

Participación Educativa

REVISTA DEL CONSEJO
ESCOLAR DE ESTADO

Ministerio
de Educación, Cultura
y Deporte

Consejo
Escolar
del Estado

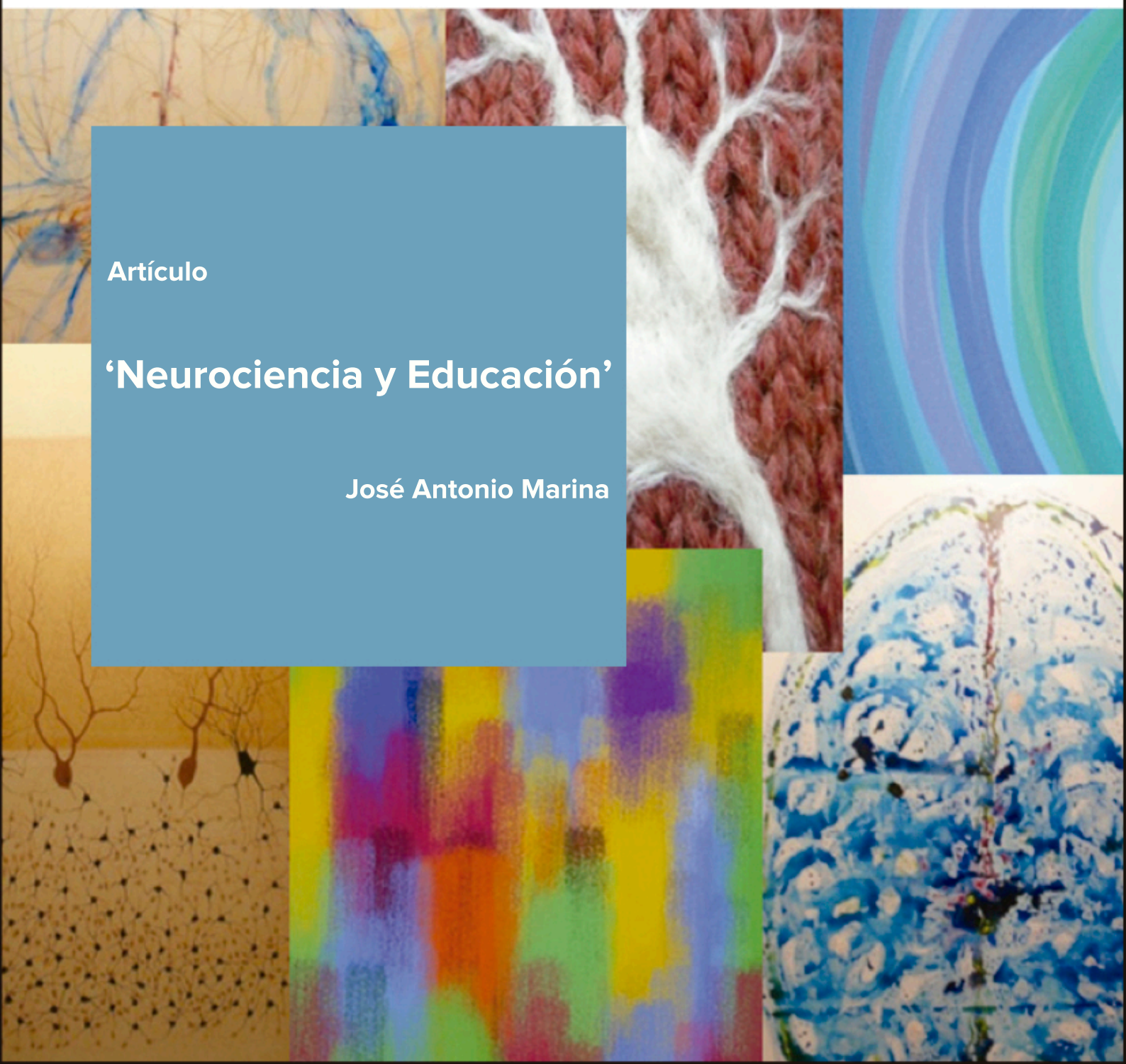
**La investigación sobre el cerebro y la
mejora de la educación**

Segunda Época/Vol. 1/N.º 1/2012

Artículo

‘Neurociencia y Educación’

José Antonio Marina



El diálogo entre Neurociencia y Educación

NEUROCIENCIA Y EDUCACIÓN

NEUROSCIENCE AND EDUCATION

José Antonio Marina

Universidad de Padres

Resumen

La neurociencia y la educación deberían establecer entre sí una colaboración más estrecha. Las iniciativas que ya se han llevado a cabo en este sentido son importantes, pero insuficientes. La escuela no sólo debería aprovechar los descubrimientos producidos en el ámbito de la neurociencia, sino también debería demandar a los neurocientíficos la aclaración de ciertos temas de interés educativo. Dicho de otro modo, la educación habría de establecer parte de la agenda de la neurociencia educativa. La neurociencia debería conseguir a este respecto cuatro objetivos: (1) ayudar a los profesores a entender el proceso educativo; (2) ayudarles a resolver trastornos del aprendizaje de origen neurológico; (3) ayudarles a mejorar los procesos de aprendizaje y a incrementar las posibilidades de la inteligencia humana, sugiriendo nuevos métodos y validando los elaborados por la pedagogía, y (4) ayudar a establecer sistemas eficientes de interacción entre cerebro humano y tecnología.

Palabras clave: inteligencia computacional, inteligencia ejecutiva, proceso cognitivo, funciones neuroevolutivas, perspicacia, neurodiversidad, cerebrocentrismo.

Abstract

Tighter collaboration between neuroscience and education should be established. The initiatives already carried out, such as the journal "Mind, Brain and Education", are important but insufficient. School should not only take advantage of the neuroscientific discoveries, but also demand neuroscientists to clarify certain topics. That is, education must set part of the educative neuroscience agenda. Neuroscience must achieve four targets: (1) help teachers understand the educative process; (2) help them solve learning disorders of neurological origin; (3) help them improve the learning processes and increase the possibilities of human intelligence by suggesting new methods and by validating those elaborated by pedagogy, and (4) help them establish efficient interaction systems between brain and technology.

Keywords: computational intelligence, executive intelligence, cognition, neurodevelopmental functions, insight, neurodiversity, braincentrism.

1. Introducción

En este momento, somos conscientes de que la educación es la gran exclusiva humana, la que nos define como especie, porque permite a cada individuo asimilar en un breve espacio de tiempo las creaciones culturales que la humanidad tardó decenas de miles de años en inventar: el lenguaje, el desarrollo de las funciones ejecutivas, la sumisión a normas, la convivencia en sociedades extensas. Todo aprendizaje cambia el cerebro, pero la educación lo hace de una manera intencionada, dirigida, aprovechando conscientemente las posibilidades que el mismo cerebro proporciona. Somos híbridos de naturaleza y cultura, sistemas plásticos y autopoieticos, que van construyéndose a sí mismos. Michel Gazzaniga piensa que el objetivo de la neurociencia cognitiva es investigar cómo el cerebro hace posible la mente (Gazzaniga, 2002). Es evidente que la neurociencia puede ayudarnos a comprender y a mejorar el trabajo educativo y cada vez se están haciendo más esfuerzos para aprovechar en la educación los descubrimientos neurocientíficos que, desde hace muchos años, ya se aprovechan en la clínica. En el 2000 se celebró en Nueva York un congreso internacional sobre la plasticidad y los períodos claves del aprendizaje. En el 2001, en Granada se volvió a tratar el modo de introducir en las escuelas los descubrimientos de la neurociencia, reconociendo que el anterior foro había dejado muchos asuntos sin tratar. Ese mismo año, en Tokio, se trató sobre la inteligencia social y sobre el aprendizaje a lo largo de la vida. En el 2002, la OCDE presentó un documento titulado *Understanding the brain*, en el que se afirmaba que la educación estaba aún en

una etapa precientífica y que convenía preguntarse si las neurociencias podían ayudar a elevarla a un estatus científico. A la vista de que uno de cada seis alumnos dice que odia la escuela, los autores se preguntaban: ¿estaremos estableciendo una escuela "hostil al cerebro"? (OCDE, 2007). La Academia Pontificia de Ciencias convocó un Congreso Internacional sobre el tema en 2003 (Battro *et al.*, 2005), y al año siguiente se constituyó la "International Mind, Brain, and Education Society" (IMBES). Su objetivo es la creación de una ciencia transdisciplinar, construida sobre los conocimientos de la neurociencia, la psicología y la educación; publica una revista con el mismo título: *Mind, Brain and Education*. Además, se ha producido una abundante bibliografía sobre "cómo enseñar pensando en el cerebro", "brain-based learning", "neurodidáctica" o "neuroeducación", motivada en parte porque la aplicación de la neurología en múltiples dominios se ha puesto de moda. Pero los lenguajes de la ciencia neurológica y de la práctica pedagógica están aún demasiado alejados. Dos expertas, Sarah-Jayne Blakemore y Uta Frith señalan que los avances de la neurociencia no han tenido todavía aplicación educativa (Blakemore y Frith, 2007). Según John T. Bruer, otro experto, hay que construir los puentes entre neurociencia y educación, pues todavía no existen, y considera que son los "psicólogos cognitivos" los que están en mejores condiciones para hacerlo (Bruer, 2008). Además, muchos científicos se quejan de que se haya producido una industria de la "brain-based-education", basada en neuromitos y no en datos científicos (Ansari Coch, De Smeth 2011). Algunos llegan a afirmar que si no se precisa el modo de colaboración entre neurociencia y educación, todos estos movimientos pueden quedarse como una nota a pie de página en la historia de la educación. Incluso hay autores que denuncian la

moda del cerebrocentrismo, y de un cierto deslumbramiento por todo lo que comience por “neuro”, negando que la neurología esté en estos momentos en condiciones de proporcionar conocimientos a la psicología (Pérez Álvarez 2011). Tal vez la mayor dificultad para la colaboración estriba en que la neurociencia ha progresado más en el conocimiento de la “sintaxis cerebral”, de 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.

En España han aparecido ya algunos libros sobre estos temas. Francisco Mora incluye la educación en su concepto de “neurocultura”, pero sin dar muchas explicaciones (Mora, 2007). *Neurociencia y educación*, de Tomas Ortiz es una clara introducción a los temas principales de la neurociencia, con breves aplicaciones al proceso educativo (Ortiz 2009), *Neuropedagogía*, coordinado por Ana Iglesias (Iglesias, 2008) Y *Bases Biológicas de la Educación. Introducción a la Neuropedagogía*, de Burunat y Damas, son meras introducciones a la neurología (Burunat y Damas, 2002). La obra más sistemática y completa es *Neurodidáctica*, de Jesús M^a Nieto, que está dividida en cuatro partes: 1.- La aportación de las neurociencias a la psicología y la pedagogía, 2.- Anatomofisiología del sistema nervioso central, 3.- Neuropsicología cognitiva, 4.- Neurodidáctica (Nieto 2011). La obra de Maya y Rivero *Conocer el cerebro para la excelencia de la educación* es sólo un informe sobre los centros de investigación en neurociencia aplicada a la educación, y, como tal, útil (Maya y Rivero, 2010). En general, estos libros mezclan información de diferentes niveles y procedencias, lo cual no es extraño porque en términos educativos la psicología cognitiva está más adelantada que la neuroeducación, que con frecuencia se limita a dar una explicación neurológica de los conocimientos adquiridos por otro camino.

Una idea se va abriendo paso: la colaboración entre neurociencia y educación ha de ser bidireccional. Los pedagogos tienen que aprender de los neurocientíficos lo que sea útil para mejorar sus programas de actuación, y los neurocientíficos deben validar y sacar información de los métodos experimentados por los educadores. Esta cooperación recíproca está comúnmente aceptada, pero hay una tercera forma de cooperación que pretendo exponer en este artículo. La educación debe proponer una parte de la agenda investigadora de las neurociencias.

La complejidad de la situación actual, con sus oportunidades y sus retos educativos, revela la necesidad de elaborar una “Nueva Ciencia de la Educación” a la altura de las expectativas de nuestro tiempo, y con ese objetivo hemos organizado el *Centro de estudios sobre innovación y dinámicas educativas* (CEIDE), bajo el patrocinio de la Fundación SM. En una acelerada sociedad del conocimiento, la inteligencia, su constitución y expansión, el modo de potenciar sus capacidades, de conseguir unos métodos de aprendizaje más eficientes, y mantenerlos a lo largo de toda la vida, son objetivos prioritarios. En el mundo empresarial se empieza a hablar de que el próximo gran negocio será el del IQ, el del cociente intelectual. La revista FORBES dedica su portada del 19.11.2012 a “The \$ Trillion opportunity”: la educación. Comienzan a dibujarse las líneas esenciales de ese negocio: los sistemas educativos, la educación a lo largo de toda la vida, los productos potenciadores del cerebro, las interacciones cerebro-tecnologías de la información, la selección genética de la inteligencia. La envergadura de estos retos hace necesaria la aparición de una Superciencia de la educación, encargada de orientarnos hacia el futuro. La llamo Superciencia porque no sólo debería aprender de las ciencias, sino también estar en condiciones de “ponerles deberes”. En la Edad Media se decía que la filosofía era “sierva de la teología”, es decir, debía estar a su servicio. Creo que la formulación moderna de esa jerarquización debería ser: Las ciencias son

servidoras de la educación. ¿Por qué? Porque la educación es el mecanismo de desarrollo y progreso de la especie humana. La ciencia se ocupa de lo que hay, la historia de lo que ha habido; la Nueva Ciencia de la Educación, de lo que sería bueno que hubiese y de cómo fomentar las competencias personales para conseguirlo. Es, pues, una ciencia que aprovecha los conocimientos existentes para proponer objetivos educativos rigurosamente fundamentados y para elaborar los planes de entrenamiento necesarios para alcanzarlos. Es esa Nueva Ciencia de la Educación quien debe fijar la agenda de la neurociencia educativa (Geake, 2011).

Mi propuesta es que debe cumplir cuatro objetivos:

1. Ayudarnos a comprender el proceso educativo;
2. Ayudarnos a resolver los trastornos de aprendizaje de origen neurológico;
3. Ayudarnos a mejorar los procesos de aprendizaje y a ampliar las posibilidades de la inteligencia humana, sugiriendo nuevos métodos y validando los que la pedagogía elabora;
4. Ayudarnos a establecer sistemas eficaces de interacción entre cerebro y nuevas tecnologías.

2. Objetivos de la nueva ciencia de la educación

2.1. Ayudarnos a comprender el proceso educativo

Saber cómo funciona el cerebro resulta útil para todo el mundo, porque nos permite conocer sus posibilidades y la forma de cuidarlo. “¿Importa para nuestras vidas saber cómo funciona el cerebro? –escribe Damasio- Creo que importa, y mucho, sobre todo si aparte de conocer lo que actualmente somos, nos preocupamos por aquello que podemos llegar a ser” (Damasio, 2011). En un bello librito, Catherine Malabou, sostiene que “precisamente porque, en contra de lo que creemos, el cerebro no está totalmente hecho, debemos preocuparnos por qué hacer, qué hacer con esta plasticidad, con esta disponibilidad” (Malabou, 2007). Saber que podemos esculpir nuestro cerebro, y que la educación, la experiencia, el entrenamiento convierten cada cerebro en obra única, tiene una importante influencia educativa, y por eso recomendamos que se explique en las aulas, en especial al comienzo de la adolescencia, porque recibir esta información anima a los alumnos y los lleva a interpretar el estudio y el aprendizaje de manera distinta. Libros como *El cerebro se cambia a sí mismo* de Doight, resultan muy motivadores. No olvidemos que la neurociencia es una ciencia optimista, porque cada uno de sus descubrimientos aumenta las posibilidades del ser humano. Así pues, es conveniente que estos conocimientos formen parte de la cultura general.

A partir de la neurología y de la psicología cognitiva se va configurando una imagen del cerebro de gran utilidad práctica. La función del cerebro es dirigir la conducta, utilizando la información y gestionando las emociones. La inteligencia tiene dos niveles funcionales: el *computacional*, que mediante operaciones no conscientes y automáticas genera experiencias conscientes, y el *ejecutivo*, que aprovecha esa información consciente para elegir metas y dirigir las operaciones de la *inteligencia computacional* – hasta donde puede- y, a través de ellas, la conducta. La educación se encarga de facilitar el desarrollo de ambas funciones. Este esquema nos proporciona un modelo operativo muy útil y amplio, porque nos permite introducir en la educación la formación de hábitos cognitivos, emocionales y ejecutivos. El hábito es el modo como podemos modificar la inteligencia computacional (Marina 2011a, 2011b, 2012a, 2012b). Esta dualidad de funciones – computacional y ejecutiva- es admitida por muchos neurólogos

que consideran que los lóbulos frontales son el órgano de dirección de la complejísima actividad cerebral. Daniel Kahneman ha expuesto una teoría parecida en su último libro *Pensar rápido, pensar despacio* (Kahneman, 2012).

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. Así funciona la coevolución y en ese proceso los educadores tenemos un definido protagonismo. El final del siglo XX fue la era de la genética, pero el comienzo de nuestro siglo es la era de la epigenética. El hecho de que la expresión genética dependa del entorno —es decir, de la experiencia y de la educación— y la convicción de que la especie humana es capaz de dirigir su propia evolución, convierte a la educación en la gran estudiosa de ese proceso evolutivo. Su objeto de estudio es la comprensión y orientación de la relación entre biología y cultura, es decir, de la coevolución. Imposible pensar en una responsabilidad mayor. Desde ese punto de vista, como humilde colaborador de una ciencia megalómana, escribo este artículo, para señalar a la neurociencia algunos problemas que necesitamos que estudien.

La neurociencia aplicada a la educación también debería ocuparse de desmontar los mitos sobre el cerebro que se han extendido y en muchas ocasiones comercializado. Como escribe Bruer, “los libros sobre educación basada en el cerebro constituyen un género literario, que proporciona una mezcla popular de hechos, falsas interpretaciones y especulaciones. No es el buen camino para presentar la ciencia del aprendizaje” (Bruer, 2008). Los más frecuentes, según Tokuhama-Espinosa, son: Los humanos usan el 10% de su cerebro, el cerebro tiene capacidad ilimitada, los cerebros se diferencian por su raza, todo lo importante para el cerebro sucede antes de los 3 años, las áreas del cerebro trabajan aisladas, algunas personas trabajan más con el cerebro izquierdo y otras con el cerebro derecho, los hemisferios son sistemas separados de aprendizaje, el cerebro representa objetivamente la realidad, la memorización es innecesaria para los procesos mentales complejos, el cerebro recuerda todo lo que le ha sucedido, los periodos óptimos de aprendizaje están relacionados con la neurogénesis, la enseñanza debe estar sintonizada con los periodos de sinaptogénesis, las neuronas no pueden ser reemplazadas, el cerebro es inmutable, el aprendizaje de un idioma extranjero perturba el aprendizaje del propio, el cerebro del recién nacido es una página en blanco, el cerebro y la mente están separados, el desarrollo incompleto del cerebro explica las conductas de los adolescentes, el razonamiento es lo contrario de la emoción, el aprendizaje no estructurado es superior al estructurado porque mejora las funciones neurológicas, la plasticidad es el producto de una buena pedagogía, el aprendizaje solo ocurre en el aula, la historia del alumno no afecta su aprendizaje, el aprendizaje puede ser aislado de su contenido social y emocional (Tokuhama-Espinosa, 2011).

2.2. Ayudarnos a resolver los problemas de aprendizaje de origen neurológico

No hay un consenso claro a la hora de tipificar las dificultades de aprendizaje. Los textos suelen incluir un repertorio variado, en el que se mezclan trastornos y problemas de muchos tipos —conductuales, afectivos, cognitivos- y de distinta gravedad. Daré algunos ejemplos: Trastornos del aprendizaje específicos (disfasia, dislexia, disortografía, discalculia, trastornos de la percepción visual, de la memoria, de la motricidad, de la descodificación de información, y de las funciones ejecutivas), trastornos del aprendizaje no específicos (deficiencia intelectual, hiperactividad,

autismo, etc.) y retrasos en el aprendizaje (Golstein, Naglieri y Devries 2011; Loret, 2010). El DSM IV incluye los trastornos del aprendizaje en un campo patológico más amplio (HOUSE 2003):

- Retraso mental.
- Trastornos de aprendizaje (lectura, cálculo, escritura, trastornos no especificados y no verbales).
- Trastornos académicos.
- Trastornos de la coordinación motora.
- Problemas de comunicación.
- Trastornos generalizados del desarrollo (espectro autista).

Últimamente se investiga mucho sobre los trastornos de las funciones ejecutivas, entre los que se incluyen las conductas disruptivas, el autismo, retraso intelectual, control de movimientos, trastornos de aprendizaje, trastornos del humor, ansiedad, (Hunter y Sparrow, 2012).

Para introducir un poco de orden, debemos considerar “trastornos del aprendizaje” los que se dan en niños o adultos que tienen una inteligencia normal, y que no pueden explicarse por una educación inadecuada, diferencias étnicas o culturales, problemas en la visión o el oído o retraso mental. Lo más característico es que presentan una diferencia sustancial entre sus posibilidades teóricas y sus resultados reales, una inconsistencia entre las habilidades y los logros, entre las capacidades medidas y el desempeño en determinadas áreas. En cambio, denominamos “problemas de aprendizaje” aquellos que, aunque puedan presentar síntomas parecidos a los trastornos, tienen un origen estrictamente educativo. El caso del déficit de atención es paradigmático.

Hay casos que necesitamos poder aclarar, por su especial complejidad: Por ejemplo, la categoría de “niño desorganizado”, con manifestaciones normalmente subclínicas y confusas, incluye: problemas de déficit de atención, reducidas estrategias de afrontamiento, incapacidad de aprender de la experiencia, funciones cognitivas inconstantes, preferencia por actividades muy estructuradas, falta de organización, memoria a corto plazo limitada, sentimiento de impotencia ante estímulos complejos, inquietud y pobre atención, miedo de fracasar, comprensión reducida, inhabilidad para secuenciar la información, sensibilidad limitada hacia los demás, dificultades comunicativas y sociales, dificultad para generalizar los datos, mala gestión del tiempo, pobre motivación, preferencia por la rutina, obsesiones y rituales, pobres habilidades motoras y coordinación, personalidad restrictiva, baja estima y confianza (Stein y Chowdhury, 2006). ¿Cómo puede la neurociencia ayudarnos a entender este embrollo?

A los educadores nos preocupa que la patologización precipitada de algunas conductas nos impida ver las posibilidades educativas de esos niños. Los estudios sobre “neurodiversidad”, que se centran en esas posibilidades, nos parecen muy necesarios (Amstrong 2012, Levine 2003).

2.3. Ayudarnos a mejorar los procesos de aprendizaje, a ampliar las posibilidades de la inteligencia humana, a iniciar nuevos métodos pedagógicos y a validar los métodos elaborados por la pedagogía

La tercera función de la neurociencia educativa es la que nos interesa más en este artículo: su colaboración para aclarar y mejorar los procesos de aprendizaje. Antes de hacer mi propuesta, revisaré la bibliografía para seleccionar los temas principales sugeridos por otros autores. El estudio citado de la OCDE planteaba diez problemas:

1. ¿Cuál es el balance entre natura y “nurtura” en la promoción de un aprendizaje eficaz?
2. ¿Hasta qué punto son importantes los primeros años para un aprendizaje eficaz a lo largo de toda la vida?
3. ¿Qué diferencias hay entre “desarrollo natural” y “educación cultural”?
4. Si la distinción es relevante ¿cómo podemos promover estos dos tipos de aprendizaje?
5. ¿Cómo podemos conseguir el aprendizaje eficaz de actitudes, destrezas y conocimientos específicos relacionados con la edad?
6. ¿Por qué es tan difícil la reeducación?
7. ¿Qué queremos decir con diferentes estilos de aprendizaje?
8. ¿Qué es la inteligencia?
9. ¿Qué es la inteligencia emocional?
10. ¿Cómo funciona la motivación?

Por su parte, Blakmore y Frith seleccionan los siguientes temas: ¿Es verdad que hay periodos críticos para aprender? ¿Qué ocurre si no se aprovechan? ¿Cómo aprenden los niños sobre el mundo y sobre los demás? ¿Es necesario o útil un entorno enriquecido? ¿Es eficaz enseñar a escribir a los cinco años? ¿Cuáles son los trastornos del aprendizaje más frecuentes basados en problemas neurológicos: autismo, dislexia, hiperactividad, discalculia? Gazzaniga se pregunta si podemos aumentar la capacidad de aprender mediante fármacos. Nieves Maya y Santiago Rivero, seleccionan los siguientes temas: Mecanismos de aprendizaje y modo de actuar sobre ellos para lograr mejores rendimientos. Modos de inducir la activación de ciertas funciones o estados del cerebro: la atención, la motivación, la creatividad, el control emocional, la resolución de problemas, la estimulación de las funciones ejecutivas, etc. Realización de estudios longitudinales, con objeto de determinar la extensión y la intensidad de los periodos sensibles a lo largo de la vida. Cómo plantear la educación (incluida la formación) durante las distintas fases de la evolución del cerebro, desde la infancia hasta las edades más avanzadas (Maya y Rivero, 2010). Por otro lado, Singer señala los siguientes (SINGER 2008):

- ¿Cómo está representado el conocimiento en el cerebro?
- ¿Qué conocimientos posee el cerebro del niño al nacer?
- ¿Cómo intervienen la educación y la experiencia en el desarrollo del cerebro?
- ¿Hasta qué punto el cerebro tiene control sobre los procesos que median en su desarrollo y en la adquisición del conocimiento?
- ¿Son los procesos de aprendizaje iguales en un cerebro en desarrollo que en un cerebro adulto?

Anthony Kelly reseña los principales factores que contribuyen al interés educativo por la neurociencia:

- Un deseo de fundar la educación en datos científicos seguros y no en neuromitos.
- Un aumento de los estudios de las bases neurales del pensamiento matemático.
- Los recientes progresos en comprender las bases cerebrales para los procesos de decodificación lectora.
- Las investigaciones de la psicología cognitiva sobre lectura y matemáticas que sirven para fundamentar los estudios neurológicos.
- La frustración producida por las imprecisas teorías del aprendizaje y el deseo de contrastar los resultados de los análisis cognitivos, conductuales y sociales.
- La frustración con las medidas para resolver los problemas de aprendizaje.
- El deseo de introducir y explorar nuevos métodos e investigaciones metodológicas en las ciencias sociales.

- Una urgencia para resolver temas de ética que afectan a la neurociencia y al aprendizaje.
- La meta de mejorar los métodos de aprendizaje en todo el mundo.
- La emergencia de modelos de aprendizaje más comprensivos y estables que emergen de las ciencias cognitivas y que pueden tender puentes entre el aprendizaje y la ciencia cognitiva.
- Un deseo de comprender y promover la creatividad, y de explorar la cognición en música y en otras áreas.
- El reto de la neurociencia para ampliar los límites de las tecnologías de la imagen, para elaborar tareas clínicas de aprendizaje con científicos del aprendizaje.

Michel Ferrari, tras afirmar que los tres fines de la educación son: preparar para el trabajo, buscar la verdad y facilitar el florecimiento personal, añade que cada una de estos objetivos puede necesitar una relación diferente con la neurociencia. (Ferrari 2011).

David A. Sousa, un popular divulgador de estos temas, señala los descubrimientos más relevantes para la educación (De Sousa, 2006):

- Reafirmar que el cerebro humano se reorganiza a sí mismo continuamente a partir de los inputs. Ese proceso, denominado neuroplasticidad, continua a través de toda la vida, pero es especialmente rápido en los primeros años. Las experiencias que el cerebro infantil tiene en casa o en la escuela influyen en la construcción de los circuitos neuronales que determinan lo que el cerebro va a aprender en la escuela y cómo.
- Mostrar cómo el cerebro adquiere el lenguaje hablado.
- Desarrollar programas de ordenador científicamente fundados que ayuden espectacularmente a los niños con problemas de lectura.
- Mostrar cómo las emociones afectan al aprendizaje, a la memoria y al recuerdo.
- Sugerir que el movimiento y el ejercicio mejoran el ánimo, aumentan la masa cerebral, y potencian el proceso cognitivo.
- Seguir el crecimiento y desarrollo del cerebro para comprender mejor la conducta imprevisible de los adolescentes.
- Desarrollar una comprensión más profunda de los ciclos circadianos para explicar por qué enseñar y aprender puede resultar más difícil a ciertas horas del día.
- Estudiar los efectos de la privación de sueño y el estrés sobre el aprendizaje y la memoria.
- Reconocer que la inteligencia y la creatividad son habilidades separadas, y que ambas pueden ser modificadas por el entorno y la escuela.

2.4. Ayudarnos a establecer sistemas eficaces de interacción entre cerebro y nuevas tecnologías

Las nuevas tecnologías plantean varios problemas educativos. El primero es su utilización pedagógica en el momento actual. El segundo, saber si la utilización masiva de nuevas tecnologías está cambiando la gestión del cerebro. Por último, investigar el modo como las competencias de la inteligencia humana pueden ser mejoradas por la comunicación entre cerebros y ordenadores.

3. Conclusiones. Una petición a la neurociencia

Después de revisar la situación actual, me atrevo a hacer una “relación de deberes educativos” para la neurociencia:

3.1. Temas relacionados con la inteligencia y el aprendizaje en general

Lo primero que preocupa a los docentes es si el Cociente Intelectual está genéticamente determinado o se puede mejorar. El mercado está lleno de planes de mejora de la inteligencia, como el de Feurstein, o el de Bretnizk, o el de Doman. ¿Qué tiene que decir la neurociencia de ellos? Hay algunas características que parecen innatas, por ejemplo, la capacidad de memoria. Susumu Tonegawa y Eric Kandel identificaron un gen específico fundamental en la formación de recuerdos. ¿Significa esto una limitación insuperable? Otra característica parece ser la velocidad de transmisión del impulso nervioso. ¿Nos encontramos de nuevo con un límite genéticamente establecido?

Las investigaciones de Baumeister indican que el cerebro tiene una “energía limitada” y que, por esta razón, no funciona con la misma eficacia en un momento de descanso que en un momento de agotamiento cognitivo. (Schmeichel y Baumeister, 2007). ¿Se puede aumentar esa energía? ¿Qué relación tiene con la atención y con la motivación? La habilidad asociada a una acción cambia conforme la habilidad aumenta, con menos zonas del cerebro implicadas. Individuos muy inteligentes necesitan menos esfuerzo para resolver los mismos problemas (Kanehman 1997, 2012). ¿Qué aplicación a la escuela tienen estos descubrimientos? Para ajustar una educación diferenciada debemos conocer mejor las diferencias –si las hay– entre el cerebro masculino y femenino, los diferentes estilos de aprendizaje, la existencia o no de períodos críticos de aprendizaje, y las diferencias en el modo de aprender a lo largo de toda la vida. Para el mundo educativo es importante conocer cómo pueden afectar al aprendizaje los nuevos descubrimientos sobre la neurología del adolescente (Spear, 2010). El cerebro del bebé no es una tabla rasa, ni una página en blanco. ¿Qué conocimientos sobre el mundo están preprogramados? (Pinker, 2002)

De vital importancia es el modo de mejorar el aprendizaje y hacerlo más rápido, fácil y eficiente. Varios estudios señalan la necesidad de conceder un tiempo de asimilación entre la presentación de nuevos contenidos, y la conveniencia de periodos de ejercicio físico, porque mejorar la asimilación. Otro asunto de relevancia educativa es el carácter modular o integrado del cerebro. Esto tiene también relación con un problema educativo de primera magnitud: la posibilidad de transferir conocimientos o habilidades de un campo a otro.

Nos parece interesante la investigación de Mel Levine sobre las funciones neuroevolutivas, y su importancia en el aprendizaje, porque ha identificado ocho funciones, cuyo déficit puede causar trastornos en el aprendizaje, pero un déficit que puede prevenirse o reeducarse. Esas funciones son: control de la atención, memoria lingüística, ordenación espacial, ordenación secuencial, motora, pensamiento de orden superior y pensamiento social (Levine, 2003). Profundizar en las características neurológicas de estas funciones nos parece fundamental para la escuela. Igualmente resulta fundamental continuar las investigaciones sobre la relación del aprendizaje con las emociones y la motivación.

Necesitamos conocer mejor las posibilidades educativas o re-educativas de los trastornos y problemas de aprendizaje, a los que ya me he referido, y también comprender mejor el fenómeno de los alumnos con altas capacidades.

3.2. La educación de la inteligencia generadora o computacional

La inteligencia generadora es el conjunto de operaciones que el cerebro realiza para captar, elaborar, guardar información. Una parte de la información manejada pasa a estado consciente, en forma de ideas, imágenes, o sentimientos. La educación de la inteligencia generadora puede, pues, interpretarse como una educación del inconsciente, es decir, de todas las operaciones que el cerebro realiza (Marina, 2012b). Algunos autores han calculado que sólo el 5% de nuestro comportamiento es consciente, (Solms, M. y Turnbull, 2004; Bargh y Chartrand, 1999).

La educación del inconsciente consiste en estructurar los mapas cognitivos y los procedimientos, de tal manera que permitan que la inteligencia capte eficazmente la información y produzca ideas, sentimientos o deseos adecuados a la situación. A partir de la neurociencia, debemos saber cómo organizar la información en la memoria a largo plazo para que la actividad de la *inteligencia computacional* sea eficiente. Las ideas, imágenes, asociaciones, recuerdos proceden de operaciones no conscientes. ¿Cómo organizar esa maquinaria computacional? Sabemos que hay operaciones preprogramadas, y que otras se adquieren mediante entrenamiento. Sabemos que los hábitos nos permiten realizar operaciones complejas automáticamente, y que formamos mapas conceptuales en la memoria a partir de los cuales captamos la información. Los psicólogos distinguen entre memoria *explícita e implícita*, dividiendo a aquella en *episódica y semántica*, e identificando esta como una memoria procedimental. ¿Es neurológicamente admisible esta distinción? ¿No es todo recuerdo el resultado de una operación? La dificultad de separar en el lenguaje el léxico de su utilización sintáctica, parece indicar que ambas memorias trabajan juntas. Es importante conocer la mejor manera de organizar los contenidos en la memoria de tal manera que faciliten y promuevan las operaciones intelectuales de alto nivel (De Sousa, 2006) y, en especial, si podemos unificar la memoria semántica y la procedimental, de tal manera que los mismos contenidos lleven implícitos los procedimientos para su utilización y explotación mental. ¿No podríamos de esa manera mejorar la capacidad de comprensión y de resolver problemas?

Los procedimientos son hábitos, es decir, pautas estables de respuesta. Y es posible que toda consolidación en la memoria se haga por un proceso parecido. Los hábitos tienen la gran ventaja de automatizar las operaciones, de tal manera que no exigen carga de atención. ¿Cómo se forman los hábitos? (Marina, 2012c)

Los hábitos de pensamiento, razonamiento y creatividad también se pueden aprender. La neurociencia puede ayudarnos analizando las operaciones, y proporcionándonos indicaciones de cómo podemos aprenderlas mejor. Pondré un ejemplo referente al pensamiento creativo. Geake ha investigado el modo como el cerebro consigue pensar creativamente. Genera *insights*, compone música, hace juegos de ingenio, resuelve problemas difíciles, escribe poemas, etc. Se ha centrado en el estudio de las analogías. Los docentes deben fomentar un uso fluido de analogías, una tarea que realiza la *working memory*. La educación se interesa en cómo aumentar esa capacidad, mientras que la neurociencia investiga cómo puede el cerebro realizar esa actividad. La fMRI (imagen por resonancia magnética funcional) demuestra que la capacidad de hacer analogías es un proceso básico para todos los retos cognitivos, lo que va en contra de una simplista teoría de las inteligencias múltiples. Una consecuencia de sus investigaciones es que la creatividad necesita conocimiento, y que por eso los maestros deben animar a aprender cosas. Al ser una habilidad de la inteligencia general, sería interesante hacer una pedagogía de la analogía. Geake es muy tajante: “The pedagogic route to enhance

ing creative intelligence lies in fluid analogical thinking” (Geake, 2010)

Jeff Hawkins un gran experto en Inteligencia Artificial, también ha intentado identificar una función general del cerebro. Considera que es la formación y almacenamiento de patrones y la capacidad para recuperar un patrón completo a partir de una parte de ese patrón. De ese modo hace predicciones. “El cerebro humano –escribe– es más inteligente que el de otros animales porque puede hacer predicciones sobre tipos de patrones más abstractos y sobre secuencias más largas de patrones temporales “Somos capaces de ver analogías más profundas, más estructura en la estructura que otros mamíferos.”, dice Hawkins (Hawkins, 2005). Es fácil ver que las posiciones de Geake y de Hawkins son muy cercanas. Si queremos ayudar a formar una inteligencia creativa, tendremos que entrenarla en reconocer patrones, en su enriquecimiento, y en la capacidad de reconstruir un patrón a partir de un fragmento, lo que permite la analogía y el pensamiento metafórico.

La comprensión, el *insight*, es un fenómeno complejo, como sabemos todos los docentes. ¿Por qué tras una misma explicación unos alumnos comprenden y otros no aunque posean los conocimientos necesarios para hacerlo? El sujeto no puede darse la orden de comprender algo. Sólo puede ensayar algunas técnicas para conseguirlo: buscar un ejemplo, variar la exposición, buscar parecidos con otra cosa, etc. Si al final tiene suerte, la información bruscamente se reestructurará y aparecerá el significado. ¿Nos puede ayudar la neurociencia a explicar este fenómeno?

Existen hábitos afectivos. Las personas tienen estilos aprendidos de responder emocionalmente. Davidson ha analizado la neurología de estos perfiles afectivos, y es muy probable que se puedan educar o reeducar. Necesitamos más información sobre el modo de hacerlo (Davidson, 2012).

3.3. La educación de la inteligencia ejecutiva

A partir de la información en estado consciente, las funciones ejecutivas del cerebro fijan metas, rechazan o aceptan las sugerencias de la inteligencia generadora, toman decisiones, mantienen el esfuerzo, activan la memoria de trabajo, monitorizan el trabajo de la inteligencia computacional. La capacidad de controlar las propias actividades mentales supone en mayor salto evolutivo de la inteligencia. Estas funciones tienen su sede en los lóbulos frontales, y si sufren algún deterioro resulta afectada la capacidad de guiar adecuadamente el comportamiento. La investigación sobre las funciones ejecutivas ha aislado ocho fundamentales (Tirapu et al., 2012):

1. Inhibir la respuesta. No dejarse llevar por la impulsividad.
2. Dirigir la atención. Poder concentrarse en una tarea, y saber evitar las distracciones.
3. Control emocional. La capacidad para resistir los movimientos emocionales que perturban la acción.
4. Planificación y organización de metas.
5. Inicio y mantenimiento de la acción. Hay niños y adultos que son muy lentos en comenzar una tarea o en mantenerla.
6. Flexibilidad. La capacidad de cambiar de estrategia, de aprender cosas nuevas o de aprender de los errores.
7. Manejo de la memoria de trabajo. Capacidad para aprovechar los conocimientos que se tienen.
8. Manejo de la metacognición. Reflexionar sobre nuestro modo de pensar o de actuar, con el fin de mejorarlo. En España tenemos un importante grupo de neurólogos trabajando sobre las funciones ejecutivas.

Los pedagogos han elaborado métodos de aprendizaje para las siguientes funciones: la activación, la inhibición de la impulsividad, la flexibilidad cognitiva, la planificación, la memoria de trabajo, la regulación emocional, el control de la atención y la perseverancia (Gagne, Leblanc, Rousseau, 2009; Caron, 2011). La capacidad de autocontrol está relacionada con la gestión de la atención voluntaria, la regulación emocional, el control del esfuerzo, la construcción de la conciencia moral, la empatía, las conductas prosociales, la tolerancia a la frustración y la capacidad de aplazar la recompensa (Eisenberg, Smith, Sadovsky, Spinrad, 2007). En los programas de la Universidad de Padres (www.universidaddepadres.es) fomentamos cada una de esas competencias de manera independiente, en momentos distintos de la evolución del niño, con la convicción de que por distintos caminos estamos favoreciendo la educación de los sistemas ejecutivos. No es de extrañar que estemos asistiendo a una invasión de textos sobre educación de estas funciones (Kutscher, 2009; Dawson y Guare, 2003 y 2009; Meltzer, Cooper-Kahu, 2008, Gagne, Leblanc, Rousseau, 2009, Caron 2011).

Es en este campo donde la proximidad entre la neurociencia y la educación es más prometedor, pero también donde plantea problemas más serios, por ejemplo el de la libertad. Uno de los objetivos educativos básicos es fomentar la autonomía de las personas. Sin embargo, la neurociencia tiene dificultades para admitir la libertad. Los experimentos de Libet mostraron que 200 milisegundos antes de tomar la decisión de hacer un movimiento ya se han activado las zonas premotoras correspondientes (Gazzaniga, 2012). La conciencia, pues, va siempre un poco retrasada respecto de los acontecimientos neuronales y, por lo tanto, no tomamos decisiones libres, sino que sólo aceptamos las decisiones tomadas por nuestra inteligencia computacional. En *La inteligencia ejecutiva* he propuesto una solución a este complejo problema que necesita, sin duda, ulteriores investigaciones (Marina, 2012a). Otro tema importante de investigación neurocientífica debe ser el papel que juega el habla interior en el control de la propia conducta, su eficacia en el tratamiento de la hiperactividad (Winsler et al., 2009). En los últimos años han aparecido estudios neurológicos acerca de los comportamientos éticos, que deben ser tenidos forzosamente en cuenta en la educación (Gazzaniga, 2006). Bajo el nombre de “neuroeconomía” se están estudiando los mecanismos neuronales de la decisión, de la elección de metas, y de la percepción de valores, conocimientos que deben aplicarse no solo a la economía, sino a los procesos educativos (Glimcher et al., 2009)

La neurociencia nos ha permitido comprender que los grandes objetivos de la educación son ayudar a formar la inteligencia computacional y la inteligencia ejecutiva, y a conseguir una fluida, flexible y eficiente relación entre ambas.

3.4. Ayudarnos a establecer sistemas eficaces de interacción entre cerebro y nuevas tecnologías

Los sistemas educativos de todo el mundo se enfrentan con el problema de aprovechar de la manera más eficaz las nuevas tecnologías dentro de los procesos de aprendizaje (Fundación Telefónica, 2012). Necesitamos que la neurociencia estudie con más profundidad esta cooperación. No se trata de investigar sobre las posibilidades reales de modelos visionarios como el de Kurwheiler, de interacción cerebro- máquina, sino de una reasignación de tareas. ¿Cómo pueden hibridarse operaciones computacionales realizadas por cerebros naturales y por cerebros artificiales? ¿Cómo afectan al cerebro las multitareas facilitadas por las TIC? ¿Estamos asistiendo a una nueva gestión de nuestro cerebro, como sugieren Nicholas Carr y otros autores? (Carr, 2011).

Los problemas aumentan al compás que aumentan las oportunidades. Nos encontramos frente a una Nueva Frontera Educativa que exige de nosotros más conocimiento, más cooperación, y más esfuerzo. En este marco, la colaboración entre las neurociencias y la pedagogía resulta imprescindible. Y, aunque en este momento parezca una presunción exagerada, creo que la Nueva Ciencia de la Educación debe ocuparse de definir, conocer y explorar esa nueva frontera, pidiendo la ayuda necesaria a la ciencia, que está éticamente obligada a colaborar.

Referencias bibliográficas

- AMSTRONG, T. (2012): *El poder de la neurodiversidad*. Paidós, Barcelona.
- ANSARI, D.; COCH, D. y SMETH, B. (2011): "Connecting Education and Cognitive Neuroscience: Where will the journey take us?" en PATTEN, K.E. y CAMPBELL, S.R. *Educational Neuroscience*. Wiley. Blackwell, Chichester UK.
- BARGH, J.A. y CHARTRAND, T.L. (1999): The unbearable automaticity of being, *American Psychologist*.
- BATTRO, A.M.; FISCHER, K.W. y LÉNA, P.J. (eds.) (2008): *The educated Brain*. Cambridge University Press, Cambridge.
- BLAKEMORE, S-J, y FRITH, U. (2007): *Cómo aprende el cerebro*. Ariel, Barcelona.
- BRUER, J.T. (2008): "In Search of...Brain Based education", en *The Jossey-Bass Reader on The Brain and Learning*. Wiley, San Francisco.
- BURUNAT, E. y DAMAS, M del C. (2002): *Bases Biológicas de la Educación. Introducción a la Neuropedagogía*. Arte, Santa Cruz de Tenerife.
- CARR, N. (2011): *Superficiales. ¿Qué está haciendo internet con nuestras mentes?* Taurus, Madrid.
- CARON, L. (2011): *Être attentive, c'est bien...Persister, c'est mieux!*. Chenélière, Québec.
- DAVIDSON, R.J. (2012): *El perfil emocional*. Destino, Barcelona.
- DE SOUSA, D.A. (2006): *How the Brain Learns*. Corwin Press, Thousand Oaks, CAL.
- EISENBERG, N.; SMITH, C.L.; SADOVSKY, A.; SPINRAD, T.L. (2007): "Effortful Control", en BAUMEISTER, R.F. y VOHS, K.D. *Handbook of Self-Regulation*. The Guilford Press, Nueva York.
- FERRARI, M. (2011): "What Can Neuroscience Bring to Education", en PATTEN, K.E. Y CAMPBELL, S.R. *Educational Neuroscience*. Wiley.Blackwell, Chichester UK.
- FUNDACION TELEFONICA (2012): *Aprender con tecnología*. Ariel, Barcelona.
- GAGNÉ, P.P.; LEBLANC, N.; ROUSSEAU, A. (2009): *Apprendre: une question de stratégie*. Chenélière, Montreal.
- GAZZANIGA, M. (2002): *Cognitive Neuroscience*. Norton & Co, Nueva York.
- (2006): *EL cerebro ético*. Paidós, Barcelona.
- GEAKE, J. (2011): "Position Statement on Motivations, methodologies, and Practical Implications of Educational Neuroscience Research: fMRI studies of the neural correlates of creative intelligence", en PATTEN, K.E. Y CAMPBELL, S.R. *Educational Neuroscience*. Wiley.Blackwell, Chichester UK.
- GLIMCHER, P.W.; CAMERES, C.F.; FEHR, E. y POLDRACK, R.A. (2009): *Neuroeconomics. Decision making and the Brain*. Elsevier, Londres.
- HAWKINS, J y BLAKESLEE, s. (2005): *Sobre la inteligencia*. Espasa Calpe, Madrid.
- HOUSE, A.E. (1999): *DSM-IV. El diagnóstico en la edad escolar*. Alianza, Madrid.
- JACOBSON, L.A. y MAHONY, E, M. (2012): "Educational implications of executive dysfunction", en HUNTER, S.J. y SPARROW, E.P. (Eds) *Executive Functions and Dysfunction*. Cambridge University Press, Cambridge.
- KAHNEMAN, D. (1997): *Atención y esfuerzo*. Biblioteca Nueva, Madrid.
- (2012): *Pensar rápido, pensar despacio*. Debate, Barcelona.
- KUTSCHER, M.L. Y MORAN, M. (2009): *Organizing the Disorganized Child: Simple Strategies to succeed in School*. Harper, Nueva York.
- LEVINE, M. (2003): *Mentes diferentes, aprendizajes diferentes*. Paidós, Barcelona.
- MALABOU, C. (2007): *¿Qué hacer con nuestro cerebro?* Arena Libros, Madrid.
- MARINA, J.A. (2011): *El cerebro infantil: la gran oportunidad*. Ariel, Barcelona.
- (2011): "La educación de los sistemas ejecutivos", *Pediatría Integral*, XV, 8, pp. 794-797.
- (2012): *La inteligencia ejecutiva*, Ariel, Barcelona.
- (2012): "La educación del inconsciente", en *Pediatría integral*.
- (2012): "Los hábitos, clave de la educación", en *Pediatría integral*.
- MAYA, N. y RIVERO, S. (2010): *Conocer el cerebro para la excelencia en la educación*. Innobasque, Zamudio.
- MELTZEN, L. (2010): *Promoting Executive Function in the Classroom*, Guilford, New York.
- MORA, F. (2007): *Neurocultura. Una cultura basada en el cerebro*. Alianza, Madrid.
- NIETO, J.M. (2011): *Neurodidáctica*. CCS, Madrid.
- ORTIZ, T. (2009): *Neurociencia y Educación*. Alianza, Madrid.
- PÉREZ ÁLVAREZ, M. (2011): *El mito del cerebro creador*. Alianza, Madrid.
- PINKER, S. (2002): *La tabla rasa*. Paidós, Barcelona.
- SINGER, W. (2008): "Epigenesis and brain plasticity in education", en BATTRO, A.M.; FISCHER, K.W. y LÉNA, P.J. (eds) (2008) *The educated Brain*. Cambridge University Press, Cambridge.
- SCHMEICHEL, B.J. y BAUMEISTER, R.E. (2007): "Self-regulation Strength", en BAUMEISTER, R.F. y VOHS, K.D. *Handbook of Self-Regulation*. The Guilford Press, Nueva York.
- SOLMS, M. y TURNBULL, O. (2004): *El cerebro y el mundo interior*. FCE, Mexico.
- SPEAR, L. (2010): *The Behavioral Neuroscience and Adolescence*. Norton, New York.
- TIRAPU USTÁRROZ, J.; GARCIA MOLINA, A.; RIOS LAGO, M. y ARDILA, A. (Eds.) (2012): *Neuropsicología de la corteza prefrontal y las funciones ejecutivas*. Viguera, Barcelona.
- TOKUHAMA-ESPINOSA, T. (2011): *Mind, Brain, and education Science. A Comprehensive guide to the new brain-based teaching*. W.Norton, Nueva York.
- WINSLER, A.M.; FRENTHOUGH, C. y MONTERO, I. (2009): *Private Speech, Executive functioning, and the Development of Verbal Self-regulation*. Cambridge University Press, New York

El autor

José Antonio Marina

Estudió filosofía en la Universidad Complutense de Madrid, ejerció como catedrático de Filosofía de Instituto y es Doctor Honoris Causa por la Universidad Politécnica de Valencia. Su labor investigadora y su vocación intelectual le han permitido adentrarse en multitud de ámbitos de interés humanístico, desde una perspectiva fenomenológica y con un claro propósito pedagógico. En esta tarea ha desarrollado una incansable actividad ensayística y de alta divulgación que se ha concretado en la publicación de cerca de cuarenta libros, una decena de colaboraciones en otros tantos, y centenares de artículos, conferencias y entrevistas. Su vocación pedagógica le ha llevado a desarrollar una “movilización educativa”, con el objetivo de mejorar significativamente la educación española, tratando de involucrar en esta tarea a todos los sectores sociales concernidos; la *Universidad de Padres* ha sido una de sus concreciones más recientes. José Antonio Marina ha recibido una decena de premios en reconocimiento a su labor intelectual y divulgativa, así como la Medalla de Oro de Castilla-La Mancha, región de la que es natural.

