

Nieves Maya Elcarte  
Santiago Rivero Rodrigo

# *Conocer el cerebro para la excelencia en la educación*

## *Resumen Ejecutivo*

Prólogo y Dirección Científica de Francisco José Rubia Vila

innovación social

**Edita:** Innobasque - 2010  
Agencia Vasca de la Innovación  
Parque Tecnológico de Bizkaia  
Laida Bidea 203, 48170 Zamudio

**Depósito Legal:** BI-2841/2010



Los contenidos de este libro, en la presente edición, se publican bajo la licencia:  
Reconocimiento–No comercial–Sin obras derivadas 3.0 España de Creative Commons  
(más información [http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/3.0/deed.es\\_CO](http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/3.0/deed.es_CO))

**Diseño:** Doble Sentido

Resumen Ejecutivo

*Conocer el cerebro  
para la excelencia en la educación*

## RESUMEN EJECUTIVO

**El objetivo** del trabajo es conocer el estado de las investigaciones científicas relacionadas con el conocimiento del cerebro, en la medida que pueden tener una aplicación al mundo educativo, con una doble vertiente:

- Conseguir la mejora del proceso enseñanza-aprendizaje.
- Dar pautas a los responsables de políticas educativas

En la primera parte se describen someramente aspectos básicos relacionados con la estructura y el funcionamiento del cerebro.

En un segundo momento se recogen aspectos relacionados con la evolución cerebral y su capacidad de aprender que habría que tener en cuenta si se quieren optimizar los aprendizajes.

En la tercera parte se incluyen una relación de personas, asociaciones y organizaciones que están involucradas en la actualidad en la aplicación de la neurociencia a la educación (cuyo trabajo se expone más detalladamente en el anexo).

Para finalizar, se hace referencia a la deseable interacción entre los neurocientíficos y los profesionales de la educación, así como a las posibles vías de trabajo que se deberían acometer para lograr el máximo rendimiento en su aplicación (trabajos de prospectiva para evaluar cuáles serán los próximos hallazgos y cuándo estarán disponibles para su aplicación).

El Profesor Francisco Rubia ha desempeñado la función de dirección científica del trabajo.

Los datos que en la actualidad se conocen del cerebro son fruto de investigaciones basadas en respuestas recogidas a través de neuroimágenes funcionales (fMRI) que reflejan la actividad neuronal cuando una persona realiza, recuerda, contempla o imagina una acción. A partir de aquí se ha cartografiado el cerebro con rigurosidad, localizando las diferentes áreas implicadas en cualquier tipo de actividad mental (función motora, función sensorial, lenguaje, memoria, emociones...).

El fin último del cerebro es garantizar la supervivencia del individuo, pero es innegable también su deseo insaciable de saber (realiza muchas acciones no encaminadas directamente a la adaptación al medio). Por otro lado, no se puede olvidar, para entender su funcionamiento y finalidad, su carácter plástico y flexible (precisamente dirigido a lograr su objetivo).

La neuroplasticidad permite que el cerebro esté continuamente adaptándose y cambiándose a sí mismo (por ejemplo, el tamaño de un área cerebral dedicada a una función es variable y depende de la importancia de ésta en la vida del individuo) y, aunque con la edad, va perdiendo esta propiedad, la suple con otro fenómeno que consiste en la consolidación y refuerzo de los circuitos ya adquiridos.

Para entender el funcionamiento del cerebro no se puede olvidar que en él existen dos líneas diferentes de maduración: la que afecta a la materia gris (establecimiento de redes neuronales) y la que afecta a la materia blanca (que da lugar a la mielinización). Además la maduración de las diferentes zonas cerebrales no es homogénea: maduran antes las zonas relacionadas con la supervivencia en una dirección postero-anterior y del hemisferio derecho al izquierdo.

El cerebro es un órgano moldeable y activo, de 1,4 kilogramos, formado por cien mil millones de neuronas que establecen entre 100 y 500 trillones de conexiones entre sí.

Estas conexiones entre neuronas, llamadas sinapsis, se encargan de transmitir información a través del impulso nervioso mediante la actividad de sustancias denominadas neurotransmisores.

En la actualidad todavía desconocemos muchos aspectos del funcionamiento neuronal, pero recientemente hemos sabido que la neurogénesis (nacimiento de nuevas neuronas a lo largo de la vida del individuo) existe y que es posible la formación de nuevas sinapsis incluso a edades avanzadas.

El cerebro está preparado para recoger las diferentes informaciones sensoriales que provienen tanto del exterior como del interior del individuo y da prioridad a todo aquello relacionado con la supervivencia. La amígdala es una estructura implicada en el proceso emocional y es la encargada de recibir esta información sensorial

La amígdala forma parte del sistema límbico (presente desde que nacemos) que, además de las emociones, también se ocupa de las sensaciones, la memoria y funciona como sistema de supervivencia al juzgar si algo es perjudicial antes incluso de que sea procesado por la corteza cerebral (cuyo desarrollo es paulatino).

Aunque se tratará con detalle más adelante, podemos afirmar que todos los aprendizajes que tienen lugar en el cerebro tienen una base emocional, relacionada con la motivación: las emociones positivas mejoran el aprendizaje y las negativas obstaculizan cualquier intento por aprender. Ésta es una cuestión básica desde el punto de vista educativo: las emociones positivas mejoran el desarrollo cognoscitivo, mejora la autoestima del alumno y aprende a no asociar el fallo al fracaso o a emociones negativas. Por otro lado, el estrés o el miedo perjudican el aprendizaje (se reduce introduciendo actividad física).

La corteza cerebral es la parte más nueva evolutivamente y está constituida por una delgada capa de materia gris. Esta capa está circunvolucionada con giros (crestas) y surcos (valles). Se encuentra dividida en cuatro lóbulos: occipital, temporal, parietal y frontal, limitados entre sí por diferentes surcos y cisuras.

El lóbulo frontal es el responsable de los movimientos voluntarios y la planificación, es el que tiene mayor incidencia en la personalidad y la inteligencia. Tiene numerosas conexiones con el resto del cerebro. Dentro de este lóbulo, se pueden distinguir: la corteza prefrontal que es el sustrato anatómico para las funciones ejecutivas y el área de Broca que se encarga del habla y de los órganos fonarticulatorios. En su parte posterior se encuentra el área motora.

El lóbulo parietal incluye un área llamada corteza somatosensorial en la que se recogen las sensaciones correspondientes a las diferentes partes del cuerpo.

El lóbulo temporal es el área de la corteza auditiva, está íntimamente conectada con los oídos.

El lóbulo occipital, en su parte trasera se encuentra la corteza visual que recibe información desde los ojos y se especializa en la visión.

Las áreas de los lóbulos no especializadas se llaman corteza de asociación, conectan la corteza sensorial y motora y se piensa que es el lugar donde ocurre el proceso del pensamiento y muchas de las memorias son almacenadas.

El cerebro, observado desde arriba, es obvio que se divide en dos, son los hemisferios cerebrales que están íntimamente unidos por el cuerpo calloso (materia blanca que se desarrolla con los años), que les permite estar en continua comunicación. Ambos hemisferios tienen diferencias funcionales: el izquierdo es

el que tiene normalmente el lenguaje y la lógica y, el derecho, que se ocupa más de lo espacial, creativo y artístico.

Este cerebro tan complejo y con tantas tareas diferentes nos hace pensar que el concepto de inteligencia como algo innato, indivisible, único e inamovible no es real. Concebir la inteligencia como un conjunto de inteligencias es fruto de este conocimiento del funcionamiento y diversidad del cerebro (teoría de las inteligencias múltiples de Gardner).

La configuración cerebral no está totalmente determinada por los genes, no todos los sistemas cerebrales cuentan con un desarrollo similar, no tienen los mismos períodos críticos y, además, se ven muy influidos por el entorno.

Como se ha apuntado más arriba, casi todas las neuronas se generan antes de nacer (durante los tres primeros meses de gestación) y sólo sobreviven la mitad de las que nacen. A este proceso se le llama poda neuronal, tiene como finalidad la reorganización de las neuronas y sus conexiones y es fundamental para que el cerebro cumpla su objetivo. La poda se da principalmente en dos momentos: en el primer año de vida y en la adolescencia.

Los tres primeros años de vida son críticos para el desarrollo de la persona. Es muy conveniente que durante este período no se sufran privaciones de experiencias de aprendizaje, aunque es posible recuperar funciones fuera de estos períodos si se facilita el entrenamiento (neuroplasticidad), siempre se basarán en estrategias y vías cerebrales diferentes y no será tan eficaz.

La persona es capaz de aprender y recordar una gran variedad de cosas que no se almacenan ni se procesan en las mismas áreas; además ninguna estructura cerebral puede explicar todas las formas de aprendizaje, aunque es un hecho común que, cuanto más se sabe de algo, más fácil es aprender cosas nuevas. El aprendizaje explícito está relacionado con el conocimiento consciente y se almacena como memoria episódica y semántica. El aprendizaje implícito es el de los hábitos y habilidades, más influido por los aspectos emocionales.

Los aprendizajes se pueden mantener y manipular gracias a la memoria (a corto y largo plazo) que se estabiliza y consolida gracias a las evocaciones y repeticiones, que permiten la recuperación de lo aprendido. Almacenada en el lóbulo temporal, el hipocampo y las zonas de la corteza que lo rodean, en el caso del aprendizaje explícito y, en la amígdala, en el caso del aprendizaje implícito (más emocional y procedimental).

Para facilitar el funcionamiento del cerebro hay numerosos aspectos que se deben tener en cuenta:

- La alimentación, debe aportar ácidos grasos, agua, glucosa y también proteínas, pues el cerebro necesita un gran aporte de oxígeno para funcionar correctamente.
- El ejercicio físico que incrementa la capacidad de los glóbulos para absorber el oxígeno, promueve la neuroplasticidad y ayuda a evitar el estrés. Además es beneficioso para la socialización y control de las emociones.
- La gimnasia cerebral favorece el crecimiento de nuevas células nerviosas, especialmente en el hipocampo, relacionadas con la memoria.
- El sueño permite reactivar las regiones utilizadas para llevar a cabo funciones cerebrales durante la vigilia, permitiendo que se consoliden los aprendizajes y se regeneren las neuronas en el hipocampo.
- Un ambiente emocional equilibrado, enriquecido y emocionalmente estable,

donde sea posible expresar emociones y sentimientos. Un ambiente relajado y tranquilo aumenta las posibilidades de concentración y de mejora de las capacidades cognitivas.

Teniendo en cuenta todo lo anteriormente expuesto se puede pasar a aplicar este conocimiento a la educación.

Es evidente que para aprender se necesita madurez cerebral y motivación. Se pueden distinguir tres grandes momentos, que hay que tener en cuenta en el diseño de los contenidos que se prevé debe aprender un niño y/o un adolescente:

- Desde el nacimiento hasta los tres años (coincide con la madurez de áreas corticales primarias, del sistema límbico y de las emociones): le permite aprender a interactuar, comunicarse y relacionarse con el medio, manejar la comunicación no verbal y emocional e iniciarse en la lingüística. La información que reciba debe ser clara y concisa.
- Desde los cuatro a los once años: está preparado para adquirir destrezas académicas y valores sociales, culturales y morales. La información que reciba debe estar seleccionada, ordenada, secuenciada y basada en conocimientos y procesos cognitivos previos ya adquiridos.
- Desde los once años hasta la adolescencia: está preparado para llevar a cabo aprendizajes abstractos y la madurez del cuerpo calloso le permitirá la integración de los dos hemisferios cerebrales. La madurez de la corteza prefrontal le permitirá el acceso a las funciones más complejas del ser humano: ejecutivas, morales y de toma de decisiones.

En el primer momento se estará hablando de períodos críticos de aprendizaje (incluido el prenatal), muy relacionados con la supervivencia, donde se ponen las bases de todos los demás procesos cognitivos y su fin es lograr un cableado neuronal estable y básico. Los períodos sensibles serán los más influenciados por la educación y la enseñanza y coinciden con la mayor disponibilidad del cerebro para el cambio, están encaminados a procesos cognitivos complejos y se favorecen las conexiones entre las diferentes áreas cerebrales.

Se puede afirmar que el potencial del cerebro es importante como punto de partida, pero lo es más la estimulación temprana (no la hiperestimulación), preactiva, ordenada, organizada y secuenciada en el tiempo, pues es importante dar al cerebro lo que en cada momento es capaz de asimilar.

Es necesario partir de la idea de que no hay aprendizaje sin memoria, por lo que es muy importante trabajarla e integrarla en actividades de la vida diaria y cultivarla a lo largo del tiempo. Y, además, como los aprendizajes necesitan tiempo, es importante que ante un nuevo contenido se plantee una situación de «enlentecimiento cerebral».

Teniendo en cuenta estas dos premisas como punto de partida se pueden poner las bases para mejorar cualquier aprendizaje. A esto hay que añadir que la emoción siempre modula la información recibida haciendo que se genere una actitud positiva o negativa ante el aprendizaje y, de esta manera, favorece o impide la atención y la acción. Estos estados no suelen ser permanentes y durante una clase, un alumno puede pasar por varios.

En la activación de la atención es muy importante el ambiente: estimulante para los más pequeños y estable para los adolescentes. Existen muchas formas de mantener la atención porque hay muchas modalidades de atención. Una enseñanza activa, con muchos cambios conseguirá que el cerebro esté en continuo

estado de alerta. Aunque hay que tener en cuenta que esta capacidad de atención es cíclica y limitada y necesita descanso tanto para que se reactive como para poder procesar lo aprendido.

Respecto al aprendizaje de las matemáticas se debe señalar que, desde los primeros meses, poseemos un conocimiento matemático intuitivo. Los conceptos matemáticos se desarrollan a temprana edad pero sus procesos explicativos se llevan a cabo más tardíamente. La corteza parietal del hemisferio izquierdo es fundamental en multitud de operaciones matemáticas, pero son varias las zonas del cerebro que se activan en su desarrollo. Los educadores deben facilitar al alumno múltiples experiencias con las matemáticas para que se pongan en funcionamiento las diferentes redes implicadas y ofrecer diversas herramientas para que se adecuen a la forma de aprender de cada uno (que vayan de lo específico a lo general, de lo simple a lo complejo y partiendo, en lo posible, de la experiencia) y evaluar el progreso y el razonamiento, no sólo el resultado final.

El lenguaje es otro de los conocimientos básicos para vivir en sociedad. Su ontogenia está directamente relacionada con la madurez cerebral: se comienza por un período prelingüístico (gritos, sonidos guturales,...), hacia el octavo mes se produce la ecolalia (primeras articulaciones). No obstante, la comprensión del lenguaje precede a su producción y es eficaz hacia el año de vida. A lo largo de las primeras edades se va estructurando, para acabar su organización básica hacia el sexto año de vida. Posteriormente se domina el lenguaje escrito.

Todo este proceso se desarrolla en diferentes áreas cerebrales: área de Broca (producción), área de Wernicke (comprensión), Centro de Exner (escritura), Centro de Luria (coordina praxias para el lenguaje oral y escrito), Centro de De-jèrine (integración simbólica de lectura y escritura) y el Tálamo (fluidez verbal y procesos simbólicos).

La lateralización de las funciones lingüísticas en un hemisferio se organiza entre los catorce meses y los dos años (pero el hemisferio no dominante conservará capacidades lingüísticas elementales incluso de adulto). Si un cerebro se expone a un idioma en los primeros tres años de vida será procesada siempre como lengua materna por el hemisferio dominante. Entre los cuatro y seis años será procesada ya por ambos hemisferios. A los doce años se pierde gran capacidad para percibir el acento como un nativo.

Respecto al aprendizaje de la lectoescritura, cuando se produce en edades tempranas se activa el hemisferio izquierdo y cuando se aprende tardíamente es el derecho el más activo, o, en todo caso, la actividad es bilateral.

Desde un punto de vista educativo una enseñanza globalizada del lenguaje, en la que se active el hemisferio derecho hasta que madure el izquierdo es mejor que iniciar el aprendizaje de la lectoescritura con deletreo de palabras.

Para que el aprendizaje sea eficaz, en el momento de enseñar siempre es necesario conocer los modelos mentales o cognitivos del alumno.

Los grandes avances que se han logrado en el conocimiento del funcionamiento del cerebro, de sus estructuras y de la relación de éstas con la adquisición de los conocimientos de diversa naturaleza y con el desarrollo de las distintas capacidades mentales, lleva a plantearse hasta qué punto los descubrimientos científicos se están utilizando para el desarrollo de las prácticas que redunden en la mejora de los procesos educativos. Para conocer cuál es la respuesta a esta cuestión se han analizado las actividades de una serie de instituciones de re-

conocido prestigio, asociaciones de varios tipos de entidades con interés en la Neurociencia y en la Docencia, así como ciertas iniciativas relacionadas con estas materias.

Lo primero que destaca son los logros conseguidos, así como los importantes esfuerzos que se siguen aplicando a seguir haciendo avanzar las fronteras del conocimiento en este terreno, con un enfoque pluridisciplinar, que integra en los grandes proyectos a científicos de áreas diversas, que van desde la medicina y la biología hasta las matemáticas y la ciencia de computadores, pasando por otras que dependen de la naturaleza y el enfoque de cada uno de los proyectos en los que se está trabajando. Todo apunta a que los avances en la próxima década, o algo más, superarán a todo lo descubierto hasta el momento.

Llama la atención la solvencia científica de las organizaciones que se están dedicando con intensidad al desarrollo de la Neurociencia, así como el de algunas que dedican algún tipo de esfuerzo a aplicar los conocimientos descubiertos en este campo a la mejora de la docencia. Es una realidad que la mayor parte de las aplicaciones se dirigen al campo de la clínica, lo cual no sorprende, no solamente porque se trata de unos conocimientos que tienen su origen principalmente en el campo de la medicina, sino porque parece que reclama una mayor atención la corrección de disfunciones y anomalías, que la potencial mejora de los procesos educativos de las personas normales. Por otra parte, las líneas de investigación relacionadas con la cognición y el comportamiento se centran principalmente, en lo que a la educación se refiere, en cuestiones relacionadas con el lenguaje y con la comprensión de las matemáticas (en cierto modo, con aspectos que podríamos considerar como elementales, tales como el conocimiento de los números y la evaluación de las cantidades).

No obstante, se está manifestando un creciente interés por la aplicación de los conocimientos neurocientíficos a otras disciplinas, y así, están proliferando los ensayos y las investigaciones que se refieren a cuestiones como Neuromarketing, Neuroeconomía, Neurociología, Neurobiología, Neurotecnología, y también, ¡cómo no!, Neuroeducación. Aunque aún no son, comparativamente, excesivamente numerosas, destacan algunas de estas iniciativas por la categoría de las entidades implicadas.

Entre las universidades de prestigio con actividad en el terreno de la Neurociencia, pueden citarse:

- La University of Bristol, en la que se encuentran el *Centre for Psychology and Learning in Context (CPLIC)* y la *Neuroeducational Research Network (NEnet)*. A esta universidad pertenecen la Dra. Sue Pickering y el Dr. Paul Howard-Jones, interesados en el tema al que se refiere este estudio.
- La Duke University. A los efectos del presente estudio, su entidad más significativa es el *Duke Institute for Brain Sciences*, del cual forman parte el *Centre for Cognitive Neuroscience* y el *Centre for Neuroeconomic Studies*. Destaca su actividad en el campo de la Neurotecnología para la obtención de neuroimágenes de alta calidad y por la extensión de la Neurociencia a otras áreas, como la Neuroeconomía.
- En la Universidad de Harvard, la *Harvard Graduate School of Education* tiene un interesante programa denominado *Mind, Brain and Education*, de carácter trans-disciplinar, que abarca campos como los de neurociencia, genética, psicología cognitiva y educación. Su director es Kurt Fisher. Este programa

puede ser una excelente referencia, pensando en desarrollar un plan de instrucción de los docentes en el campo de la neurociencia.

- En la Universidad de Cambridge, el *Centre for Neuroscience in Education* se ocupa de cuestiones relacionadas con el objeto de este trabajo, aunque, como sucede en gran número de casos, sus intereses se centran principalmente en personas con disfunciones y problemas.
- El *Center for the Neural Basis of Cognition* es una iniciativa conjunta de las universidades de Carnegie Mellon y la University of Pittsburgh. Aunque no expresamente orientadas a la docencia, varias de sus líneas de investigación pueden conducir a hallazgos de interés para este campo. Por ejemplo, modelos computacionales específicos, que podrían ser aplicables para experimentar ciertas prácticas educativas, antes de comprobar su efectividad en el aula.
- La *Johns Hopkins School of Education*, en la que colaboran la School of Education y la School of Medicine, el Kennedy-Krieger Institute y el Brain Science Institute, es buen ejemplo de cómo pueden llevarse a cabo proyectos multidisciplinares entre instituciones cuyo fin primario es la docencia y otras del campo de las ciencias del cerebro. El programa de formación *Mind, Brain and Teaching Certificate*, dirigido a profesores, tiene como objeto facilitar a los docentes la familiarización con los hallazgos de la Neurociencia.
- En el Massachusetts Institute of Technology, el Departamento de *Brain+Cognitive Sciences* realiza una investigación avanzada de calidad en el campo de la cognición, y aunque cognición no es exactamente equivalente a educación, muchos de los descubrimientos en el campo de la cognición podrían ser de gran interés para los profesionales de la docencia. Dado el alto nivel científico del MIT y la importancia de los medios dedicados a la neurociencia y a la cognición, no cabe duda de que se trata de una referencia de gran interés.
- *UCL (University College of London)* es la entidad más importante de Europa en materia de neurociencia. Trabaja en varias líneas de investigación, como son las relacionadas con *la acción, la atención, la comunicación, las funciones ejecutivas, la memoria, la percepción y la consciencia, la cognición social, y el espacio y los números*, aspectos todos ellos de gran interés. En cualquier aspecto de la neurociencia, el UCL es una referencia obligada.
- El *ROSS INSTITUTE for Advanced Study and Innovation in Education* es una organización de origen reciente (se creó en la década de los 90). De acuerdo con la información que divulga a través de su web, sus planteamientos educativos se inspiran en gran medida en la iniciativa *Mind, Brain and Education*, de la Universidad de Harvard, y en la teoría de las Inteligencias Múltiples de Howard Garden.
- *Cornell University*. Del conjunto de programas e institutos que se relacionan con la neurociencia en esta Universidad, se destacan los siguientes:
  - a) La *Weill Cornell Graduate School of Medical Sciences* y el *Weill Cornell Medical College*. Su PhD en Neurociencia podría constituir el núcleo de un programa de doctorado que se dirigiese a los profesionales de la docencia interesados en profundizar en el campo de las relaciones entre la neurociencia y la docencia.
  - b) El Sackler Institute, del Weill Cornell Medical College, estudia el desarro-

llo típico y atípico del cerebro en edades tempranas, incluyendo los aspectos cognitivos y emocionales.

- c) El Cognitive Science Program. Aunque está concebido como un pregrado para entrada a posteriores estudios de grado, también podría adaptarse para ser impartido como un posgrado dirigido a licenciados en el campo de la docencia.
- *The Rockefeller University* es otra de las universidades que, dentro del campo de la Neurociencia, trabaja fundamentalmente en temas propios de la medicina y las aplicaciones clínicas, pero investiga en cuestiones que, en algún momento, podrían prestar soporte a la docencia.
  - En la Universidad de Maastrich el nivel de la docencia y de la investigación en materia de Neurociencia es alto, desarrollando actividades de notable interés. Destaca, como en la mayor parte de los casos, el enfoque pluridisciplinar. En este caso, son también de señalar las colaboraciones con otras instituciones, tanto del mundo empresarial como del de la investigación, aunque su investigación no se plantea realizar aportaciones al campo de la docencia.
  - *Pontifical Academy of Sciences*. La Academia Pontificia de las Ciencias no cuenta con un área o departamento dedicado expresamente a la neurociencia. No obstante, sí demuestra un interés por la relación entre la mente, el cerebro y la educación, como lo demuestra el hecho de haber incluido un grupo de trabajo expresamente dedicado a este tema con motivo de la celebración de su cuarto centenario.

Entre las entidades pertenecientes al ámbito estatal pueden mencionarse algunas como:

- El *BCBL (Basque Centre on Cognition, Brain and Language)*, perteneciente a la red de Centros de investigación del Gobierno Vasco. Actualmente trabaja sobre todo en cuestiones relacionadas con el lenguaje y el multilingüismo.
- La *Universidad Politécnica de Madrid*. Su principal actividad en esta materia tiene que ver con el proyecto Blue Brain, que lidera la Universidad Politécnica de Lausanne.
- El *Centro de Neurobiología*, en la Universidad de Alicante. Su actividad la soportan conjuntamente la UMH (Universidad Miguel Hernández) y el CSIC. Se dedica a temas de investigación que poco tienen que ver con el objetivo de este estudio.
- El *Instituto Cajal*, del CSIC, que tiene una gran solvencia científica, pero sus actividades se refieren a temas que no tienen relación directa con el objeto de este trabajo.
- En la Universidad de Barcelona, el *Instituto de Investigación en Cerebro, Cognición y Conducta (IR3C)* realiza una investigación de carácter pluridisciplinar relacionada con la cognición y la conducta, que tiene como objetivo general conocer y comprender mejor cómo los procesos cerebrales determinan las funciones cognitivas (percepción, memoria, aprendizaje, razonamiento y resolución de problemas, lenguaje, comunicación y emoción).
- El grupo de *Neurociencia Cognitiva de la Universidad de Granada*, coordinado por Pío Tudela, mantiene varias líneas de investigación, algunas de las cuales pueden ser aplicables en cierta medida o servir de base para futuras investigaciones cuyo objetivo sea el desarrollo de prácticas para la mejora de los procesos de educación.

- El grupo de investigación del *Departamento de Psicología Cognitiva, Social y Organizacional de la Universidad de La Laguna* desarrolla actividades de investigación en el campo del lenguaje, no relacionadas con la finalidad de este trabajo.
- La Universidad de Murcia ofrece un programa de posgrado, cuyo Plan de Estudios incluye tanto materias enfocadas a la investigación en Neurobiología básica, como otras con finalidad profesional dentro del campo de la Neurociencia cognitiva, afectiva y social. Su actividad investigadora incluye una docena de líneas, sin especial vinculación a la mejora de la práctica educativa.

En lo referente a asociaciones y agrupaciones con interés en las buenas prácticas educativas y/o la Neurociencia, existe un gran número de ellas, pero son muchas menos las que abordan el conjunto de los dos campos. Así, la *CNS (Cognitive Neuroscience Society)*, la *EBBS (European Brain and Behavior Society)*, la *FENS (Federation of European Neuroscience Societies)*, o la *SENC (Sociedad Española de NeuroCiencia)*, son todas ellas organizaciones que tienen un peso importante, pero no tienen un interés directo en lo que se refiere a la utilización de los conocimientos de la neurociencia para la mejora de la práctica educativa (aunque alguna de ellas, como la EBBS puede servir como vía de acceso para conectar con un importante acervo de conocimientos útiles para este fin).

Sin embargo, sí existen dos asociaciones, que agrupan importantes miembros, con interés directo en la aplicación de la Neurociencia a la mejora de la docencia y la educación:

- *Earli (European Association for Research on Learning and Instruction)*, es una organización que, entre otros, manifiesta un decidido interés por investigar en qué medida la neurociencia puede informar la docencia, para unos mejores resultados de ésta. Es una iniciativa que se puede considerar como una de las referencias principales y se estima de gran interés para los profesionales y las organizaciones de la docencia.
- *Imbes (international mind, brain and education society)*. Esta Asociación es un ejemplo claro de búsqueda de colaboración entre la educación y la neurociencia. Merece la pena mantenerse al corriente de sus actividades, iniciativas y recomendaciones. Entre los miembros de su equipo directivo y de su Consejo Asesor figuran personas de reconocido prestigio en el campo de la Neurociencia. Puesto que IMBES presta apoyo al desarrollo de «escuelas de investigación» y de redes de estas escuelas, se considera que es una organización con la que merece la pena establecer contacto, en caso de que se desee poner en marcha una iniciativa de esta naturaleza.
- Es interesante señalar que la OECD manifiesta un interés acerca de estas cuestiones, habiendo realizado dos publicaciones relacionadas con ellas: «Understanding the Brain: Towards a New Learning Science» y, posteriormente, «Understanding the brain: the Birth of a New Learning Science»

Como iniciativas adicionales de interés cabe señalar las siguientes:

- El *Blue Brain Project*, coordinado por la *École Polytechnique Fédérale de Lausanne (EPFL)* y en el que participa, entre otras, la Universidad Politécnica de Madrid. Tiene por finalidad el desarrollo de un modelo computacional del cerebro completo, y aunque está pensado en aplicaciones médicas, sus resultados podrían ser igualmente muy interesantes para el campo de

la docencia. Los resultados logrados hasta el momento son muy esperanzadores.

- *Oxford Forum*. Se trata de una iniciativa muy centrada en la colaboración entre la neurociencia y la educación, promovida por los Profesores Blakemore (descubridor de la naturaleza plástica del cerebro) y Geake. Se refiere no solamente a los aspectos básicos de la cognición, sino también a otros particularmente relevantes en los programas de formación, como pueden ser la comprensión de información compleja, el razonamiento analógico fluido, las capacidades cognitivas de alto nivel o la creatividad intelectual. Constituye una iniciativa relacionada con temas de gran interés, y que convendría analizar con detalle.
- *NEW HORIZONS FOR LEARNING*. Se trata de una iniciativa cuyo interés principal se centra en la educación, pero tiene una sección suficientemente extensa dedicada a la Neurociencia, estableciendo así un estrecho vínculo con esta disciplina. En conjunto, puede considerarse una referencia de interés para cualquier institución docente, y de modo especial, para aquellas interesadas en el seguimiento de las novedades referentes a la aplicación de la Neurociencia a la Educación.

En lo que respecta a publicaciones, aunque son numerosas las que abordan el ámbito de la Neurociencia, se considera interesante destacar las tres siguientes:

- *Learning & Memory* (CSH Press). Es una revista de carácter marcadamente científico, pero la educación no es objeto prioritario de sus intereses.
- *Journal of Cognitive Neuroscience* (MIT Press Journals). Aunque se centra en la Neurociencia de la cognición, no parece que entre sus intereses ocupen un lugar destacado las aplicaciones a la educación, aunque no cabe duda que sus contenidos podrían ser interesantes como soporte para la investigación orientada al desarrollo de prácticas docentes.
- *Mind, Brain and Education* (WILEY BLACKWELL). Como su título sugiere, esta revista dedica atención a la mejora de la práctica de la educación, basada en el conocimiento de la mente y el cerebro.

Como se deduce de su nombre, guarda estrecha relación con el Programa Mind, Brain and Education, de la Harvard Graduate School of Education, así como con la asociación Imbes (International Mind, Brain and Education Society). Por todo ello, se considera que se trata de una de las publicaciones de más interés y la que mejor encaja, entre las identificadas, con la aplicación de la Neurociencia a la educación.

Como resumen de la situación actual, cabe señalar que, no solamente se han logrado grandes avances en el conocimiento del cerebro, sino que además se mantiene una enérgica y amplia actividad investigadora, a todos los niveles: molecular, celular, la centrada en la columna neurocortical y la correspondiente a las grandes áreas cerebrales. La investigación se hace cada vez más pluridisciplinar y cuenta con un apoyo creciente de técnicas computacionales avanzadas y de otras técnicas de diversa naturaleza, entre las cuales son particularmente relevantes las que se refieren a la obtención de imágenes neurofuncionales. Con todo ello, es de esperar que el conocimiento del cerebro continúe progresando en el futuro inmediato.

Sucede, no obstante, que estos conocimientos solamente se han aplicado a la mejora de la educación, hasta la fecha, en una medida relativamente reducida,

aunque se percibe un auge del interés por su aplicación a campos distintos del de la medicina, entre ellos, el citado de la educación.

Por lo que respecta a la posición de los docentes, la actitud más extendida es la de interés en conocer los desarrollos de la Neurociencia y el modo en que pueden utilizarse para mejorar los resultados de la práctica educativa (al menos es lo que se desprende de encuestas realizadas a docentes de varios países).

Todo conduce a pensar que:

- La gran cantidad de conocimientos que se está generando constituye un importante potencial para avanzar en todas las áreas relacionadas con las actividades mentales de las personas, entre ellas, la educación.
- Hasta la fecha, la utilización de tales conocimientos no ha tenido lugar en gran medida en el campo de la docencia, aunque existe un interés cada vez más manifiesto y varias iniciativas en las que están implicadas personas e instituciones de sólido prestigio.
- Existen indicios de que se puede estar a las puertas de una intensificación de la aplicación de los mencionados conocimientos a la investigación y al desarrollo de prácticas educativas que mejoren la eficacia de las actuales.

En lo que se refiere a la posición de los responsables de las políticas públicas, tanto de las correspondientes a la educación como a la investigación, no parece que en nuestro entorno próximo exista una especial atención a estas cuestiones, aunque en otros lugares de Europa y Estados Unidos es normal contar con el asesoramiento de expertos en la neurociencia de la cognición y del comportamiento. Por tanto, convendría promover su sensibilización acerca de estas materias.

Hasta el momento, una carencia que se ha detectado, en la práctica totalidad de los países, ha sido una falta de comunicación entre los profesionales de la Neurociencia y los de la educación. En parte, puede deberse a que dicha comunicación viene dificultada por el hecho de que ambos colectivos utilizan distintos lenguajes. La habilitación de programas orientados a facilitar instrucción a los docentes acerca del cerebro y los mecanismos que regulan su funcionamiento, propiciaría una mayor colaboración entre ambos grupos.

Es evidente la importancia de no quedarse descolgados de los avances que se produzcan en este terreno, por lo que convendría articular la participación en los programas internacionales científicamente más solventes, tomando incluso la iniciativa en la promoción de proyectos que permitan adelantarse en la reorientación de ciertas prácticas educativas, con el fin de mejorar los resultados de éstas.

Aunque no sea el objetivo directo de este trabajo, no debe dejarse de destacar el interés que todas estas cuestiones tienen también para el mundo de la empresa, teniendo en cuenta que el aprendizaje de por vida (el «lifelong learning») se considera una práctica a cuya asunción no se puede renunciar. Además, en este ámbito es crucial no solamente la adquisición de conocimientos, sino también la de las capacidades y competencias que posibiliten la eficiente aplicación de aquéllos.

Partiendo de todo lo expuesto, el estudio termina con una serie de sugerencias de posibles actuaciones de interés, a la vista del estado actual de la cuestión. De ellas, algunas son de tipo genérico, mientras que otras constituyen recomendaciones que podrían ser acometidas por agentes de nuestro entorno próximo, lo que daría lugar, como resultado directo, a un mejor aprovechamiento de los

conocimientos del campo de la Neurociencia en la función educativa, al tiempo de forma indirecta redundaría en una mejor utilización del potencial intelectual de las personas que integran nuestra sociedad, y por consiguiente, a un beneficio para el conjunto de ésta.

Estas sugerencias se resumen en lo siguiente:

- Prácticas docentes más informadas en la Neurociencia. Puesto que la Neurociencia estará crecientemente en condiciones de explicar los distintos mecanismos que forman parte de los procesos educativos, tiene sentido que los hallazgos de dicho campo de la ciencia se tengan presentes a la hora de plantear el ejercicio de la docencia.
- Identificación más precisa de las capacidades complementarias del conocimiento e investigación del modo de desarrollarlas. A lo largo del estudio se hace hincapié en el hecho de que la adquisición y la eficiente aplicación del conocimiento requiere de una serie de capacidades complementarias pero distintas de éste, algunas de las cuales son conocidas y se citan en el trabajo. Ahora bien, sería bueno profundizar en la investigación de cuáles son todas las que están presentes en los procesos mentales, cuáles son las estructuras cerebrales en las que se sustentan y cómo debe procederse para conseguir su desarrollo de un modo eficaz y eficiente. Tales proyectos deberían tener un enfoque pluridisciplinar y sería deseable tener algún tipo de presencia en los mismos, con objeto de conocer de primera mano los resultados de la correspondiente investigación.
- Profundización en la identificación de actividades de interés actualmente en marcha y toma de contacto con las entidades que estén ejerciendo un papel relevante en ellas. Uno de los resultados de este estudio ha sido la identificación de varias iniciativas relacionadas con la aplicación de la Neurociencia al campo de la docencia, pero esta labor no se ha realizado de forma exhaustiva, por lo que sería recomendable, en primer lugar, profundizar en este aspecto, y además tomar contacto con las entidades que desempeñan un papel relevante en aquellas que se consideren de mayor interés. Sería asimismo deseable tratar de que, algunas entidades locales, se incorporasen a alguna de dichas iniciativas.
- Elaboración de propuestas de iniciativas específicas. Como iniciativas que se podrían acometer localmente para fomentar el aprovechamiento de los hallazgos en el campo de la Neurociencia, se señalan las que se citan a continuación:
  - a) Creación de un *servicio de monitorización* de los desarrollos de la Neurociencia con potencial aplicación al campo de la educación.
  - b) Creación de un *servicio de información* a los profesionales de la docencia.
  - c) Constitución de un *foro de discusión y encuentro* entre neurocientíficos y Docentes.
  - d) Organización de *conferencias y talleres* alrededor de estos temas.
  - e) Creación de un curso en el contexto de la universidad para *formar a profesores y docentes en el campo de la Neurociencia* de la cognición y del comportamiento.
  - f) *Creación de una Unidad* para la gestión de las cuestiones que se apuntan en este epígrafe.

- Orientación a los responsables de las políticas públicas de educación. Dado el interés que tiene el que los responsables del diseño de las políticas públicas de educación estén al corriente de todo aquello que pueda mejorar el desarrollo de aquélla, parece que una buena práctica elemental consistiría en que se les informe, de forma permanente, de los descubrimientos que se vayan realizando en este terreno. De igual manera, sería recomendable que, previamente a la aprobación definitiva de las nuevas políticas en esta materia, recabasen los puntos de vista de expertos que puedan aportar una opinión cualificada en estas cuestiones, de forma similar a como se ha visto que se procede en otros lugares. Esta labor de asesoramiento podría ser ejercida por personal de la Unidad que se menciona en el apartado f) del epígrafe anterior.
- Difusión de los resultados de este estudio. La presente publicación, patrocinada por Innobasque, tiene por finalidad difundir los resultados del estudio realizado. Entendiendo que pueden ser muchas las personas, pertenecientes a ámbitos muy diversos, para las que puede ser interesante su contenido, se sugiere que se realice un plan de difusión para facilitar el acceso al mismo de cuantos deseen conocer sus conclusiones. Ello se podría llevar a cabo mediante artículos que se publicasen en los medios adecuados, organización de seminarios dirigidos fundamentalmente al personal docente, incorporación a la página web de Innobasque de enlaces a otras organizaciones relacionadas con la materia de este trabajo, etc.
- Estudio de prospectiva para una evaluación más precisa de las expectativas. Una actuación complementaria del presente trabajo sería la realización de un estudio de prospectiva, cuyo fin fuese la estimación de cuál puede ser la evolución de las cuestiones emergentes apuntadas y cuáles serían las fechas aproximadas en las que, determinados descubrimientos científicos, diesen paso a la elaboración de prácticas de utilidad para la mejora de aspectos concretos de la docencia. Dicho estudio debería ser elaborado en colaboración con alguna organización experta en este tipo de trabajos

Se insiste nuevamente en la procedencia de contar, para el desarrollo de las actuaciones señaladas, con el apoyo de una Unidad, que podría crearse «ex novo» o a partir de alguna organización con vocación de innovación en materia de educación, siendo deseable que en ella confluyesen agentes procedentes de la educación, la administración pública y el campo empresarial. La presencia de este último tipo de agentes se justifica porque el mundo de la empresa es el terreno al que se incorporan finalmente los egresados del sistema educativo, en lo que se refiere a su actividad laboral, y en este sentido es conveniente tener en cuenta las opiniones de los representantes de la empresa en lo que se refiere conjunto de conocimientos, capacidades, competencias y valores que esperan de las personas con las que desearían contar.

