

# Neuroeducación

Una propuesta educativa en el aula de clase

Humberto **Caicedo** López



Educación



# Neuroeducación

Una propuesta educativa en el aula de clase

Humberto **Caicedo** López



Bogotá - México, DF

Caicedo López, Humberto

Neuroeducación, una propuesta educativa en el aula de clase / Humberto Caicedo López. -- Bogotá: Ediciones de la U, 1a.ed. 2016

p. ; 240 cm.

ISBN 978-958-762-615-5

e-ISBN 978-958-762-616-2

1. Neuroeducación 2. Fisiología del cerebro 3. Inteligencias múltiples 4. Neurociencia  
5. Aprendizaje 6. Educación I. Tít.  
300 cd 24 ed.

Área: Educación

Primera edición: Bogotá, Colombia, octubre de 2016

ISBN 978-958-762-615-5

© Humberto Caicedo López

E-mail: hcaicedol@yahoo.es - hcaicedol40@gmail.com

(Foros de discusión, blog del libro y materiales complementarios del autor en [www.edicionesdelau.com](http://www.edicionesdelau.com))

© Ediciones de la U - Carrera 27 #27-83 - Tel. (+57-1) 3203510 - 3203499

[www.edicionesdelau.com](http://www.edicionesdelau.com) - E-mail: [editor@edicionesdelau.com](mailto:editor@edicionesdelau.com)

Bogotá, Colombia

**Ediciones de la U** es una empresa editorial que, con una visión moderna y estratégica de las tecnologías, desarrolla, promueve, distribuye y comercializa contenidos, herramientas de formación, libros técnicos y profesionales, e-books, e-learning o aprendizaje en línea, realizados por autores con amplia experiencia en las diferentes áreas profesionales e investigativas, para brindar a nuestros usuarios soluciones útiles y prácticas que contribuyan al dominio de sus campos de trabajo y a su mejor desempeño en un mundo global, cambiante y cada vez más competitivo.

Coordinación editorial: Adriana Gutiérrez M.

Carátula: Ediciones de la U

Impresión: Xpress Estudio Gráfico y Digital S.A.

Carrera 69H #77-40, Pbx. (57+1) 6020808

*Impreso y hecho en Colombia*

*Printed and made in Colombia*

No está permitida la reproducción total o parcial de este libro, ni su tratamiento informático, ni la transmisión de ninguna forma o por cualquier medio, ya sea electrónico, mecánico, por fotocopia, por registro y otros medios, sin el permiso previo y por escrito de los titulares del Copyright.



## Apreciad@ cliente:

Es gratificante poner en sus manos estas obras, por esta razón le invitamos a que se registre en nuestra web:

**[www.edicionesdelau.com](http://www.edicionesdelau.com)** y obtenga beneficios adicionales como:

- Complementos digitales de las obras
- Actualizaciones de las publicaciones
- Interactuar con los autores a través del blog
- Información de nuevas publicaciones de su interés
- Noticias y eventos



Complemento  
en WEB

Adquiere nuestras publicaciones en formato e-book



Visítanos en:

**[www.edicionesdelau.com](http://www.edicionesdelau.com)**

### Sus pedidos a:

Carrera 27 # 27-43 • Barrio Teusaquillo

PBX. (57-1) 3203510 • (57-1) 3203499 • Móvil: 310 - 6256033

[comercial@edicionesdelau.com](mailto:comercial@edicionesdelau.com) - [gerencia@edicionesdelau.com](mailto:gerencia@edicionesdelau.com)

Bogotá - Colombia

Av. Coyoacán 1812 A. Acacias Benito Juárez C.P. 03240

PBX. (52) 55-63051703 • Cel. 044 5544439418

[janethcr@gruporamadelau.com](mailto:janethcr@gruporamadelau.com)

México D. F. - México

## Contenido

Introducción.....	11
<b>Parte I. Los aportes de la neurociencia y de ciencias afines a la teoría neuroeducativa.....</b>	<b>15</b>
Una introducción necesaria.....	17
Aportes de la Neurociencia a la Educación.....	20
Retos y oportunidades .....	22
Los neuromitos .....	24
Capítulo 1. El aprendizaje desde la perspectiva de la neurociencia .....	29
Cómo aprende el cerebro.....	30
El cerebro, un órgano social .....	34
Capacidad cerebral y habilidades cognitivas.....	36
Capítulo 2. Aprendizaje durante el ciclo vital .....	39
El aprendizaje en la infancia .....	39
El aprendizaje adolescente .....	41
El aprendizaje adulto .....	48
Hacia una propuesta educativa basada en el cerebro .....	53
<b>Parte II. Aspectos del funcionamiento cerebral con implicaciones educativas.....</b>	<b>55</b>
Capítulo 3. La neuroplasticidad y la educación.....	59
Factores que afectan la neuroplasticidad.....	60
La Neuroplasticidad y la Educación.....	61
La Neuroplasticidad en el aula. Cómo mejorarla .....	65

Capítulo 4. Las emociones y la educación.....	69
Emociones y sentimientos .....	71
Clasificación de las emociones.....	73
Las emociones y el aprendizaje .....	74
Emociones frecuentes en el aula. Características .....	77
La inclusión de las emociones en la enseñanza.....	79
Capítulo 5. El estrés en la escuela y sus efectos en el aprendizaje .....	83
La respuesta estrés. Características y efectos.....	85
Estructuras cerebrales del estrés .....	87
Factores desencadenantes del estrés. Categorías de estrés.....	88
Los niveles de estrés y sus consecuencias.....	89
Los trastornos del estrés crónico .....	90
Estrés crónico en los profesores: burnout .....	91
Estrés y aprendizaje escolar .....	93
Factores estresantes en la escuela. Efectos.....	95
Pobreza, estrés y aprendizaje.....	97
Capítulo 6. Movimiento, ejercicio y cognición.....	99
Evidencias sobre la conexión movimiento-cognición.....	100
El movimiento y el aprendizaje .....	102
Movimiento en clase. Resultados .....	105
La incorporación del movimiento en el aula de clase.....	107
Los propósitos del movimiento en la escuela.....	108
Capítulo 7. Las funciones ejecutivas y el aprendizaje escolar .....	111
Las funciones ejecutivas y la educación .....	112
El desarrollo de las funciones ejecutivas y el desempeño escolar .....	113
Estrategias para el desarrollo y uso de las funciones ejecutivas en el aula..	114
La metacognición, una habilidad ejecutiva importante en la escuela .....	116
<b>Parte III. El aprendizaje en el aula desde la perspectiva de la neuroeducación.....</b>	<b>119</b>
Capítulo 8. El aprendizaje y la memorización en el aula .....	123
Filtros de selección de la información .....	123
La información sensorial se transforma en pensamiento y memoria .....	125

La formación de la memoria y la memorización.....	126
La memoria humana.....	126
Modelo de la formación de memoria .....	127
Procesos de memorización.....	131
 Capítulo 9. Capacidades y recursos cognitivos disponibles para aprender en el aula .....	 135
La capacidad de aprender del infante .....	136
Teorías y modelos sobre las formas de aprender mejor y más eficiente.....	138
La Teoría de las Inteligencias Múltiples de Gardner.....	138
Aspectos claves de la TIM para considerar en el aula de clase.....	141
El modelo de los estilos de aprendizaje .....	144
La integración de estilos de aprendizaje e inteligencias múltiples en el aula .....	146
 Capítulo 10. El aprendizaje del lenguaje, la lectura y la escritura .....	 151
El lenguaje y el aprendizaje escolar .....	152
El aprendizaje de la lectura.....	155
Sistemas de lectura.....	157
Rutas y circuitos neurales de lectura.....	159
Métodos de lectura compatibles.....	160
Estrategias de lectura complementarias .....	161
Dificultades de lectura en la escuela.....	162
Aprender a escribir .....	164
La enseñanza de la escritura .....	165
La construcción de habilidades para la lectura y la escritura.....	166
 Capítulo 11. El aprendizaje de las matemáticas y las artes en la escuela.....	 169
Aprender matemáticas.....	169
Circuitos neurales de procesamiento de la información matemática .....	171
Modelo de codificación de la información matemática.....	172
El aprendizaje de la aritmética básica.....	174
El desarrollo de competencias matemáticas básicas en el aula.....	176
Dificultades de la educación matemática .....	179
Las TIC en la educación matemática .....	181
El aprendizaje de las artes y la educación .....	183
Aportes de las artes a la educación .....	184
La integración del arte en el currículo .....	185

<b>Parte IV. La neuroeducación: modelos pedagógicos de enseñanza y de instrucción.....</b>	<b>187</b>
Capítulo 12. Los modelos de enseñanza .....	189
La enseñanza y el cerebro humano.....	190
Los principios de aprendizaje basados en el cerebro .....	192
Elementos y estrategias de instrucción.....	194
La enseñanza basada en el cerebro.....	197
Fases y etapas del modelo .....	197
Modelo de enseñanza centrado en el cerebro.....	199
Fases del desarrollo del modelo .....	199
El modelo de enseñanza según la ciencia de la mente, cerebro y educación	202
Fundamento conceptual .....	203
Guías instruccionales .....	204
Capítulo 13. Neuroeducación .....	207
Modelos de instrucción compatibles.....	207
Modelo de aprendizaje cooperativo .....	208
La definición.....	208
Tipos de aprendizaje cooperativo.....	209
Elementos básicos del aprendizaje cooperativo .....	211
Modelo de aprendizaje basado en proyectos.....	212
La definición.....	213
Características de un proyecto escolar .....	213
Planeación del proyecto de aprendizaje .....	215
El modelo de instrucción temática .....	217
Definición y ventajas del modelo.....	218
Planeación de la instrucción temática.....	219
El papel del profesor .....	220
Referencias bibliográficas.....	223
Glosario.....	229



## Introducción

La publicación de mi libro *Neuroaprendizaje. Una propuesta educativa en el aula de clase* tuvo como principal propósito dar a conocer a la comunidad educativa, profesores, administradores educativos y padres de familia, la emergencia de una nueva propuesta educativa, con posibilidades reales de convertirse en un nuevo paradigma basado en evidencias científicas y en los hallazgos de la investigación neurocientífica y ciencias afines. Lo que ahora se presenta a la consideración de la misma comunidad no es solo la confirmación de los principios y supuestos teóricos que sustentan la propuesta, ahora más consolidados con nuevos desarrollos científicos y evidencias empíricas; se trata, principalmente, de mostrar cómo estos hallazgos y principios, aplicados apropiadamente, pueden convertirse en herramientas valiosas para la conducción de los procesos de enseñanza y de aprendizaje en el aula de clase.

En los últimos años, especialmente en la última década, se ha concretado la idea del trabajo conjunto entre investigadores y educadores para hacer efectiva la transferencia de conocimientos entre disciplinas de diferente naturaleza, como son la neurociencia y la educación, una ciencia social. Estas diferencias, sin embargo, no han sido un obstáculo; por el contrario, se ha propuesto utilizarlas más como una oportunidad para establecer diálogos provechosos en los que unos y otros aportan sus resultados y se establecen conexiones útiles para orientar las investigaciones en lo que es más pertinente y de mayor aplicación en el ámbito escolar. Con este propósito, aparecen cada vez más grupos de trabajo de composición mixta que se originan, principalmente, en instituciones académicas de reconocido prestigio que ya comienzan a presentar modelos y propuestas sustentadas en los resultados derivados de sus estudios e investigaciones conjuntas. Las ideas e interpretaciones que se presentan en el libro se nutren precisamente de estos aportes nuevos, así como de los principios y modelos educativos ya consolidados que, en conjunto, constituyen los fundamentos de la teoría neuroeducativa.

La organización de los contenidos del libro se divide en cuatro partes, cada una con propósitos y objetivos bien definidos y, aunque se constituyen en unidades temáticas autónomas por su contenido y desarrollo conceptual, entre ellas se establecen las necesarias conexiones que le dan continuidad a la lectura del libro. Así mismo, la presentación de los contenidos a través de las unidades se hace partiendo desde lo más conceptual hasta los aspectos más concretos y de aplicación de procedimientos y estrategias en el aula de clase. De esta manera, los modelos de enseñanza e instrucción y las estrategias pedagógicas que se sugieren no se convierten en procesos rutinarios, sino en auténticos proyectos pedagógicos con capacidad de adaptarse a las diversas situaciones que se presentan en el ambiente escolar y en el aula de clase, sustentados en los principios y evidencias científicas.

La primera parte pretende hacer una revisión sobre lo que hoy se entiende por neuroeducación, los principales aportes que hace la neurociencia a la educación y se discute, con base en estudios rigurosos, las posibilidades reales de establecer conexiones entre la educación y la neurociencia y ciencias afines, así como las limitaciones que se deben tener en cuenta en la construcción de la nueva ciencia: la neuroeducación. En capítulos aparte, se retoman las concepciones sobre la forma como el cerebro aprende, basadas en los aportes de la neurociencia y las diferentes expresiones de este aprendizaje en las etapas del ciclo vital, infancia, adolescencia y adultez. Se introducen las recientes interpretaciones sobre el cerebro y el aprendizaje adolescente, que se apartan de la idea de la adolescencia como una etapa de desarrollo "en progreso", inacabada, de inmadurez, para identificarla como una etapa altamente sensible y adaptable, perfectamente conectada neuralmente para la transición desde la seguridad del hogar a un mundo externo más complicado.

La segunda parte se ocupa de ciertos aspectos y características del funcionamiento cerebral que tienen profundas implicaciones en la educación, en la forma como afecta el aprendizaje de los niños en su comportamiento y desempeño escolar. Se destacan características del funcionamiento cerebral que se expresan en propiedades como la neuroplasticidad, cambios y alteraciones funcionales de carácter adaptativo que ocurren en el cerebro como respuesta a la experiencia y a la acción de factores ambientales, para el funcionamiento óptimo del organismo, que se traducen en cambios en el comportamiento, en la capacidad de aprendizaje y en los procesos de adaptación.

Se consideran también los efectos en la cognición y, por consiguiente, en el desempeño escolar de las emociones y del estrés, dos sistemas innatos de alerta que posee el cerebro para enfrentar peligros y amenazas reales o potenciales en forma inconsciente y automática. Las emociones y el estrés tienen

manifestaciones muy características en la vida escolar. Por tanto, se considera muy importante la descripción de los efectos sobre el aprendizaje y sobre el desempeño escolar, así como las formas más apropiadas de incorporarlos positivamente en las actividades del aula y en la construcción de conocimiento. Son variables que están presentes irremediablemente en el proceso educativo y que no se pueden ignorar.

La relación movimiento-cerebro-cognición está plenamente establecida por la investigación y se conocen los efectos benéficos del movimiento y del ejercicio en el desarrollo del cerebro, en la capacidad intelectual, en el aprendizaje y en el comportamiento y actitud de los estudiantes. Se hace una revisión amplia del tema, en donde se recogen las ideas ya establecidas, ahora confirmadas con evidencias científicas, se refieren resultados y narrativas que dan cuenta y describen los métodos que actualmente se utilizan para incorporar el movimiento y el ejercicio en el aula de clase y los propósitos que debe tener la incorporación del movimiento en la perspectiva del aprendizaje compatible con el funcionamiento del cerebro.

Se consideró necesario revisar el papel de las funciones ejecutivas del cerebro en la cognición. Desde el punto de vista educativo, se reconoce el papel que juegan en los procesos de aprendizaje escolar, la forma como estas funciones se desarrollan y van madurando a la par con el desarrollo individual, la forma como puede contribuir la escuela en su consolidación para hacerlas más efectivas cuando se usan y se integran en las actividades de enseñanza y aprendizaje en el aula de clase. Se destaca la metacognición, una habilidad ejecutiva que permite monitorear la forma como pensamos y aprendemos, que se considera clave en el aprendizaje exitoso de los contenidos curriculares en todos los niveles de la escolaridad.

La tercera parte vuelve sobre los procesos de aprendizaje y de memorización, pero esta vez con referencia más cercana a lo que sucede en el contexto de la escuela y el aula de clase. Se describen los mecanismos de selección de la información mediante los cuales el cerebro prioriza lo que debe ser procesado y aprendido, por la pertinencia e importancia personal y si es fundamental para la supervivencia y bienestar personal. Conocer cómo esto funciona advierte sobre la necesidad de diseñar ambientes y estrategias apropiadas para el aprendizaje y la memorización, dos procesos que, siendo diferentes en su procesamiento, son absolutamente interdependientes.

No menos importante es conocer las capacidades y recursos cognitivos con que cuentan los infantes y escolares desde temprana edad y la forma como se desarrollan y maduran desde el nacimiento a la adultez. Se destaca lo que

hoy se sabe sobre la cognición infantil, las habilidades cognitivas que ya posee y que son necesarias para la transición a la vida escolar formal, las diferentes formas en que el niño aprende de manera más eficiente, las fortalezas y formas preferidas de afrontar las tareas de aprendizaje que se pueden observar en el aula de clase, expresadas en aproximaciones teóricas conocidas, inteligencias múltiples y estilos cognitivos.

Por otra parte, los aportes de la neurociencia han revelado que ciertos aprendizajes, como el del lenguaje, la lectura, la escritura, las matemáticas e inclusive las artes, tienen formas específicas de procesamiento de la información y, por consiguiente, rutas neurales propias en el proceso de aprendizaje particular de cada una de ellas. Conocer la forma como operan y se desarrollan durante el período escolar y la forma más eficiente de utilizar estos canales de procesamiento de información es clave para identificar estrategias de enseñanza que correspondan con su naturaleza.

En la última parte, se presentan los modelos de enseñanza y de instrucción que se han venido diseñando o adaptando para hacer real y efectiva la transferencia del conocimiento acumulado sobre el funcionamiento del cerebro y sus implicaciones en la educación a los procesos pedagógicos y didácticos que tienen lugar en el aula de clase. Los modelos de enseñanza tienen fundamento en los aportes de la investigación y en la teoría y práctica educativa. Se sustentan en los supuestos teóricos derivados de la investigación y en las evidencias empíricas como resultado de la aplicación de estos en situaciones reales del aula de clase.

Aunque no parece que exista una metodología de instrucción única, sí existen opciones instruccionales que, por su naturaleza y estructura, contienen elementos que se pueden identificar como parte de los principios que le dan sustento a la teoría neuroeducativa y que pueden ser fácilmente adaptables y convertirse en modelos compatibles con la teoría. La idea es informar a los profesores sobre las diferentes posibilidades que se tienen para incorporar los conocimientos actuales sobre el funcionamiento del cerebro y sus implicaciones en la educación en los procesos pedagógicos y didácticos y, además, informar sobre la forma como se está construyendo y se puede contribuir a la construcción del conocimiento educativo en la perspectiva de la neuroeducación.

# **Parte I**

## **Los aportes de la neurociencia y de ciencias afines a la teoría neuroeducativa**

## Una introducción necesaria

La Neuroeducación es una disciplina en construcción que se propone combinar los aportes de diferentes campos disciplinares, entre los cuales se destacan los de la Neurociencia, la Psicología, la Ciencia Cognitiva y la Educación. Se centra en la comprensión de cómo aprendemos y cómo esta información se puede usar para desarrollar métodos de enseñanza más efectivos, para guiar las propuestas de nuevos currículos y la generación de políticas educativas basadas en evidencias derivadas de los resultados de la investigación en esas áreas.

En efecto, en los últimos veinte años, se ha estado gestando y consolidando la idea de una propuesta educativa que tiene como ejes centrales los resultados de la investigación neurocientífica y ciencias relacionadas en lo referente al desarrollo del cerebro y su funcionamiento, aspectos en los que se ha avanzado cualitativa y cuantitativamente de forma sorprendente y que han permitido disponer de explicaciones más apropiadas sobre cómo evolucionan y ocurren los procesos cognitivos básicos naturales y de nivel superior, la expresión del desarrollo emocional y, en general, cómo estos aspectos afectan y explican el desempeño y el comportamiento humano.

Paralelamente, otras ciencias afines, como la psicología del desarrollo, la psicología cognitiva, entre otras, que han sustentado por largo tiempo proyectos educativos importantes y todavía son la base de muchos de ellos, adquieren nueva presencia y, junto con otras disciplinas de evolución reciente como la neurociencia cognitiva, la neurogenética, la neurobiología del desarrollo por solo citar algunas, se constituyen en una fuente valiosísima con la que es posible comprender mejor los procesos de aprendizaje, los de memorización y la forma como actúa y se adapta el ser humano en relación con su entorno y ambientes que lo afectan, el escolar por ejemplo. Con todo este conocimiento disponible que hoy circula ampliamente, la nueva propuesta educativa parece avanzar con paso seguro; no obstante, existen voces en contrario, algunas con aportes muy importantes y otras que solo revelan que siguen atados a ideas tradicionales y no están dispuestos a considerar otras aproximaciones. Es lo que ocurre cuando se trata de construir y validar nuevos conocimientos y establecer nuevos paradigmas.

El concepto de Neuroeducación también se conoce como Aprendizaje Basado en el Cerebro, Educación Compatible con el Funcionamiento del Cerebro y, con alguna frecuencia, también se denomina Neuroaprendizaje. Con este título, Neuroaprendizaje, se ha publicado un libro (Caicedo, 2012) en el que se hace una descripción amplia de los fundamentos de la propuesta educativa, sus orígenes, los hallazgos de la neurociencia que se reconocen como potencialmente aplicables a la educación en los procesos de enseñanza y de aprendizaje, los principios seleccionados por neurocientíficos y educadores que pueden constituirse en base de un nuevo paradigma educativo.

Algunos reconocen la iniciación oficial del movimiento de la educación basada en el cerebro en las ideas expuestas por Hart (1983), quien sugiere volver a las evidencias de la investigación del cerebro en vez de sustentar la actividad educativa únicamente sobre lo psicológico y sociológico. Un escrito inspirador de estas nuevas ideas fue el publicado por los profesores Caine (1991), quienes recogieron importantes hallazgos sobre el cerebro, su desarrollo y funcionamiento y, lo más valioso, en él se avizoran las posibilidades de aplicar los resultados de la investigación neurocientífica para mejorar los procesos de aprendizaje y de enseñanza. El impulso definitivo a estas ideas se considera que se dio a través de proyectos claves como el denominado "La Década del Cerebro", la última década del siglo pasado, auspiciada por el gobierno de los Estados Unidos, el proyecto transnacional "Learning Sciences and Brain Research" patrocinado por la Organización para la Cooperación y Desarrollo Económico (OCDE) y el programa desarrollado simultáneamente en el Reino Unido, el TLRP (Teaching and Learning Research Programme), en el que una de las actividades fue la de indagar sobre las implicaciones de los avances de la neurociencia aplicables a la educación, influenciado por los resultados de la investigación reciente sobre el cerebro y la percepción de sus neurocientíficos de que la educación podría beneficiarse de tales hallazgos.

La Década del Cerebro, aunque no tenía propósitos relacionados con la educación, pues estuvo orientada a proveer evidencias sobre los problemas neurológicos que afectan a la sociedad contemporánea, sus resultados sobre diversos aspectos del cerebro humano, su desarrollo y funcionamiento y el uso de nuevas tecnologías para su investigación desencadenaron interés prioritario sobre la investigación neurocientífica y dieron origen a muchos proyectos de interés médico y terapéutico y, paralelamente, a proyectos interesados en el mejoramiento de la educación desde esa otra perspectiva. Sobre lo primero existe amplia información en publicaciones especializadas y sobre lo segundo, a continuación haremos referencia a proyectos que se considera han contribuido de forma importante a la reflexión sobre las implicaciones de los hallazgos de la neurociencia en la educación y a la consolidación de una propuesta educativa.

El proyecto sobre las ciencias del aprendizaje impulsado por la OECD desde un principio tuvo propósitos educativos y pretendía no solo establecer relaciones entre las ciencias del aprendizaje y la investigación del cerebro, sino poner en contacto a investigadores, educadores y responsables de establecer currículos en los países miembros para establecer un proyecto educativo que condujera al mejoramiento de las prácticas pedagógicas en los centros educativos.

Para tal fin, convocó a prominentes neurocientíficos, investigadores en ciencias relacionadas con la educación, a destacados educadores y pensadores de la educación, quienes compartieron sus logros, resultados y conclusiones. La convocatoria se concretó en tres foros internacionales sobre el aprendizaje temprano, el aprendizaje juvenil o adolescente y el aprendizaje adulto, los cuales a su vez fueron complementados en una segunda etapa con la creación de redes y simposios con agendas específicas. Informes sobre los resultados y conclusiones han sido ampliamente divulgados en documentos parciales y globales (OECD-CERI, 2007), documentos que contienen información valiosa para los interesados en comprender las nuevas propuestas educativas basadas en el funcionamiento del cerebro.

Desde entonces, se han organizado y desarrollado numerosos programas de investigación, programas de formación y publicaciones periódicas con el propósito de promover acciones, divulgar resultados para confirmar la idea de que una educación basada en el funcionamiento del cerebro puede mejorar significativamente la práctica educativa. La literatura destaca programas de maestría y doctorado en el área ofrecidos por prestigiosas universidades. El profesor Kurt Fischer de la Universidad de Harvard promueve la utilización de conocimientos para llenar el vacío que existe entre los resultados de la investigación y la práctica educativa a través de la combinación de estudios de las ciencias biológicas y neurociencia con los de las ciencias cognitivas y de la pedagogía, que se concreta con el ofrecimiento de maestrías y doctorados interdisciplinarios en "Mind, Brain and Education" (MBE) para educadores y neurocientíficos. La profesora Mary Brabeck (2008) de la Universidad de Nueva York, así mismo, cree en la necesidad de trabajos conjuntos entre educadores y neurocientíficos si se trata de obtener resultados efectivos en educación, pues *"los educadores deben sacar de los laboratorios los resultados útiles a la educación y los investigadores deben disponer resultados que sean pertinentes para mejorar la enseñanza"*. Como estas instituciones, muchas otras, dentro de ellas la Universidad de Cambridge, John Hopkins University, a través de sus departamentos y Facultades de Educación, han impulsado importantes iniciativas tendientes a incentivar desarrollos profesionales e investigación en el área y, así mismo, la promoción de la comunicación de los resultados educativos efectivos entre la comunidad académica. Adicionalmente, en Japón, bajo la



dirección del profesor Hirokazu Tanaka, se desarrolla un programa sobre Mente, Cerebro y Educación (MBE); en China, la East Normal University de Shangai, y en diversos países de la Unión Europea se desarrollan programas de investigación centrados en el cerebro, el aprendizaje y la educación. Es evidente el interés creciente sobre el tema que sin duda puede ofrecer extraordinarias oportunidades para la colaboración internacional, lo cual demuestra la importancia que la comunidad científica y educativa le asignan a estas nuevas ideas. No obstante que la Neuroeducación es una disciplina de reciente aparición y, por lo tanto, su estatus como disciplina investigativa está en sus etapas iniciales, a esta se le reconoce como gestora de nuevos caminos para pensar la educación, para establecer diálogos provechosos entre investigadores, educadores y padres de familia hacia el desarrollo de un lenguaje común que permita la creación de una nueva comunidad con sus propias tradiciones, tecnologías y conceptos sobre el aprendizaje y la educación.

## **Aportes de la Neurociencia a la Educación**

Sobre los aportes de la neurociencia a la educación, Carew y Magsamen (2010) imaginan los efectos que tendrían sus hallazgos cuando algunos de ellos se aplicaran a la educación y a los procesos de enseñanza y aprendizaje: los efectos que tiene el conocimiento y la promoción del aprendizaje multisensorial; la disposición de ambientes enriquecidos sobre el desarrollo del cerebro sobre todo en edades tempranas; la comprensión del papel de las funciones ejecutivas en la cognición y el comportamiento humano, la influencia que tienen en la capacidad del individuo para el juzgamiento social y el comportamiento ético; la incorporación en el aula de la comprensión de los factores biológicos del estrés y del sueño y sus efectos sobre las habilidades para aprender y recordar y tantas otras características del funcionamiento cerebral que ha revelado la investigación neurocientífica y que se ha demostrado pueden ser transferidos a aplicaciones prácticas en la escuela en un ambiente interdisciplinario en donde se tengan en cuenta las limitaciones y dificultades que aparecen cuando se intenta la transferencia de información entre dos disciplinas de diferente naturaleza como la neurociencia y la educación.



Otros hallazgos de la neurociencia sobre la influencia benéfica de la música en la cognición, del ejercicio físico y del movimiento corporal sobre la cognición y la salud mental son también conocimientos que rápidamente se incorporan en los proyectos educativos. Se reconoce que la práctica regular con instrumentos musicales no solo tiene efectos sobre el reconocimiento de sonidos, sino que, en gran medida, mejoran los niveles de atención y memoria, las habilidades verbales y no verbales en comparación con los no practicantes. En cuanto a la actividad física, confirma lo ya aceptado durante siglos sobre el efecto en la salud mental debido a que protege cierto tipo de neuronas, da lugar a la formación de nuevas neuronas (neurogénesis) y actúa en la recuperación y fortalecimiento de las neuronas y, por lo tanto, de la actividad neuronal. La conclusión obvia es que la promoción de actividades lúdicas escolares, la danza, recesos apropiados en la actividad académica son de gran importancia para el aprendizaje escolar.

Un grupo de trabajo auspiciado por la Royal Society (2011) sobre el papel de la educación en el mejoramiento del aprendizaje y el de la neurociencia en la comprensión de los procesos que intervienen en el aprendizaje concluye que la práctica educativa puede ser transformada por la ciencia así como la práctica médica se ha transformado a través de los siglos con la aplicación de los resultados y evidencias suministradas por la ciencia básica. Algunas de las conclusiones de este trabajo se pueden resumir así:

- Los resultados del aprendizaje no están determinados solo por el ambiente, los factores biológicos juegan un papel importante en las diferencias observadas en la habilidad para aprender entre individuos.

- La neurociencia ha demostrado que el aprendizaje de habilidades y destrezas cambian el cerebro, pero este cambio puede revertirse si las habilidades aprendidas no se practican. La expresión ya generalizada en relación con el funcionamiento del cerebro “úselo o piérdalo” es un principio importante del aprendizaje a lo largo de la vida.
- Las respuestas adaptativas y de resiliencia a fenómenos como el estrés y la adversidad se pueden construir mediante programas educativos y tienen efectos durante toda la vida. Así mismo, la adquisición de conocimiento de habilidades de autocontrol son de utilidad para aprendizajes futuros.
- Los hallazgos de la neurociencia permiten identificar especificidades de ciertas clases de dificultad de aprendizaje tales como la dislexia y la discalculia. Aunque no determina propiamente la forma como debe hacerse la intervención, sí sugiere la naturaleza del concepto y de la habilidad sobre la que se debe trabajar y la clase de actividad cognitiva que se necesita reforzar. Destaca el uso de tecnologías digitales para lograrlo, ya que tienen el potencial para crear más oportunidades de aprendizaje en o fuera de clase y durante toda la vida.
- Es preocupante la falta de información de alta calidad a los agentes educativos y la deficiencia de distribución masiva de la existente. Se requiere cautela frente a programas supuestamente basados en el funcionamiento del cerebro que, en realidad, no tienen reconocido sustento ni evidencia científica, algunos de ellos podrían incluirse dentro de los que se denominan neuromitos.

## **Retos y oportunidades**

A pesar del optimismo sobre las posibilidades reales de conexión entre la educación y la neurociencia a través de una nueva disciplina, la neuroeducación, existen preocupaciones y controversias que han sido abordadas por diferentes autores. Un análisis y revisión rigurosa de estas realizados por Varma (2008) ha llegado a conclusiones que aclaran el alcance que tienen y prefieren reinterpretarlas como retos y oportunidades para la nueva disciplina.

En primer lugar, deja en claro que la neurociencia no reemplaza a la educación, pues existen limitaciones sobre lo que esta ciencia puede decir acerca de los aspectos sociales y contextuales importantes para la educación y para el aprendizaje. Si así se entiende su papel, el empleo de los resultados y los mé-

todos de la neurociencia deberían considerarse como herramientas complementarias para la práctica educativa y, de esta manera, se puede ser optimista acerca del futuro de la neuroeducación. En estas condiciones, el nacimiento de la neuroeducación puede equipararse con la aparición de otras disciplinas (la neurociencia cognitiva, la neurociencia social, la neuropsicología, la neuroeconomía) y la de otras ciencias (la política y la sociología) que comienzan a interesarse sobre la posibilidad de utilizar los resultados de la investigación neurocientífica para inspirar nuevas explicaciones a los problemas que pretenden resolver.

Las preocupaciones se refieren a si dos disciplinas diferentes como la educación, una ciencia social, y la neurociencia pueden informarse y comunicarse apropiadamente una con otra. Distinguen dos aspectos: los científicos y los pragmáticos. Los científicos se relacionan con los métodos, el significado e interpretación de los datos, la disparidad de conceptos y las teorías que sustentan una y otra disciplina. Los aspectos pragmáticos se refieren más al tiempo, a los costos y al control de los resultados de una u otra disciplina y, además, sobre los usos inapropiados de estos resultados generalmente expresados en los denominados neuromitos, o extrapolaciones no válidas de los resultados de la neurociencia, como los casos muy conocidos de los períodos críticos de aprendizaje temprano y los efectos de los ambientes enriquecidos que han desembocado en la propuesta de programas comerciales sin sustento científico y de eficacia dudosa que, desafortunadamente, han acompañado el florecimiento de la nueva disciplina.

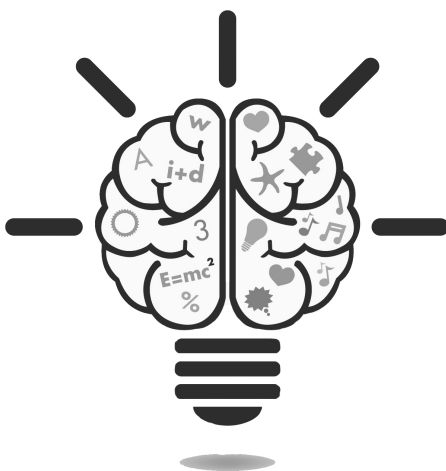
Estas preocupaciones, sin embargo, pueden considerarse como retos a la neuroeducación si se miran como oportunidades para la reinterpretación de los resultados de la investigación que incluyan nuevas variables de interés para la educación, como el contexto, que no se consideran en la investigación neurocientífica. De esta manera, la investigación educativa también puede informar a la neurociencia y a la neurociencia cognitiva para conducir las hacia investigaciones que incluyan el estudio de formas más complejas de cognición de mayor interés para la educación, más allá del estudio de formas simples de cognición tradicionales como la atención y la percepción.

La aparición de neuromitos en los programas educativos, si bien son indeseables, pueden interpretarse como la existencia de una legítima actitud hacia el razonamiento basado en los modelos de funcionamiento cerebral y lo que probablemente falte es información accesible a la comunidad educativa que advierta sobre los peligros de generalizar más allá de los límites que tienen los resultados de la neurociencia cuando se pretenden aplicar a contextos educativos. Ejemplos exitosos de trabajo conjunto entre los investigadores educati-

vos y los neurocientíficos son los estudios sobre la dislexia y la discalculia, en donde se ha avanzado en la aplicación práctica de sus resultados.

## Los neuromitos

El término neuromito o neuromitología se refiere a la forma rápida y simple como se transfieren ciertos resultados científicos, interpretados incorrectamente y apresuradamente como contribuciones de la Neurociencia a la Educación. Dentro de ellos: el mito Cerebro Izquierdo-Cerebro Derecho sobre la dominancia o especialización de los hemisferios cerebrales; el mito de los Períodos Críticos o disposición única del cerebro para ciertos aprendizajes y el de la Sinaptogénesis, períodos en los que supuestamente son más efectivas las intervenciones educativas.



**Mito Cerebro Izquierdo-Cerebro Derecho.** Se origina probablemente en la existencia de cierta especialización funcional, en la localización de diferentes habilidades y preferencias de procesamiento de información, como el procesamiento del lenguaje en el hemisferio izquierdo y el de la información visual y espacial en el derecho. El mito se expresa en la existencia de dos personalidades: la que se deriva del pensamiento del cerebro izquierdo y la originada en el cerebro derecho; cada individuo depende, predominantemente, de uno de los hemisferios con estilos cognitivos característicos, que permiten diferenciarlos como analíticos y racionales los que dependen del hemisferio izquierdo y como intuitivos y emocionales los que dependen del hemisferio derecho. Las escuelas de la sociedad occidental favorecen el pensamiento del hemisferio

izquierdo debido a la preferencia que se da a la enseñanza del lenguaje, la lectoescritura y las matemáticas, que requieren de procesamiento característico del pensamiento analítico, lógico e inductivo.

Conclusiones desde la neurociencia indican que no existe hasta ahora evidencia que permita dividir tan claramente al cerebro en dos mitades que operen funcionalmente separadas como suponen los mitos descritos y, por el contrario, sostienen que en un cerebro normal los hemisferios trabajan juntos coordinadamente, cualquiera que sea la tarea cognitiva en la que estén comprometidos.

**Mito de los Períodos Críticos.** Este mito aparece cuando se considera el período crítico como una etapa en la que, si no se aprovecha, se pierde para siempre la oportunidad de aprender ciertas habilidades. El hecho cierto es que no se ha observado en el ser humano la pérdida de capacidades cognitivas a edades tempranas por estas razones. Algunos procesos cognitivos complejos pueden perder cierta efectividad por falta de estímulos provenientes del entorno como los observados en los casos de la profundidad y percepción de la visión y en el aprendizaje gramatical del lenguaje, pero su aprendizaje pleno siempre es posible. Lo que se reconoce es la existencia de *períodos sensibles*, en donde ciertos tipos de aprendizaje se optimizan, por ejemplo, el aprendizaje de una lengua extranjera. No existen, por consiguiente, períodos críticos para el aprendizaje humano.

El origen del mito del período crítico aplicado al aprendizaje humano parece provenir de los experimentos muy conocidos realizados por Konrad Lorenz en relación con el comportamiento de polluelos recién salidos del cascarón que aprenden a seguir a objetos móviles, generalmente su madre, pero pueden seguir a cualquier otro objeto o persona en movimiento, en un período muy corto. Después de este, ya no cambian su comportamiento. Es el caso de un período crítico, que no se observa como se ha dicho en los humanos. Otra muy probable idea generadora del mito se atribuye a lo propuesto por Piaget sobre los períodos específicos de desarrollo cognitivo antes de los cuales no es posible ciertos aprendizajes, como el caso del sentido del número hoy revaluado por los trabajos de investigación reciente (Dehaene, 1997), pues los niños nacen con más capacidades cognitivas de lo que se pensó por largo tiempo.

**Mito de la Sinaptogénesis.** La sinaptogénesis corresponde a períodos normales de crecimiento y desarrollo en los que se crean gran número de sinapsis, que tiene su contraparte en el denominado período de poda sináptica, en el que se observa disminución de la densidad sináptica. Uno y otro período corresponden a un proceso normal y necesario para el crecimiento y desarrollo del ser humano. La lógica que sostiene el neuromito es la idea de que a mayor