una “neurociencia educativa”: coherencia intelectual, informar mutuamente y experiencia académica respetada, y un compromiso ético con las implicaciones y obligaciones morales compartidas dentro de la investigación educativa en general.

Entorno sociocultural y educación: contribuciones de las neurociencias

La influencia del entorno sociocultural en el aprendizaje no es ni teoría ni temática novedosa en el ámbito educativo. La teoría sociocultural de Vygotsky y la teoría del aprendizaje social o cognoscitiva social de Bandura no solo han influenciado las teorías educativas sino que ahora sus planteamientos adquieren mayor relevancia por algunos de los resultados neurocientíficos acerca de la relación entre aprendizaje y aspectos sociales, ambientales y emocionales: “En el programa vigotskiano, las funciones mentales se desarrollan y transforman en contextos sociohistóricos, el entorno influyente adquiere un valor causal, en tanto que mediador necesario en esa metamorfosis; esa mediación instituye y se instituye en lo que Vigotsky denominó Zona de Desarrollo Potencial (ZDP)” (García y Juanes, 2013, p. 55). En el ámbito educativo se recogen bases teóricas (Rogoff, Vygotsky, Geertz), sobre el desarrollo del ser humano en el ámbito educativo a partir de bases constructivistas, mediación instrumental, y vínculo sociocultural y aprendizaje. Esta misma dimensión instrumental en los procesos educativos y bajo la configuración del triángulo sujeto-herramientas-objeto, basados en autores como Leontiev, Wertsch, Cole, en la cual se determina la actividad y el desarrollo del sujeto “en función del objeto de su actividad y de los artefactos que la median” (Laluzza, Crespo y Camps, 2008, p. 56).

Tanto educadores como filósofos han considerado el influjo del ambiente social no solo en procesos de aprendizaje, sino también en la configuración del comportamiento del ser humano: “Pero la inserción de cada hombre en una comunidad humana, la circunstancia de que su vida se enmarque en una vida colectiva, tiene consecuencias que determinan de antemano la conducta ética y que de antemano prestan a las exigencias categóricas unos perfiles formales más acusados” (Husserl, 2002, p. 49). La teoría sociocultural plantea la interacción entre individuo y entorno social como fundamental para el desarrollo del aprendizaje y, por su parte, la teoría del aprendizaje social considera que factores externos, acontecimientos del ambiente, condiciones físicas, son aspectos fundamentales en el denominado aprendizaje vicario (observacional).

Las teorías educativas relacionadas con el entorno sociocultural se reconocen en investigaciones neurocientíficas (De Jong, 2008). Así también, las conclusiones de Fuster en su casi medio siglo de experiencia investigativa en el área de las neurociencias dedicadas a “explorar las redes cognitivas de la corteza cerebral y la influencia sobre ellas de factores metabólicos, ambientales y sociales” (López, 2012, p. 30). Más allá del reconocimiento, algunas investigaciones evidencian las reacciones del cerebro a factores medioambientales, interacciones sociales y condiciones del entorno. Asimismo, comprueban la capacidad cerebral para cambiar los estímulos de estos factores que conducen a nuevos aprendizajes, manifestados en nuevas conexiones neuronales: “el cerebro se ve afectado por *todos* los cambios en el entorno cultural; porque, vivir en esos entornos, participar en ellos, consiste en la activación de patrones de actividad cerebral, mediante los cuales dirigir intencionalmente el comportamiento” (García y Juanes, 2013, p. 76).

En la exploración de factores socioculturales influyentes en procesos educativos no puede pasar desapercibida la relación entre genética y ambiente, genotipo y fenotipo, entre factores genéticos y

aspectos ambientales en el desarrollo y la conducta del ser humano. Estudios antropológicos, psicológicos y sociales se han detenido en la relación entre estos dos aspectos para el desarrollo del ser (García y Juanes, 2013). En las últimas décadas se han retomado con una nueva perspectiva los planteamientos de la epigenética: “Actualmente se reconoce el papel fundamental que el ambiente extranuclear, extracelular y social ejerce en la modulación de la actividad genética” (Bedregal *et al.*, 2010, p. 366; Rutter, 2012; Coll, 2011).

Nature vs Nurture, herencia y ambiente, como uno de los temas clásicos en el desarrollo de la conducta y de los procesos mentales ya no se estudian bajo la configuración de aspectos enfrentados o de entidades contrapuestas, sino que cada vez más se comprenden como entidades complementarias y mutuamente influyentes (Coll, 2011). Sin embargo, los interrogantes no se detienen cuando se plantean las influencias ambientales o del entorno social y los diversos efectos producidos en la dotación genética de personas particulares. Asimismo, cuando se discurre en los efectos logrados en personas con genotipos cercanos sometidos a diversas influencias experienciales o socioambientales (Coll, 2011). Martí y Darbra (2006) refieren que la genética del comportamiento ha hecho dos aportaciones claves en relación con la influencia del ambiente. La primera es que el medio aumenta las diferencias entre personas con genoma parcialmente compartido, por ejemplo, entre hermanos. La segunda es que muchas influencias ambientales a su vez están influidas por la genética. Ello es debido a que existen tanto correlaciones como interacciones entre la dotación genética y el ambiente.

En el ámbito neurocientífico el vínculo entre lo innato y lo adquirido, genotipo y fenotipo, cada vez más se va estrechando en relación con la dependencia mutua entre entorno y desarrollo cerebral, genética e influencias del entorno (Rutter, 2012; OCDE, 2007). Se ha evidenciado la presencia de factores socioculturales que influyen en el aprendizaje consi-

derado bajo los componentes neuronales y psicobiológicos. La revisión permitió examinar investigaciones acerca de factores como la nutrición, el ejercicio físico, el sueño, las interacciones sociales, la regulación de emociones, como aspectos que afectan los procesos cerebrales relacionados con el aprendizaje (Goswami, 2004; Jolles *et al.*, 2006; García, 2009; Rodríguez, 2009; Howard-Jones, 2010; Álvarez, 2013; García y Juanes, 2013, Gruart, 2014). La OECD (2002) y su versión castellana (2007) presentan resultados acerca de factores ambientales que mejoran el funcionamiento del cerebro: la calidad del ambiente social y de las interacciones, la nutrición, el ejercicio físico y el sueño, todo lo cual puede parecer demasiado obvio y ser fácilmente pasado por alto en su impacto en la educación. Condicionando nuestras mentes y cuerpos correctamente, es posible sacar ventaja del potencial del cerebro para la plasticidad y facilitar el proceso de aprendizaje.

Gruart (2014) reporta aspectos del aprendizaje relacionados con “conexiones químicas” producidas por sustancias que actúan en el nivel sináptico: drogas, alcohol, cafeína y sus efectos neuroquímicos relacionados con los procesos de aprendizaje (Gazzaniga, 2005; Lynch *et al.*, 2011). Asimismo, se evidencian mejoras y fortalecimientos cognitivos que podrían ser realizados a través de medios diferentes a los farmacológicos como la nutrición, ejercicio psíquico, sueño, meditación (Dresler *et al.*, 2013). Influencia en el sistema neuronal de sustancias como la cafeína en los niños y su aprendizaje, así como la glucosa también se reportan como factores que pueden ser problemáticos (Fontinha *et al.*, 2009; Heatherley *et al.*, 2006; Zuluaga, 2009).

La relación cerebro y cultura no solo se determina por ser dominios netamente humanos sino que, guardadas las proporciones de la dimensión holística, la cultura se almacena en los cerebros de las personas y el mismo el cerebro se convirtió en el órgano por excelencia de la diversidad cultural. Los cerebros están biológicamente preparados para adquirir cultura, además de que cultura y cerebro se

consideran como dos formas de entender a las personas en su devenir histórico-cultural (Álvarez, 2013, p. 159). Con base en los planteamientos de Bruner, la cultura se ha considerado como “un proceso transaccional, intersubjetivo, en el que se forma la mente –y en este sentido– las instituciones culturales se levantan sobre creencias de sentido común –sentido consensuado, negociado y compartido–, sobre el comportamiento humano” (García, 2009, p. 106). La información al cerebro a través de los sentidos, la cultura que se adopta a través de la mediación sensorial, es lo que permite considerar “la mente como producto de la interacción del cerebro con su entorno” (Rodríguez, 2009, p. 32).

Se encuentran resultados incipientes y algunas reflexiones acerca de la influencia de las acciones, los procesos y ambientes configurados en la era tecnológica, tanto en el desarrollo como en la metamorfosis de las conexiones cerebrales relacionadas con el aprendizaje (Blackmore, 2000; Burke y Ornstein, 2001; Small, 2009; Martínez Cari, 2012; García y Juanes, 2013). Algunas voces ya se levantan en este sentido:

La tecnología que usamos cotidianamente es capaz de modificar nuestro cerebro mucho más de lo que creemos. Los hallazgos científicos de las últimas décadas han demostrado que el cerebro es un órgano plástico, constituido por neuronas capaces de regenerarse y de sufrir una remodelación permanente en respuesta a las experiencias que vivimos (García y Juanes, 2013, p. 48).

Más allá del aprendizaje, esta influencia tecnológica se determina como un reto sugerente para la educación y la bioética que alcanzan tanto el desarrollo como la configuración misma de las subjetividades (Barrios Tao, 2015).

Experimentos neurocientíficos en ambientes mejorados y sobreestimulados todavía no alcanzan consensos en la aceptación de sus resultados, sin embargo, el mejoramiento y la diversidad de elementos didácticos y pedagógicos en los ambientes educativos, así como la calidad en las interacciones

sociales de los contextos de aprendizaje posibilitan con mayor grado el mejoramiento de habilidades: “Las interacciones sociales catalizan el aprendizaje. Sin ellas, un individuo no puede aprender ni desarrollarse adecuadamente. Al integrarse en un contexto social, el aprendizaje de un individuo mejora con relación a la riqueza y variedad de ese contexto” (OCDE, 2007, p. 49). En otro sentido, se ha contribuido con el afianzamiento de teorías que sustentan factores que ejercen efectos negativos en el aprendizaje. Coll (2011) revisa varios estudios (Hillman, Erickson y Kramer, 2008; Hawkey y Cacioppo, 2010; Macrory, De Brito y Viding, 2010) que sustentan algunos de estos factores negativos sobre el funcionamiento de algunas áreas de la corteza prefrontal y pueden deteriorar funciones cognitivas: estrés, soledad y falta de ejercicio físico. De ahí la importancia de que los programas escolares no estén centrados únicamente en la consecución de conocimientos y habilidades cognitivas, sino también en el desarrollo emocional y social, así como en la actividad física.

Uno de los grandes descubrimientos neurocientíficos que permiten afianzar las teorías acerca de la influencia del ambiente sociocultural, tanto en el desarrollo del cerebro como en su modificación estructural y funcional, es la plasticidad cerebral, que le permite adaptarse a condiciones del entorno tanto intra como extracerebrales (Rodríguez, 2009). Esta propiedad cerebral para crear, fortalecer, debilitar y eliminar conexiones cerebrales es fundamental para sustentar la influencia sociocultural en el aprendizaje. La plasticidad se recoge en muchos informes y artículos científicos, con matices diversos y con aplicaciones en múltiples campos (Nelson, 1999; Koizumi, 2003; OECD, 2002; Geake y Cooper, 2003; Blakemore y Frith, 2005; Jeannerod, 2006; OCDE 2007; Citri y Malenka, 2008; Kolb y Whishaw, 2008; De Jong, 2008; Rodríguez, 2009; Willis, 2010; Coll, 2011; Bernal, 2011; Marina 2012; Grushka *et al.*, 2014).

Diversos matices en las definiciones sobre plasticidad permiten considerar tópicos de esta capacidad del cerebro en relación con los procesos

educativos. Willis (2010) la describe como la “capacidad de las redes neuronales para extender, podar, reorganizar, corregir o fortalecerse con base en la adquisición de nueva información, obtener retroalimentación correctiva, y el reconocimiento de las asociaciones entre el conocimiento nuevo y previo” (p. 55). Esta plasticidad considerada como la capacidad inherente del cerebro para adaptarse a un entorno cambiante está en la “base del desarrollo del cerebro y la maduración, y por lo tanto proporciona los mecanismos que subyacen en la adaptación y el aprendizaje” (De Jong, 2008, p. 51). La plasticidad es una propiedad

...que se pone en marcha como consecuencia de factores sensoriales, motores, sociales, emocionales y, también, de la presencia de lesiones cerebrales (Cicchetti et al., 2006). A su vez, los factores ambientales provocan modificaciones en la expresión génica en el núcleo de la neurona, expresando ARN que codifica las proteínas necesarias para la formación de nuevas sinapsis y dendritas, estableciendo así modificaciones estructurales (Rodríguez, 2009, p. 33).

Bernal (2011) considera la influencia cultural en relación con el desarrollo pleno del cerebro humano y la vincula con la propiedad del cerebro para admitir alteraciones en su estructura o función como consecuencia del desarrollo, de la experiencia o de alguna lesión: “Esto significa que cada individuo, lo sepa o no, está construyendo, para bien o para mal, su propio cerebro en su interacción con el mundo” (Jeannerod, 2006; Moraes y De la Torre, 2002). En algunos estudios se considera la importancia de la plasticidad hasta el punto de calificarse como la adaptabilidad del cerebro “que hace posible el aprendizaje y la enseñanza” (Grushka *et al.*, 2014, p. 361).

De Jong (2008) sustenta resultados que implican el aprendizaje acompañado siempre “de cambios en el tejido nervioso y en la eficacia de procesamiento de la información en el cerebro”. En consecuencia, la misma investigación sostiene que “como los niños,

los jóvenes y también los adultos se adaptan a un entorno en constante cambio, esto significa que compañeros, padres, maestros y otros –contexto psicosocial– tienen un papel mayor en la conformación de la eficiencia de la plasticidad del cerebro y por lo tanto la adaptación” (p. 51).

Kolb y Whishaw (2008) describen los fundamentos neurocientíficos de la plasticidad a partir de su consideración como la capacidad del tejido nervioso para cambiar en estructura y función en respuesta a factores que pueden ser descritos como “medioambientales”. Estos factores “actúan sobre el nivel de la neurona o sus subestructuras tales como dendritas y espinas dendríticas pero también –sobre un nivel más macroscópico– a nivel de agregados de neuronas (por ejemplo, redes neuronales)”. En consecuencia, se evidencia lo que los autores denominan una “reorganización plástica del tejido nervioso” la cual “se produce en relación con los neurotransmisores y neurohormonas y otras entidades químicas tales como factores tóxicos”. Con relación al aprendizaje y el cambio cerebral, el profundo estudio afirma que

...el aprendizaje y los procesos psicológicos, así como experiencias emocionales pueden cambiar la estructura y función del cerebro debido al hecho de que la “plasticidad” es una propiedad inherente del tejido nervioso. Este cambio es en el nivel estructural, lo que significa que la forma y la estructura de la neurona y conjuntos neuronales –y por lo tanto el cerebro– cambia (Kolb y Whishaw, 2008).

La OCDE (2007) recoge resultados investigativos y agrupa bajo el término plasticidad los procesos que remodelan el cerebro: la sinaptogénesis, la poda, el desarrollo y la modificación neuronal. Asimismo, presenta resultados investigativos que demuestran la plasticidad como una propiedad cerebral que se prolonga durante todo el ciclo vital, “en términos de números tanto de neuronas como de sinapsis” (p. 175):

La información descubierta en las dos últimas décadas ha conformado que el cerebro retiene su plasticidad a lo largo de toda la vida. Y, debido a que la plasticidad sustenta el aprendizaje, podemos aprender en cualquier etapa de la vida, aunque de formas un tanto diferentes en las distintas etapas (Koizumi, 2003; OECD, 2002; OCDE, 2007, p. 63).

Resultados investigativos comprueban la plasticidad durante toda la vida, lo cual fundamenta procesos de aprendizaje a lo largo del ciclo vital y la influencia de factores socioambientales en todos los periodos vitales. De Jong (2008) recoge resultados que sustentan que

...el tejido nervioso –y por lo tanto el cerebro– permanece plástico hasta muy avanzada edad. Esta idea viene de décadas de investigación realizadas con animales y seres humanos (por ejemplo, Buonomano y Merzenich, 1998; Weinberger, 1995). Esto pone de relieve la idea de que el aprendizaje es posible hasta una edad muy avanzada (p. 51).

El mismo informe evidencia otros resultados en el sentido benéfico de estilos de vida con actividades cognitivas, sociales y físicas que “pueden proteger contra el deterioro cognitivo y del cerebro” (Bosma et al., 2002; Karp et al., 2006; Wilson et al., 2002). Estos importantes hallazgos apoyan los enfoques hacia el concepto de “aprendizaje para toda la vida” (De Jong, 2008, p. 51). Nelson (1999) relaciona la plasticidad cerebral con el desarrollo humano y de manera artística la determina como:

...“la danza sutil pero orquestada que se produce entre el cerebro y el medio ambiente” y “la habilidad del cerebro para ser moldeada por la experiencia y, a su vez, para que este cerebro recién remoldeado facilite el abrazo de nuevas experiencias”; lo cual se considera una base fundamental del aprendizaje para toda la vida en relación con los “cambios neuronales, ad infinitum” (p. 42).

La relación plasticidad y ambiente sociocultural, factores ambientales y desarrollo cerebral, experiencia y plasticidad, se sustenta en varios informes. Rodríguez (2009) reporta algunos que plantean dos procesos diferentes en la influencia del entorno sobre el desarrollo del cerebro: expectantes y dependientes de experiencia:

El primero corresponde a los denominados periodos críticos o sensibles y tienen lugar en las edades tempranas del desarrollo del sistema sensorial [...] La plasticidad mediada por los procesos dependientes de experiencia va esculpiendo literalmente el cerebro a través de nuevas conexiones como respuesta a eventos que proveen información, única para cada individuo, que ha de ser codificada en su sistema nervioso (Black et al., 1998, pp. 93-94).

La de Greenough et al. (1987) es una investigación pionera en la relación experiencia, desarrollo y madurez cerebral con base en referencias morfológicas de experiencias visuales selectivas.

Coll (2011) reporta la clasificación de la plasticidad sináptica en relación con la experiencia, referida a un tipo de influencia ambiental, y sustentada por Greenough y Black (1992): 1) independiente de experiencia; 2) expectante de experiencia; 3) dependiente de experiencia. Coll concretiza la experiencia como “la interacción activa entre la persona y su entorno físico y social, e incluye aspectos tan diversos como las informaciones procedentes de los sentidos, la manipulación de objetos, el contacto corporal y visual con otras personas, los premios y castigos recibidos, la observación de la conducta de otras personas, etc.” (2011). Con relación a los procesos del aprendizaje y la memoria el tipo de plasticidad “dependiente de la experiencia” se refiere a los

...cambios plásticos que se dan como consecuencia de experiencias a lo largo del ciclo vital. Aunque este tipo de plasticidad es máxima durante la infancia y la adolescencia, se mantiene a lo

largo de toda la vida, excepto en ciertos trastornos graves del desarrollo y en enfermedades neurodegenerativas. Este tipo de plasticidad es el que posibilita el aprendizaje y la memoria (Coll, 2011).

En la relación desarrollo humano y plasticidad cerebral, Nelson (1999) plantea y ejemplifica tres mecanismos mediante los cuales la experiencia induce cambios en el cerebro: cambio anatómico, neuroquímico y metabólico:

Un cambio anatómico podría ser la capacidad de las sinapsis existentes (es decir, las conexiones entre las células nerviosas) para modificar su actividad por brotar nuevos axones o por la ampliación de la superficie dendrítica. Un cambio neuroquímico podría reflejarse en la capacidad de una sinapsis existente para modificar su actividad mediante el aumento de la síntesis y liberación de sustancias químicas que transmiten los impulsos nerviosos (es decir, neurotransmisores). Finalmente, un ejemplo de un cambio metabólico podría ser las fluctuaciones en la actividad metabólica (por ejemplo, utilización de la glucosa o el oxígeno) en el cerebro en respuesta a la experiencia (p. 42).

Grushka et al. (2014) relacionan neurociencias, aprendizaje y currículo, con la propuesta de la interacción entre experiencia y neuroplasticidad cerebral como un vínculo de especial interés para el trabajo curricular. A partir de la definición de plasticidad de Willis (2010) como la capacidad de las redes neuronales para extender, podar, reorganizar, corregir o fortalecerse con base en la adquisición de nueva información, obtener retroalimentación correctiva, y el reconocimiento de las asociaciones entre el conocimiento nuevo y previo, el texto de Grushka considera que esta adaptabilidad del cerebro es lo “que hace posible el aprendizaje y la enseñanza” (p. 361). La comprensión cognitiva de esta “plasticidad adaptativa” tiene implicaciones “para cuestiones pedagógicas relacionadas con el aprendizaje, incluyendo la

necesidad de refuerzo y el problema de aprendizaje erróneo, y para cuestiones de amplitud y profundidad del currículo” (Geake y Cooper, 2003, p. 14).

Factores socioculturales y plasticidad no solo se vinculan estrechamente, sino que las neurociencias también han investigado acerca de otra relación vinculada con la plasticidad: aspectos psicosociales y madurez del cerebro. Entorno, plasticidad y madurez cerebral se vinculan de manera sugestiva en los procesos del desarrollo humano. De Jong (2008) presenta resultados con relación al papel de factores psicosociales que modulan y guían la madurez cerebral, no obstante la particularidad y variabilidad de la madurez en cada proceso individual (Blakemore y Frith, 2005; Giedd, 2004; Gogtay *et al.*, 2004; Paus, 2005; Steinberg, 2005). Un resultado sugestivo relacionado con aspectos socioculturales, procesos de aprendizaje y desarrollo cognitivo, guardadas las proporciones individuales y sociales, son los tiempos de maduración cerebral:

Se ha reconocido en los últimos años que determinadas partes del cerebro y sus conexiones se desarrollan en la adolescencia media y tardía y no están completamente maduras hasta la tercera década de la vida. La corteza medial prefrontal y otras regiones de los lóbulos frontales, sino también zonas terciarias en el lóbulo parietal están entre ellas (De Jong, 2008, p. 52).

Resultados neurocientíficos concuerdan en la tercera década del desarrollo individual como el tiempo conclusivo de madurez de la corteza prefrontal (Paus, 2005; Blakemore y Choudhury, 2006; OCDE, 2007; De Jong, 2008).

Algunas investigaciones se preocupan por identificar el desarrollo de áreas específicas del cerebro que permiten establecer este proceso de madurez. La corteza prefrontal, vinculada con aspectos de las funciones ejecutivas, es el área del cerebro que se desarrolla “relativamente ‘tarde’, en la media y final de la adolescencia” y “corresponde a los aspectos particulares de la función ejecutiva. Las funciones ejecutivas

se ocupan de la planificación, el control ejecutivo, el concepto de cambio, el procesamiento eficiente en la memoria, los procesos de atención y los así llamados ‘autoevaluación’ y ‘control social’ (Blakemore y Choudhury, 2006)” (De Jong, 2008, p. 53).

El desarrollo y la madurez del cerebro por mucho tiempo se confinaron a los primeros años de vida, pero las recientes investigaciones no solo concluyeron que el cerebro crece y se desarrolla en los primeros años del adulto, sino también que el cerebro muestra “signos continuos de plasticidad en respuesta a las nuevas exigencias ambientales durante la vida adulta” (Hall, 2005, p. 21). Los factores del entorno socio-cultural no solo afectan aspectos educativos y del aprendizaje, sino también contribuyen a la madurez cerebral: “El cerebro es plástico, lo que significa que el buen crecimiento, el desarrollo adecuado de las redes cerebrales y la poda de las conexiones y la optimización de la comunicación interneuronal se guía por el *comportamiento, la información sensorial y motivacional*” (Kolb y Whishaw, 2008).

Uno de los soportes neurocientíficos para las teorías sobre el aprendizaje social, en cuya base se encuentra el aprendizaje por imitación, es el descubrimiento de las denominadas neuronas espejo. García (2008) aborda el aprendizaje vinculado con los descubrimientos de las neuronas espejo por Rizzolatti, en cuya base se presentan investigaciones con neuroimagen cerebral que han constatado que la observación de las acciones de los demás activa en el observador las mismas áreas cerebrales, como si fuera él mismo quien ejecutara las acciones. El informe de De Jong (2008) resalta resultados de la neurociencia cognitiva con relación al aprendizaje social, particularmente del papel de estas neuronas en la comprensión de las acciones realizadas por los demás así como en la capacidad para el aprendizaje por observación e imitación:

Se ha demostrado que la observación de acciones (orientadas a objetos) hechos por otros activa el sistema de neuronas-espejo, que también

está activo cuando uno realiza la misma (Iacoboni et al., 1999; Meltzoff y Prinz, 2002). Varios autores (Buccino y col, 2004; Craighero, Bello, Fadiga, y Rizzolatti, 2002; Vogt, Taylor, y Hopkins, 2003) encontraron que el sistema de neuronas-espejo, se activa durante la mera observación de la acción, prepara la ejecución de acciones similares, y con ello media el aprendizaje basado en la imitación. Durante un tiempo, se pensaba que el sistema de neuronas-espejo solamente se activaba cuando las partes del cuerpo humano que ejecutaban la acción eran visibles, y no cuando la acción se llevaba a cabo por algún otro agente, tal como un brazo de robot (Tai, Scherfler, Brooks, Sawamoto, y Castiello, 2004; De Jong, 2008, p. 25).

El descubrimiento de estas neuronas y su papel no solo fundamentan teorías relacionadas con el aprendizaje social, sino también aquellas vinculadas con los mismos procesos del desarrollo humano y social e igualmente soportan las teorías de otros saberes: “En psicología evolutiva, se argumenta que es posible que hayamos evolucionado de observar e imitar a otras personas (Sweller y Sweller, 2006)”. (De Jong, 2008, p. 24). La plasticidad y la madurez cerebral como procesos ampliados a lo largo de toda la vida sustentan el aprendizaje social y la influencia de factores socioculturales en la constante reconfiguración de las conexiones cerebrales. En estas relaciones bio-psico-sociales el aprendizaje por imitación no se limita a los primeros años del desarrollo humano sino que el desarrollo cerebral permite afirmar que cualquier estadio de la vida puede acoger la relación entorno sociocultural y aprendizaje:

También se ha sugerido que el sistema de neuronas espejo puede desempeñar un papel más amplio en la cognición social al permitir la comprensión de las acciones realizadas por los demás, es decir, puede haber un vínculo con la empatía y el desarrollo de la teoría de la mente (véase, por ejemplo, Keysers y Gazzola, 2007). Sin embargo, es cuestionable si solo el sistema de

neuronas-espejo está involucrado aquí. Es decir, puede haber una interacción compleja entre los circuitos neuronales implicados en el control motor, la simulación mental, y la creación de reflejos que permiten la imitación y la empatía (véase, por ejemplo, el artículo y los comentarios por Hurley, 2008) (De Jong, 2008, p. 25).

Conclusiones

El movimiento entre el escepticismo a la espera de aplicaciones de resultados investigativos en el escenario de las aulas y el triunfalismo que simplifica, generaliza y finaliza resultados de las neurociencias en relación con los procesos educativos requiere un punto medio que labore sobre la necesidad de integración y colaboración mutua, la complejidad de los procesos educativos y la necesidad de resolver las problemáticas, especialmente aquellas relacionadas con el aprendizaje.

Uno de los aspectos cuestionantes para los procesos educativos es la centralidad de lo cognitivo sin tener en cuenta, en la práctica, otros fenómenos que influyen en el aprendizaje. Ambiente, entorno, bienestar, creatividad, salud, son aspectos que sugieren la necesidad de investigaciones en el aula para mejorar su influjo en los procesos educativos vinculados con el aprendizaje con enfoques holísticos, bio-psico-sociales, que integren dimensiones mentales y corporales, ambientales y cognitivas. Asimismo, investigaciones que integren técnicas neurocientíficas y ambientes reales en el aula y en entornos pedagógicos.

La revisión de informes investigativos y artículos científicos acerca de la relación entre entorno sociocultural y procesos educativos, particularmente el aprendizaje, permite fundamentar con bases neurocientíficas las teorías sobre el aprendizaje social y la influencia del ambiente sociocultural en los procesos de aprendizaje. De la misma manera, estos resultados podrían ofrecer elementos para que los actores de los procesos educativos consideren y adquieran relevancia en la práctica pedagógica.

Actores, escenarios y procesos educativos no solo deberían tener conciencia del vínculo entre educación y aprendizaje con las bases neuronales y biológicas de estos procesos, sino también conocer y considerar estrategias para fortalecer aspectos del entorno sociocultural que influyen en el desarrollo cerebral:

Tener una idea clara de las posibilidades de nuestro cerebro, saber que educar es cambiarlo, porque el aprendizaje supone actividad y producción de cambios neuronales, promueve un optimista modelo educativo, que aumenta la relevancia de la tarea docente. La cultura cambia el cerebro que, a su vez, cambiará la cultura (Marina, 2012, p. 9).

Así como la educación y el aprendizaje cambian y desarrollan las bases biológicas del cerebro, no se pueden descuidar otros factores que actúan sobre el aprendizaje, el desarrollo del cerebro y la formación misma del ser humano. El ámbito escolar, en cualquiera de sus niveles, así como el ambiente sociocultural cotidiano en el cual se desarrolla la mayor parte de los actores del proceso educativo, estudiantes-docentes-directivos-familia, no son dos espacios aislados, sino que ambos deben contribuir al desarrollo integral que busca la educación.

Los ambientes socioculturales que transcurren en los entornos digitales no solo se pueden determinar como instrumentos para mejorar los procesos educativos y del aprendizaje, sino que estos mismos ambientes se han consolidado como escenarios todavía por descubrir e investigar, acerca de sus efectos en el desarrollo, la madurez y la afectación de los aspectos neurobiológicos, psicológicos y

educativos del ser humano. García y Juanes (2013) consideran que las TIC no solo se pueden considerar como “el sistema tecnológico humano con mayor poder de modificación del entorno vital que la humanidad haya conocido nunca”, sino también como “una fuente de cambios en la actividad del cerebro” (p. 74).

En la relación neurociencias y educación, la propuesta de Álvarez (2013) es una sugerente conclusión cuando considera que el conocimiento de los “cambios neurobiológicos” que ocurren en el cerebro al realizar procesos de aprendizaje pueden fortalecer los procesos didácticos, además de nutrir los modelos educativos en aspectos como su optimización a través del conocimiento de la anatomía y fisiología del cerebro, las emociones, la conducta, el proceso de la información, los procesos cognitivos, las estrategias metacognitivas. La OCDE (2007) reporta una sugerente propuesta conclusiva para configurar la relación y los aportes recíprocos entre educación y neurociencias:

La neurociencia por sí sola no puede proveer el conocimiento necesario para diseñar enfoques eficaces para la educación, y, por lo tanto, la neurociencia educativa no habrá de consistir en insertar técnicas basadas en el cerebro dentro de las aulas. Más bien, se debe establecer una relación recíproca entre la práctica educativa y la investigación acerca del aprendizaje, que es análoga a la relación entre la medicina y la biología. Esta relación recíproca habrá de sostener el flujo bidireccional continuo de información necesario para dar soporte a una práctica educativa informada sobre el cerebro y basada en la investigación.

Referencias

- Alferink, L. A. y Farmer-Dougan, V. (2010). Brain-(not) based education: Dangers of misunderstanding and misapplication of Neuroscience research. *Exceptionality*, 18, 42-52.
- Álvarez, M. E. (2013). La neurociencia en las ciencias socio-humanas: una mirada transdisciplinar. *Ciencias sociales y educación*, 2 (3), 153-166.
- Ansari, D. y Coch, D. (2006). Bridges over troubled waters: Education and cognitive neuroscience. *Trends in Cognitive Sciences*, 10 (4), 146-151.
- Ansari, D., Coch, D. y De Smedt, B. (2011). Connecting education and cognitive neuroscience. Where will the journey take us? *Educational Philosophy and Theory*, 43 (1), 37-42.
- Ansari, D., De Smedt, B. y Grabner, R. H. (2011). Neuroeducation –A critical overview of an emerging field. *Neuroethics*, 5 (2), 105-117.
- Barrios Tao, H. (2015). Subjetividades en el ágora digital: cuestiones para la educación y la bioética. *Revista Latinoamericana de Bioética*, 15 (29), 84-95.
- Bedregal, P., Shand, B., Santos, M. y Ventura-Junca, P. (2010). Aportes de la epigenética en la comprensión del desarrollo del ser humano. *Revista Médica de Chile*, 138, 366-372.
- Bernal, A. (2011). *Neurociencia y aprendizaje para la vida en el mundo actual*. Ponencia XII Congreso internacional de teoría de la educación, Universidad de Barcelona.
- Blackmore, S. (2000). *La máquina de los memes*. Barcelona: Paidós.
- Blakemore, S.-J. y Choudhury, S. (2006). Development of the adolescent brain: Implications for executive function and social cognition. *Journal of Child Psychology and Psychiatry*, 47, 296-312.
- Blakemore, S. J. y Frith, U. (2000). *Report on the implications of recent developments in neuroscience for research on teaching and learning*. Consultation paper commissioned by the Teaching and Learning Research Programme, ESRC.
- Blakemore, S. J. y Frith, U. (2005). *The learning brain: Lessons for education*. Oxford: Blackwell Publishing.
- Bohm, D. (1992). *Thought as a System*. New York: Routledge.
- Bruer, J. T. (1997). Education and the brain: A bridge too far. *Educational Researcher*, 26 (8), 4-16.
- Bruer, J. T. (1998). Brain science brain fiction. *Educational Leadership*, 56 (3), 14-18.
- Burke, J. y Ornstein, R. (2001). *Del hacha al chip. Cómo la tecnología cambia nuestras mentes*. Barcelona: Planeta.

- Citri, A. y Malenka, R. (2008). Synaptic plasticity: Multiple forms, functions, and mechanisms. *Neuropsychopharmacology*, 33, 18-41.
- Clark, B. (2001). Some principles of brain research for challenging gifted learner. *Gifted Education International*, 46, 445-451.
- Coll, M. (2011). *Plasticidad cerebral y experiencia: fundamentos neurobiológicos de la educación*. Ponencia XII Congreso Internacional de teoría de la educación, Universidad de Barcelona.
- Davis, A. (2004). The credentials of brain-based learning. *Journal of Philosophy of Education*, 38 (1), 21-36.
- Davis, S. M. (2000). Look before you leap: Concerns about 'brain-based' products and approaches. *Childhood Education*, 77 (2), 100-101.
- De Jong, T. (ed.) (2008). *Explorations in learning and the brain: On the potential of cognitive neuroscience for educational science*. The Hague (NL): Netherlands Organisation for Scientific Research.
- Diamond, M. y Hopson, J. (1998). *Magic tress of the mind: How to nurture your child's intelligence, creativity, and healthy emotions from birth through adolescence*. New York: Dutton.
- Dresler, M., Sandberg, A., Ohla, K., Bublitz, C., Trenado, C., Mroczko-Wasowicz, A., Kühn, S. y Repantis, D. (2013). Nonpharmacological cognitive enhancement. *Neuropharmacology*, 64, 529-543.
- Edelenbosch, R., Kupper, F., Krabbendam, L. y Broerse, J. E. W. (2015). Brain-based learning and educational neuroscience: BoundaryWork. *Mind, Brain, and Education*, 9 (1), 40-49.
- Fontinha, B., Delgado-García, J. M., Madroñal, N., Ribeiro, J., Sebastião, A. M. y Gruart, A. (2009). Adenosine A2A receptor modulation of hippocampal CA3-CA1 synapse plasticity during associative learning in behaving mice. *Neuropsychopharmacology*, 34, 1865-1874.
- García, E. (2008). Neuropsicología y educación. De las neuronas espejo a la teoría de la mente. *Revista de Psicología y Educación*, 1 (3), 69-90.
- García Carrasco, J. (2009). Educación, cerebro y emoción. *Aula*, 15, 91-115.
- García, J. y Juanes, J. A. (2013). El cerebro y las TIC. *Teoría de la educación. Educación y cultura en la sociedad de la información*, 14 (2), 42-84.
- Gazzaniga, M. S. (2005). Smarter on drugs. *Scientific American Mind*, 16 (3), 32-37.
- Geake, J. (2008). Neuromythologies in education. *Educational Research*, 50 (2), 123-133.
- Geake, J. y Cooper, P. (2003). Cognitive neuroscience: Implications for education? *Westminster Studies in Education*, 26 (1), 7-20.
- Giedd, J. N. (2004). Structural magnetic resonance imaging of the adolescent brain. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 77-85.

- Gogtay, N., Giedd, J. N., Lusk, L., Hayashi, K. M., Greenstein, D. *et al.* (2004). Dynamic mapping of human cortical development during childhood through early adulthood. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 101, 8174-8179.
- Goswami, U. (2004). Neuroscience and education. *British Journal of Educational Psychology*, 74, 1-14.
- Goswami, U. (2006). Neuroscience and education: From research to practice? *Nature Reviews Neuroscience*, 7, 406-413.
- Greenleaf, R. K. (1999). It's never too late! What neuroscience has to offer high schools. *National Association of Secondary School Principals. NASSP Bulletin*, 83 (608), 81-89.
- Greenough, W. y Black, J. (1992). Induction of brain structure by experience: Substrate for cognitive development. En Gunnar, M. R. y Nelson, C. A. (eds.). *Minnesota symposia on child psychology 24: Developmental behavioral neuroscience* (pp. 155-200). Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum.
- Greenough, W.T., Black, J. y Wallace, C. S. (1987). Experience and Brain Development. *Child Development*, 58, 539-559.
- Gruart, A. (2014). The role of Neurosciences in Education... and viceversa. *International Journal of Educational Psychology*, 3 (1), 21-48.
- Grushka, K., Donnelly, D. y Clement, N. (2014). Digital Culture and neuroscience: A conversation with learning and curriculum. *Digital Culture & Education*, 6 (4), 358-373.
- Hall, J. (2005). *Neuroscience and Education, A review of the contribution of brain science to teaching and learning*. University of Glasgow: SCRE Research Report 121.
- Hawkey, L. C. y Cacioppo, J. (2010). Loneliness matters: A theoretical and empirical review of consequences and mechanisms. *Annals of Behavioral Medicine*, 40 (2), 218-227.
- Heatherley, S. V., Hancock, K. M. F. y Rogers, P. J. (2006). Psychostimulant and other effects of caffeine in 9- to 11-year-old children. *Journal of Child Psychology and Psychiatry*, 47 (2), 135-142.
- Hillman, C. H., Erickson, K. L. y Kramer, A. F. (2008). Be smart, exercise your heart: Exercise effects on brain and cognition. *Nature Reviews Neuroscience*, 9, 58-65.
- Howard-Jones, P. (2010). *Introducing neuroeducational research. Neuroscience, education and the brain from contexts to practice*. New York: Routledge.
- Hruby, G. (2012). Three requirements for justifying an educational neuroscience. *British Journal of Educational Psychology*, 82, 1-23.
- Husserl, E. (2002). *Renovación del hombre y de la cultura*. Barcelona: Anthropos Editorial.
- Jeannerod, M. (2006). *Motor cognition: What actions tell the self*. Oxford: Oxford University Press.
- Jensen, E. (2000). Brain-based learning: A reality check. *Educational Leadership*, 57 (7), 76-80.
- Jolles, J., De Groot, R., van Benthem, J., Dekkers, H., De Glopper, C., Uijlings, H. y Wolff-Albers, A. (2006). *Brain lessons; A contribution to the international debate on brain, learning & education*. Maastricht: Neuropsych Publishers.

- Koch, K. R., Timmerman, L., Peiffer, A. M. y Laurienti, P. J. (2013). Converge of two independent roads leads to collaboration between education and neuroscience. *Psychology in the Schools*, 50, 577-588.
- Koizumi, H. (2003). Science of Learning and Education: An Approach with Brain-function Imaging. *No To Hattatsu*, 35 (2), 126-129.
- Kolb, B. y Whishaw, I. Q. (2008). *Fundamentals of human neuropsychology*. New York: Worth Publishers.
- Lalueza, J. L., Crespo, I. y Camps, S. (2008). Las tecnologías de la información y la comunicación y los procesos de desarrollo y socialización. En Coll, S. y Monereo, C. (coords.) (2008). *Psicología de la educación virtual: aprender y enseñar con las tecnologías de la información y la comunicación* (pp. 54-73). Madrid: Morata.
- Lindell, A. K. y Kidd, E. (2011). Why right-brain teaching is half-witted: A critique of the misapplication of neuroscience to education. *Mind, Brain, and Education*, 5, 121-127.
- López, F. (2012). Entrevista al profesor D. Joaquín Fuster. *Participación educativa*, 1, 29-32.
- Lynch, G., Palmer, L. C. y Gall, C. M. (2011). The likelihood, of cognitive enhancement. *Pharmacology, Biochemistry and Behavior*, 99, 116-129.
- Macrory, E., De Brito, S. A. y Viding, E. (2010). Research review: The neurobiology and genetics of maltreatment and adversity. *Journal of Child Psychology and Psychiatry*, 51 (10), 1079-1095.
- Marina, J. A. (2012). El diálogo entre neurociencia y educación. *Participación educativa*, 1, 7-14.
- Martí, A. y Darbra, S. (2006). *Genètica del Comportament*. Barcelona: Servei de publicacions de la Universitat Autònoma de Barcelona.
- Martínez Cari, D. (2012). *El yo y la máquina: cerebro, mente e inteligencia artificial*. Madrid: Palabra.
- Mora, F. y Sanguinetti, A. M. (1994). *Diccionario de Neurociencias*. Madrid: Alianza Editorial.
- Moraes, M. C. y De la Torre, S. (2002). Sentipensar bajo la autopoietica o cómo reencantar creativamente la educación. *Creatividad y sociedad. Revista de la Asociación para la Creatividad*, 2, 41-56.
- Morgado, I. (2012). Claves neurocientíficas de la enseñanza y el aprendizaje. *Participación educativa*, 1, 15-19.
- Nelson, C. (1999). Neural Plasticity and Human Development. *American Psychological Society*, 8 (2), 42-47.
- OCDE (2007). *La comprensión del cerebro. El nacimiento de una ciencia del aprendizaje*. Santiago: Ediciones Universidad Católica Silva Henríquez.
- OECD (2002). *Understanding the brain: Towards a new learning science*. Paris: Organization for Economic Cooperation and Development.
- Ortega y Gasset, J. (1998). La barbarie del "especialismo". En Gardner, M. (coord). *Los grandes ensayos de la ciencia* (pp. 91-96). México: Nueva Imagen.

- Pasquinelli, E. (2012). Neuromyths: Why do they exist and persist? *Mind, Brain, and Education*, 6, 89-96.
- Paus, L. (2005). Mapping brain maturation and cognitive development during adolescence. *Trends in Cognitive Sciences*, 9, 60-68.
- Pickering, S. J. y Howard-Jones, P. (2007). Educators' views on the role of neuroscience in education: Findings from a study of UK and international perspectives. *Mind, Brain, and Education*, 1 (3), 109-113.
- Purdy, N. y Morrison, H. (2009). Cognitive neuroscience and education: unravelling the confusion. *Oxford Review of Education*, 35 (1), 99-109.
- Rodríguez, F. (2009). Educación y neurociencia. *Psicología Educativa*, 15 (1), 27-38.
- Rutter, M. (2012). Discussion Paper Gene-environment interdependence. *European Journal of Developmental Psychology*, 9 (4), 391-412.
- Sabatella, M. L. P. (1999). Intelligence and Giftedness: Changes in the structure of the brain. *Gifted Education International*, 13, 226-237.
- Samuels, B. M. (2009). Can the differences between Education and Neuroscience be overcome by Mind, Brain, and Education? *Mind, Brain and Education*, 3 (1), 45-55.
- Small, G. (2009). *El cerebro digital. Cómo las nuevas tecnologías están cambiando nuestra mente*. Barcelona: Urano.
- Steinberg, L. (2005). Cognitive and affective development in adolescence. *Trends in Cognitive Science*, 9, 69-74.
- Sweller, J. y Sweller, S. (2006). Natural information processing systems. *Evolutionary Psychology*, 4, 434-458.
- Tardif, E. y Doudin, P. A. (2011). Neurosciences cognitives et education: Le debut d'une collaboration. *Revue des HEP de Suisse Romande et du Tessin*, 12, 99-120.
- Tardif, E., Doudin, P. A. y Meylan, N. (2015). Neuromyths among Teacher and Student Teachers. *Mind, Brain and Education*, 9, (1), 50-59.
- Varma, S., McCandliss, B. D. y Schwartz, D. L. (2008). Scientific and pragmatic challenges for bridging education and neuroscience. *Educational Researcher*, 37 (3), 140-152.
- Willingham, D. T. (2009). Three problems in the marriage of neuroscience and education. *Cortex*, 45, 544-545.
- Willis, J. (2010). The current impact of neuroscience on teaching and learning. En De Sousa, R. (ed.). *Mind, brain, and education: Neuroscience implications for the classroom* (pp. 45- 66). Bloomington: Solution Tree.
- Wolfe, P. y Brandt, R. (1998). What do we know from Brain research? *Educational Leadership*, 56 (3), 8-13.
- Zuluaga, J. A. (2009). *Neurociencias y educación*. Foro Mundial de Grupos de trabajo por la Primera Infancia, Sociedad Civil-Estado, Cali, Colombia.