

José Antonio Portellano Pérez

NEUROEDUCACIÓN Y FUNCIONES EJECUTIVAS



INDICE

Prólogo	7
I. Conocer el cerebro para mejorar el aprendizaje	11
1. Aprendizaje y neurociencia	13
1.1. La eclosión de las neurociencias.....	13
1.1.1. Nivel subcelular.....	15
1.1.2. Nivel celular.....	16
1.1.3. Nivel anatómico.....	16
1.2. Neuroeducación.....	17
1.2.1. Desmontando mitos sobre el cerebro.....	19
1.2.2. Propuestas para mejorar la enseñanza desde la neuroeducación.....	21
1.2.3. Se aprende mejor emocionándose.....	25
1.2.4. La figura del neuroeducador.....	26
1.2.5. Neuronas espejo y educación.....	27
1.3. Neurodidáctica.....	28
1.4. Neuropsicología.....	29
1.5. Neuroevangelizar al profesorado.....	32
2. El cerebro: centro logístico de la inteligencia y del aprendizaje escolar	33
2.1. La carretera paradójica.....	33
2.1.1. Principales características del cerebro.....	34
2.1.2. Cubiertas protectoras.....	34
2.1.3. Sustancia gris y sustancia blanca.....	35
2.1.4. Neuronas.....	35
2.1.5. Glías.....	37
2.1.6. Neurotransmisores.....	38
2.1.7. Sinapsis.....	40
2.1.8. Transmisión de estímulos.....	41
2.1.9. Muerte neuronal.....	43

2.1.10. Neurogénesis: nacimiento de nuevas neuronas.....	44
2.2. Desarrollo evolutivo del cerebro	47
2.2.1. Desarrollo cerebral prenatal.....	48
2.2.2. Desarrollo del cerebro a partir del nacimiento.....	51
2.3. Funciones cerebrales.....	53
2.3.1. Áreas primarias y asociativas.....	53
2.3.2. Lóbulo occipital.....	53
2.3.3. Lóbulo parietal.....	54
2.3.4. Lóbulo temporal.....	55
2.3.5. Lóbulo frontal.....	56
2.3.6. Otras áreas funcionales del encéfalo.....	58
2.4. Diferenciación hemisférica.....	60
2.5. Dimorfismo cerebral.....	62
2.6. Trastornos del neurodesarrollo.....	63
2.6.1. Trastornos prenatales.....	63
2.6.2. Trastornos a partir del nacimiento.....	64
2.7. Psicología positiva, cerebro y aprendizaje.....	69
2.8. Fortaleciendo el cerebro.....	71
2.8.1. Alimentos neuroprotectores.....	71
2.8.2. Fármacos para mejorar la cognición.....	71
2.8.3. La actividad física mejora el cerebro.....	72
3. La neuroplasticidad como mecanismo de transformación cerebral.....	73
3.1. Concepto de neuroplasticidad.....	73
3.2. Modalidades de neuroplasticidad.....	75
3.2.1. Neuroplasticidad evolutiva.....	75
3.2.2. Neuroplasticidad adquisitiva.....	76
3.2.3. Neuroplasticidad involutiva.....	81
3.2.4. Neuroplasticidad compensatoria.....	82
II. Funciones ejecutivas: la locomotora del aprendizaje.....	87
4. Concepto de funciones ejecutivas.....	89
4.1. Componentes cognitivos.....	91
4.1.1. Inhibición.....	92
4.1.2. Planificación.....	92
4.1.3. Actualización.....	93
4.1.4. Flexibilidad	93
4.1.5. Integración temporal.....	93
4.1.6. Toma de decisiones.....	94
4.1.7. Fluidez.....	94
4.1.8. Razonamiento.....	95

4.1.9. Memoria de trabajo.....	95
4.1.10. Inteligencia fluida.....	96
4.1.11. Atención	96
4.1.12. Memoria funcional.....	96
4.2. Componentes emocionales.....	97
4.2.1. Regulación emocional.....	97
4.2.2. Empatía.....	97
4.2.3. Autoconciencia.....	98
4.2.4. Adaptación social.....	98
5. Bases neurobiológicas de las funciones ejecutivas	98
5.1. Área prefrontal.....	98
5.1.1. Área dorsolateral.....	99
5.1.2. Área cingulada.....	99
5.1.3. Área orbitaria.....	99
5.2. Otras estructuras.....	99
6. Desarrollo evolutivo de las funciones ejecutivas.....	100
6.1. Desarrollo anatómico.....	100
6.2. Desarrollo funcional.....	102
7. Evaluación de las funciones ejecutivas.....	103
7.1. Evaluación clínica.....	104
7.1.1. BRIEF-P.....	104
7.1.2. BRIEF-2.....	104
7.2. Evaluación neuropsicológica.....	105
7.2.1. ENFEN.....	105
7.2.2. Escalas neuropsicológicas globales.....	108
8. Síndrome disejecutivo.....	109
8.1. Alteraciones cognitivas.....	111
8.2. Alteraciones emocionales.....	113
8.3. Manifestaciones del síndrome disejecutivo según su localización.....	114
8.3.1. Síndrome dorsolateral.....	114
8.3.2. Síndrome medial.....	114
8.3.3. Síndrome orbitario.....	115
8.4. Diagnóstico diferencial.....	116
9. Intervención neuropsicológica de las funciones ejecutivas.....	117
9.1. Objetivos	118

9.2. Metodología de la intervención cognitiva.....	119
9.2.1. Validez ecológica.....	119
9.2.2. Práctica asidua.....	119
9.2.3. Entrenamiento previo.....	120
9.2.4. Brevedad.....	120
9.2.5. Reforzamiento positivo.....	120
9.2.6. Estimulación multisensorial.....	121
9.2.7. Retroalimentación.....	122
9.2.8. Trabajar desde la línea base.....	122
9.2.9. Sentido lúdico	123
9.3. Características del entrenamiento cognitivo.....	123
9.4. Ejercicios para estimular las funciones ejecutivas.....	124
9.4.1. Ejercicios para estimular la atención.....	125
9.4.2. Ejercicios para estimular la inhibición y la flexibilidad mental.....	129
9.4.3. Ejercicios para estimular la memoria de trabajo.....	137
9.4.4. Ejercicios para estimular la planificación.....	141
9.4.5. Ejercicios para estimular la fluencia.....	143
9.4.6. Ejercicios para estimular el razonamiento.....	145
9.4.7. Otros ejercicios para estimular el funcionamiento ejecutivo.....	146
9.5. Propuestas para la estimulación cognitiva de las funciones ejecutivas en el aula.....	148
9.5.1. Técnicas de intervención cognitiva	148
9.5.2. Justificación de la intervención sobre las funciones ejecutivas.....	151
9.5.3. Características del programa de intervención en el aula.....	153
Bibliografía.....	157

PRÓLOGO

El interés por el conocimiento del cerebro está experimentando un progreso espectacular especialmente en las dos últimas décadas, en paralelo a la creciente popularización de la neurociencia. Cada vez se está poniendo más en valor al cerebro, como motor de la inteligencia y de la conducta humana. La escuela no puede quedarse al margen de dichos avances, dadas las numerosas ventajas que aportan los conocimientos neurocientíficos para mejorar el aprendizaje y la enseñanza.

La neuroeducación –como área del conocimiento científico aplicada al ámbito escolar– no es una simple moda pasajera, sino que se está incorporando lenta pero inexorablemente en los sistemas educativos, ya que empíricamente se demuestra que la aplicación de los principios que rigen el funcionamiento del cerebro y del sistema nervioso a la educación optimizan la enseñanza y el aprendizaje. La neuroeducación facilita la aplicación de los conocimientos neurocientíficos a la enseñanza, con el objetivo de diseñar programas educativos específicos, adaptados a las necesidades de cada alumno.

El cerebro humano, y especialmente su corteza externa, permiten la realización de numerosas funciones mentales distribuidas sobre su córtex, actuando de manera coordinada y facilitando cualquier aprendizaje. Por encima de todas sobresalen las Funciones Ejecutivas (FE), como centro logístico responsable de dirigir la actividad mental. Las FE actúan del mismo modo que un director de orquesta, ensamblando, sincronizando y optimizando la actividad mental para lograr un aprendizaje más eficiente y una adaptación más eficaz. Las FE están constituidas por un conjunto de funciones mentales de alto nivel que facilitan la resolución de problemas complejos y novedosos. Su desarrollo se inicia en la infancia y termina su consolidación más allá de la adolescencia. El polo anterior del cerebro -el área prefrontal- contiene las claves más importantes para comprender la inteligencia humana, ya que es el lugar donde se asientan las FE, en colaboración con el resto de las estructuras encefálicas. El conocimiento de sus bases neurobiológicas, funcionamiento y patología por parte de los educadores, sin duda puede optimizar la eficacia de la enseñanza.

Cualquier aprendizaje siempre implica la transformación del sistema nervioso: no es posible aprender sin modificar el cerebro. Sobre estas premisas está pensado este libro: dotar a los educadores de los conocimientos básicos sobre el cerebro que le permitan comprender mejor a cada alumno y optimizar la enseñanza, con especial atención a las funciones ejecutivas. Una profesora, un profesor, que dispongan de mayor formación en neurociencia y neuropsicología, siempre obtendrán mejores resultados a la hora de transmitir conocimientos.

El libro consta de dos partes; en la primera se exponen las bases neurocientíficas que van a permitir que el docente se familiarice con el funcionamiento cerebral, especialmente en la infancia. La segunda parte aborda de modo más específico el estudio de las funciones ejecutivas como auténtica locomotora del aprendizaje, explicando sus bases biológicas, componentes, patología, así como distintas estrategias para su estimulación en la escuela. Se presentan numerosos ejercicios para estimular los diferentes componentes de las funciones ejecutivas: atención, inhibición, flexibilidad mental, memoria de trabajo, planificación, etc. De esta manera el terapeuta dispone de un repertorio de actividades sobre las que puede armar el programa de estimulación cognitiva de los alumnos. Cuando mejora el funcionamiento ejecutivo se facilita la mejoría de otras funciones mentales como la atención y la memoria, del mismo modo que una locomotora al desplazarse, es capaz de mover los distintos vagones de un tren.

El libro se dirige a todas las personas interesadas por conocer el aprendizaje desde el cerebro infantil, así como el de su pieza maestra: las funciones ejecutivas. Pero de un modo más específico, la obra va dirigida a todos los docentes, sea cual sea su especialidad, especialmente al profesorado que atiende a los niños y niñas. Porque ellos son los responsables de troquelar el cerebro infantil a través de la enseñanza. Conocer el cerebro es mejorar el aprendizaje para contribuir a que mejore el bienestar del niño. La *"neuroevangelización"* que proponemos pretende transmitir la importancia del encéfalo como el principal responsable de la conducta, tratando de mejorar el aprendizaje y la enseñanza. Aplicando una frase acuñada por Herbert Marcuse durante la Primavera Francesa de 1968: *"seamos realistas, pidamos lo imposible"*. Si logramos transformar la enseñanza y el aprendizaje mediante la beneficiosa incorporación de la neuroeducación, sin duda estaremos contribuyendo a mejorar la calidad de vida de los niños y niñas, así como nuestra sociedad.

I

**CONOCER EL CEREBRO PARA
MEJORAR EL APRENDIZAJE**

1. APRENDIZAJE Y NEUROCIENCIA

1.1. La eclosión de las neurociencias

Cada vez existe una mayor preocupación e interés por el conocimiento científico del cerebro como artífice de todos los aprendizajes y la escuela no puede resultar ajena a este fenómeno. La comunidad educativa debe ser consciente de que se puede mejorar el aprendizaje y la enseñanza incorporando el conocimiento del funcionamiento cerebral, como base de cualquier aprendizaje. Se aprende desde el cerebro y –a su vez– todo aprendizaje transforma el cerebro. Determinados términos como: *neurociencia*, *neurodidáctica*, *neuroeducación* y *neuropsicología*, resultan cada vez más familiares entre los docentes. Todos ellos tienen en común la consideración del cerebro como base del aprendizaje escolar. En el cuadro 1 (que se puede ver en la página siguiente) se exponen las principales características de cada una de dichas disciplinas.

Cuadro 1**Principales disciplinas neurocientíficas relacionadas con el contexto educativo**

DISCIPLINA	CARACTERÍSTICAS
Neurociencia	<ul style="list-style-type: none"> -Ámbito de conocimiento científico que estudia los distintos aspectos del sistema nervioso de modo unificado: desarrollo, estructura, funcionamiento, patología, neuroquímica y farmacología. -Su objetivo es explicar cómo los diferentes componentes del sistema nervioso (subcelulares, celulares y anatómicos) interactúan entre sí y con el entorno, para comprender la conducta humana.
Neurodidáctica	<ul style="list-style-type: none"> -Fusión de neurociencia, educación y psicología, que pretende comprender el neurodesarrollo, utilizando sus conocimientos para crear nuevas metodologías que permitan optimizar los procesos de aprendizaje y enseñanza.
Neuroeducación	<ul style="list-style-type: none"> -Disciplina que integra los principios de la educación con los de la neurociencia para optimizar la enseñanza y el aprendizaje escolar. -Se inspira especialmente en las posibilidades que ofrece la neuroplasticidad.
Neuropsicología	<ul style="list-style-type: none"> -Ciencia que estudia los efectos del daño, la disfunción o la inmadurez neurobiológica sobre las funciones mentales superiores. -Se interesa por el conocimiento de los factores causales, el diagnóstico y la realización de programas de estimulación y rehabilitación cognitiva.

La neurociencia es un ámbito interdisciplinar que tiene como objetivo conocer el funcionamiento del cerebro normal y patológico, llegando así a la mejor comprensión del comportamiento humano. Numerosas disciplinas se engloban bajo el manto de la neurociencia: neurobiología, neuropsicología, neurología, neuroendocrinología, psicología fisiológica o neurociencia cognitiva. Pero el objetivo final de la neurociencia es conocer el funcionamiento del sistema nervioso, para así comprender la conducta en sus distintos niveles: subcelular, celular y anatómico (Kandel, Schwartz y Jessell, 2000).

El creciente desarrollo de la neuroimagen funcional está permitiendo por vez primera observar el funcionamiento cerebral de un modo no invasivo, impensable hasta hace pocas décadas. Anteriormente a la llegada de las modernas técnicas de neuroimagen funcional solo se podía acceder al conocimiento del funcionamiento cerebral estudiando las consecuencias del daño cerebral adquirido; cuando se producía una lesión se observaban cuáles eran sus efectos sobre el comportamiento y sobre el funcionamiento cognitivo. La neuroimagen funcional permite visualizar los cambios fisiológicos y metabólicos que experimenta el encéfalo cuando se lleva a cabo una determinada actividad mental, o cuando se presenta una patología neuro-

lógica o psiquiátrica. Gracias a la neuroimagen funcional se puede observar la actividad cerebral de los estudiantes mientras estos realizan distintas tareas y así determinar cuáles son las áreas cerebrales más decisivas para cada tipo de aprendizaje. Las primeras técnicas de neuroimagen funcional que se desarrollaron fueron la Tomografía Computarizada por Emisión de Fotón Único (SPECT) y la Tomografía Computarizada por emisión de Positrones (PET). Ambas emplean una metodología más rudimentaria e invasiva, ya que exigen la inyección de marcadores radiactivos. Otras técnicas más recientes y sofisticadas como la resonancia magnética funcional (IRMf) no son invasivas, ya que no implican ninguna radiactividad y permiten mostrar en imágenes cromáticas cuáles son las áreas cerebrales que se activan cuando se lleva a cabo una tarea determinada, ofreciendo una mejor definición espacial de las imágenes y en menor tiempo.

El avance de los sistemas educativos no debe quedar al margen de los avances de la neurociencia, ya que el conocimiento del cerebro y su funcionamiento, permitirá a los docentes realizar una enseñanza más eficiente, adaptándose a la idiosincrasia cerebral de cada niño. La neuroeducación debe pasar de ser un proyecto, para convertirse en una realidad dentro del aula. Se puede equiparar la educación a una tienda de modas, y así, la enseñanza tradicional se asemejaría a un comercio donde venden ropa de distintas tallas, pero poco personalizadas. La neuroeducación, por el contrario, se asemejaría a una sastrería donde se diseña la ropa –la educación– en función de las medidas concretas de cada escolar, esto es, en función de sus características neuropsicológicas, a la medida de su cerebro. El estudio de la conducta humana a través de la neurociencia se puede realizar en tres niveles distintos: subcelular, celular y anatómico.

1.1.1 Nivel subcelular

El nivel subcelular estudia las moléculas que están implicadas en la actividad del sistema nervioso, centrandó su atención en el estudio de los neurotransmisores y las conexiones nerviosas (sinapsis), como base esencial de la transmisión de estímulos a través del sistema nervioso. Los neurotransmisores son moléculas químicas que se almacenan en el interior de las terminales axónicas, siendo liberados al espacio sináptico para transmitir mensajes a otras neuronas cuando reciben suficiente estimulación. Las sinapsis son el lugar de contacto entre dos o más neuronas, que se comunican entre sí para facilitar la transmisión de mensajes a través del sistema nervioso, facilitando de esta manera el aprendizaje. Las sinapsis están situadas en las zonas terminales de los axones, siendo el lugar de ensamblaje entre las neuronas presinápticas que emiten una señal y las neuronas postsinápticas que la reciben. Cuando un niño realiza un apren-

dizaje, como memorizar una poesía, su actividad neurotransmisora se ha visto modificada en algún área cerebral.

1.1.2. Nivel celular

El nivel celular se interesa por el estudio de las principales células del sistema nervioso: neuronas y glías. Las neuronas son responsables de llevar a cabo la transmisión de estímulos y su número se estima en 100.000 millones en la edad adulta. Cada neurona dispone de una zona que recibe la información –las dendritas– y otra que transmite dicha información en dirección a otras neuronas, denominada axón. El final del axón está constituido por numerosas ramificaciones que forman una arborización, llamada telodendria. Cada una de las ramificaciones consta de un botón sináptico en su parte más distal, conteniendo en su interior numerosas moléculas de neurotransmisor. Las glías, por su parte, son células nerviosas que asumen importantes funciones como: nutrición, señalización, defensa biológica y homeostasis. Su número es muy superior al de neuronas, siendo los astrocitos la modalidad de glía más abundante. Otros tipos de células gliales asumen funciones de gran relevancia: las microglías forman el sistema inmune del cerebro, mientras que los oligodendrocitos forman la vaina de mielina que envuelve los axones para facilitar una conducción más fluida de los estímulos nerviosos. El aprendizaje modifica el paisaje celular del cerebro, mejorando el funcionamiento de las neuronas y las glías y en determinados casos incrementando su número, según se justificará en otro apartado del libro.

1.1.3. Nivel anatómico

El nivel anatómico del conocimiento neurocientífico se preocupa por estudiar las modificaciones que experimentan las distintas estructuras neurales como consecuencia del desarrollo, las lesiones cerebrales, el envejecimiento y el aprendizaje y la experiencia. El cerebro se encuentra en permanente transformación como consecuencia de su amplia plasticidad. Como ejemplo: el aprendizaje de un instrumento musical permite desarrollar distintos procesos cognitivos, como atención, motricidad, memoria y percepción auditiva. Dichos cambios se manifiestan mediante transformaciones a nivel subcelular, celular y anatómico. En este último nivel el aprendizaje musical puede incrementar el volumen del cuerpo calloso, mejorando la conectividad entre ambos hemisferios (Robles y Portellano, 2012). No obstante, no puede afirmarse que un determinado estilo o tipo de música en particular, pueda generar una mayor mejoría cognitiva, tal y como postulaba el “Efecto Mozart”. Esta falsa creencia surge de la malinterpretación de una investigación realizada en la Universidad de California, que postuló que este tipo de música podría activar la creatividad y mejorar la concentración.

El libro tiene como principal objetivo optimizar la enseñanza y el aprendizaje desde el cerebro, prestando especial atención a las Funciones Ejecutivas como expresión más depurada de la inteligencia humana. La Neuroeducación aplica los conocimientos neurocientíficos a la enseñanza y el aprendizaje, tratando de mejorar su eficiencia. Los rápidos avances en el conocimiento del cerebro no son simplemente una moda pasajera, por lo que la escuela no puede quedarse al margen de los avances neurocientíficos.

El aprendizaje modifica la anatomía y el funcionamiento cerebral y los docentes con mayores conocimientos neurocientíficos siempre obtendrán mejores resultados con sus alumnos.

Las Funciones Ejecutivas son el mecanismo que dirige los procesos cognitivos de alto nivel, coordinando y optimizando la actividad mental para lograr un aprendizaje más eficiente en el niño, así como una adaptación más eficaz.

En la primera parte de la obra se exponen las bases neurocientíficas para facilitar el conocimiento del funcionamiento cerebral como base del aprendizaje. La segunda parte aborda de un modo más específico el estudio de las funciones ejecutivas, genuino director de la orquesta de la actividad mental. Se exponen sus bases biológicas, componentes y patología en la infancia, así como un amplio repertorio de ejercicios para mejorar sus diferentes componentes: atención, inhibición, flexibilidad mental, memoria de trabajo, planificación, etc. De esta manera se facilita el diseño de programas para la estimulación cognitiva de los alumnos, contribuyendo a mejorar su rendimiento escolar.



CIENCIAS DE LA EDUCACIÓN PREESCOLAR Y ESPECIAL

General Pardiñas, 95 - 28006 Madrid

Tel.: 91 562 65 24  717 77 95 95

clientes@editorialcepe.es www.editorialcepe.es