

## La imagen del cerebro que aprende. Nuevas perspectivas para la Psicología del Desarrollo desde las bases neuronales del aprendizaje y la cognición.

Tomás De Andrés Tripero  
Dpto. Psicología Evolutiva y de la Educación  
Universidad Complutense de Madrid

*Resumen: Los avances en el campo de la neurociencia cognitiva descubren un camino nuevo y sorprendente, la posibilidad de explorar, con imágenes avanzadas, en el entramado complejo de las comunicaciones neuronales, sus efectos físicos y las huellas del aprendizaje en el cerebro humano. Ahora podemos ver, con los ojos, cómo la experiencia vital afecta al crecimiento del cerebro y a su capacidad para recordar y aprender. De este modo nos hemos dado cuenta de algo sorprendente, del hecho de que nuestro cerebro, lejos de ser un mero receptor pasivo, utiliza todas las informaciones que recibe para irse transformando gracias a su plasticidad, para ser algo distinto a lo que en un principio era; nos encontramos ante una máquina biológica “inteligente” capaz de hacerse y de rehacerse a sí misma, de adaptarse y de readaptarse, tanto a nivel evolutivo individual como de la propia especie. Un cerebro, en definitiva que probablemente se descubra a sí mismo en pleno salto evolutivo.*

*Palabras Clave: Neurociencia Cognitiva, Neuroimagen, Teoría de configuración de la Mente, Plasticidad y desarrollo neuropsicológico.*

*Abstract: Advances in cognitivist neuroscience discover an unexplored new path of investigation and the possibility of exploring unknown neuronal conexions through advanced multimedia researching images. Now we are able to see with our own eyes how vital experiences affects the brain's growth and it's capability to remember and continue to keep learning through new experiences. From this point of view, we have observed that the brain, is not only a passive receptor of information but an active organ that uses incoming new infomation and transforms it into an absolute new result, thanks to its known elasticity. The Brain is a biological machine, capable of making and remarking it self continuously as an individual result and as a species result.*

*Key words: Cognitive Neuroscience, Neuroimage, Mind Configuration Théorie, Plasticity and neuropsychologic development.*

Introducción: La imagen de un nuevo cerebro en desarrollo que se va descubriendo a sí mismo

Hemos aprendido de J. Wagensberg (2007) que el gozo del pensamiento forma parte de la selección natural y, en mi opinión, este fenómeno psíquico tan escasamente elogiado podría garantizar también la buena dirección del método y del pensamiento científico.

El gozo mental en cuanto “*episodio cerebral*”, proviene de los orígenes más ancestrales de la vida humana y forma parte esencial de nuestra propia materia neurológica. No es sino la prioridad de la conciencia del gozo - la alegría de saber que proporciona nuestro atrevimiento para avanzar más allá de lo conocido-, lo que para Wagensberg, legitima realmente a la ciencia. Una opinión que muchos compartimos.

La realidad es que tal vez podríamos llegar ya, incluso, a representar en imágenes el acto feliz de la comprensión y el placer de la intuición en sus correspondientes zonas cerebrales activas. Se desvelaría así la clara objetividad de una pasión subjetiva

Los nuevos descubrimientos de la neurociencia cognitiva, los actuales hallazgos en el campo de la neuro-imagen y los modelos físico-matemáticos de sistemas binarios digitales y las nuevas perspectivas de la neuropsicología contribuyen a reconsiderar las teorías tradicionales sobre el desarrollo cognitivo y a ofrecer una nueva imagen de las bases neuronales de la cognición, a la que ya podemos acceder visualmente. Se abre así, no sólo una perspectiva revolucionaria del cerebro infantil en desarrollo, de sus funciones cognitivas, de sus fallos y de su estructura dinámica, sino también y en opinión de R. Saxe y S. Baron-Cohen (2007) la puerta de una nueva Teoría de la Mente. Una prometedora doctrina científica a la yo he querido aportar algo con mi *Teoría de la Configuración de la Mente*. (Andrés, 2007)

#### Métodos.

Los métodos de visualización del cerebro humano - en vivo - suponen una de los más grandes avances que la neurología actual ha hecho posible. A partir del éxito de la tomografía axial computarizada - nacida en los años setenta, sobre la base de los “rayos x” - se desarrollaron técnicas más ambiciosas, como la resonancia magnética funcional para crear imágenes de alta resolución a partir de las ondas que emiten los átomos de hidrógeno al ser activados por ondas de radiofrecuencia en un campo magnético. (Cabeza y Nyberg, 2000; Cabeza, R., & Kingston, A. 2002).

A estos progresos se unen los de la magneto encefalografía que, al medir los cambios transcraneales, mediante estimulación electromagnética, sirven para evidenciar el vínculo de paralelismo entre la actividad cerebral y la cognitiva. (Fitzpatrick y Rothman, 2000; Pascual-Leone, Walsh & Rothwell, 2000). Con la generación de imágenes 3D de todo el encéfalo, que nos permiten formar una visualización de su actividad en tiempo real, podemos detectar el desarrollo evolutivo y la localización espacial de las diferentes funciones cerebrales, incluidas las de aprendizaje. De nuevo la Resonancia Magnética Funcional, que nos ofrece imágenes del aumento del aporte de oxígeno en la sangre en regiones especialmente activas, o la magneto encefalografía, capaz de detectar los cambios magnéticos producidos en la superficie del cuero cabelludo por la actividad neuronal, podrían darnos alguna clave de lo que realmente pasa con nosotros y con el rastro de la presencia del pasado cuando se activan las regiones vinculadas con la actividad de recordar. Recordemos que el electroencefalograma, que detecta las ondas

de la actividad eléctrica general del encéfalo, se obtiene mediante electrodos que se colocan sobre el mismo cuero cabelludo.

Hay también otras técnicas de investigación biopsicológica que tienen como objeto visualizar las señales de la acción cerebral, como la Tomografía por emisión de positrones, que se dado su carácter invasivo se utiliza solamente en pacientes que presentan algún tipo de patología. En este caso se inyecta una sustancia similar a la glucosa que sirve de energía al cerebro (la 2-desoxiglucosa radioactiva) en la arteria carótida que irriga el hemisferio homolateral. Esta sustancia es absorbida inmediatamente por las neuronas que muestran un determinado patrón de actividad, poniéndose éste al descubierto. También la por el momento arriesgada estimulación magnética transcraneal que, mediante la actuación de un campo magnético situado bajo una bobina que se coloca sobre el cráneo, bloquea una parte del cerebro.

Este procedimiento, que se suma al desarrollo incesante de esas nuevas técnicas de neuroimagen funcional, se pone en práctica para ver en qué medida ese “apagón” influye en la cognición o la conducta del paciente.

Todos estas técnicas que, más allá de su carácter de diagnóstico de posibles disfunciones, sirven para poner al descubierto el rastro de nuestras funciones cognitivas o de aprendizaje se están convirtiendo en un gran recurso para que, desde la neurociencia cognitiva, podamos llegar a obtener un amplio archivo de imágenes de funciones cerebrales, que nos abrirán el camino para descubrir los procesos que nos permiten aprender, sentir, recordar...

Nuestra conciencia es en realidad un complejo almacén de recuerdos, pero poco sabemos cuáles son los protocolos, las acciones mentales necesarias, para localizarlos con precisión, colocarlos, rescatarlos - revivirlos incluso- , o enviarlos a los rincones menos accesibles. Porque lo peor de todo es que parece que no tenemos ningún poder para controlar el orden de ese complicado tinglado. Y quizá no lo sepamos hasta que no podamos “retratar”, o al menos diseñar, un nuevo modelo lógico-matemático, a escala accesible de integración, del inmenso proceso de conexiones de nuestra circuitería cerebral.

Los actuales métodos de estimulación y de diagnóstico mediante imágenes nos podrían también permitir “visualizar” la actividad bioeléctrica, rítmica, que se produce en nuestro cerebro cuando realizamos ese intento de reconstrucción del pasado. Descartando información reducimos la activación, y para seguir con el necesario ahorro de energía de las conexiones neuronales, esa información “apartada” se olvida, se desactiva, mediante un proceso, aún no suficientemente conocido, en beneficio de sus competidoras.

Pero no sabemos realmente cuáles pueden ser las consecuencias de ese proceso cognitivo de reducción fenomenológica de los recuerdos, lo que sí podemos es “ver” en las imágenes obtenidas por resonancia magnética que los intentos de olvidar o recordar alguna palabra, frase, número o escena, presentada a sujetos sometidos en una prueba experimental, sucede en la corteza prefrontal. De ahí que una lesión en esta zona pueda producir amnesia. De todos modos parece no haber un lugar específico para cada dato concreto.

Lo que sabemos de todo esto, hasta el momento, nos conducen a pensar que más bien los recuerdos se almacenan de manera difusa en todas y cada una de las estructuras cerebrales que participaron en la experiencia vital originaria. Que los diversos elementos sensoriales que

componen un recuerdo se archivan de manera fragmentada, en un lado los sonidos, en otro los colores, en otro las emociones que se vinculan a sonidos o colores..., por ejemplo, y que en un momento determinado el cerebro, en su conjunto y con el concurso de la activación de las diferentes áreas especializadas, procede a realizar una “*gestalt*”, una estructura dotada de sentido y de conciencia, con esos “materiales” que nos permitirán reconstruir las experiencias y aprendizajes del pasado.

Lo que ya parece bastante evidente es el paralelismo entre la actividad cerebral y la cognitiva, la mutua interacción entre desarrollo neuropsicológico y aprendizaje.

#### La naturaleza de la investigación con neuroimágenes.

La Neurociencia Cognitiva se utiliza para detectar la actividad cerebral, haciendo posible su estudio funcional. Investigaciones norteamericanas, desarrolladas en los primeros años de nuestro siglo, con la colaboración de diferentes “Institutos Nacionales de Salud”, tienen por objeto captar imágenes del desarrollo cerebral, mediante técnicas de resonancia magnética funcional. Particulares, inmersos en procesos de diagnóstico, e investigadores ofrecen sus fotografías de imágenes cerebrales para su estudio. (Roland y otros., 2001; Van Horn&Gazzaniga, 2002)

#### *¿Qué es lo que realmente nos muestra la técnica de resonancia magnética funcional?*

Es la aportación de oxígeno a la sangre cuando se activan regiones del encéfalo estimuladas por una determinada actividad cognitiva, perceptiva o emocional. Este importante desarrollo en la investigación con neuroimágenes nos va a permitir disponer de un amplio e ilustrador archivo de fotografías sobre el desarrollo cerebral y poder saber algo más acerca de su crecimiento, de su organización sistémica y neuronal, tanto desde el punto de vista normal como patológico.

En algunos casos, desde 1999, se han tomado imágenes cerebrales de niños, durante meses o incluso años en una frecuencia aproximada de unas tres veces cada cuatro años para los mayores de 6 y durante toda la edad escolar.

#### Resultados

Los menores de 6 años están siendo objeto de muchas más pruebas, ya que como suponen los diferentes investigadores - con cierta obviedad - el cerebro de los niños más pequeños experimenta, durante su proceso de desarrollo, una más rápida transformación.

Los niños, objeto de estas investigaciones, son sometidos a diferentes pruebas de evaluación de su desarrollo perceptivo psicomotor, de asociación verbal, clasificación simbólica o capacidad numérica, para descubrir qué regiones encefálicas intervienen en los diferentes procesos cognitivos.

No cabe duda de que los estudios comparativos, entre desarrollos patológicos y normales, podrían facilitar informaciones interesantes desde el punto de vista de su

aprovechamiento terapéutico o simplemente para conocer mejor los orígenes de trastornos preocupantes como el síndrome atencional hiperactivo, deficiencias motoras y perceptivas, epilepsias, autismo, retraso mental, dificultades de aprendizaje, depresiones o fobias escolares, etc.

Generalmente, en este tipo de pruebas, los niños de clases sociales desfavorecidas suelen obtener los peores resultados. Esta es la evidencia constatada empíricamente de una obviedad que la inteligencia, en cuanto manifestación de conductas cognitivas apropiadas para la consecución de objetivos, no se tiene, sino que se adquiere y se obtiene de un modo más apropiado en entornos cualitativamente positivos.

De hecho se aprende a actuar inteligentemente según los diferentes tipos de inteligencia que se precisen (práctica, numérica, verbal, iconográfica, emocional...etc.); y se aprende mucho mejor cuanto mejor sean los ambientes de desarrollo, los medios y recursos educativos. Cuanto mejor y más equilibrada sea la alimentación y las condiciones socio afectivas o la estabilidad emocional.

En general concluyen que los niños mejoran sus habilidades cognitivas entre los 6 y los diez años, un momento clave del desarrollo escolar. Como sabemos se trata de la evidencia de la aparición del ritmo cerebral alfa, sobre los 7-8 años, indicativo del inicio de una sorprendente madurez cerebral y capacidad intelectual.

Las fotografías cerebrales permiten mostrar los cambios patológicos que pueden producirse en un determinado momento, o ayudarnos a comprender las diferencias entre una estructura cerebral sana y otra dañada.

Pueden auxiliarnos para saber más sobre salud cerebral infantil, el desarrollo motor o perceptivo, las bases neurológicas de la inteligencia o sobre el deterioro cerebral ocasionado por sustancias tóxicas. También sobre la extraordinaria plasticidad de un cerebro capaz de reestructurar o recomponer funciones en una zona cuando otra ha sido dañada.

Estos proyectos, en sí, resultan apasionantes, aunque quizá alguna cuestiones relativas a la ética de la investigación puedan resultar controvertidas: ¿Son realmente voluntarios todos los sujetos? En proceso de desarrollo no lo olvidemos. ¿Se puede garantizar la inexistencia de efectos secundarios? ¿Estarán bien informados los padres de lo que significa someter a sus hijos a este tipo de seguimientos para tomar imágenes, de manera más o menos continuada?

## Conclusiones

### *Una nueva imagen una nueva Teoría de la Mente*

Esta imagen del cerebro podría llevar implícita una nueva Teoría de la Mente necesaria para describir el pensamiento, las estrategias del funcionamiento de la inteligencia, y la nueva conciencia de un ser humano que se encuentra, desde el punto de vista filogenético, en la antesala de una nueva era. Desde los miles de años que el ser humano habita la tierra no ha habido un cambio tan grande en los estímulos perceptivos, con los que se ha de relacionar el sistema nervioso, como el que se ha producido en los últimos años. De ahí que podamos considerar la aparición de un cerebro, digitalmente adaptado, que se encuentra a las puertas de un nuevo salto evolutivo.

Un nuevo cerebro, para una joven mente en crecimiento, digitalmente estimulado y moldeado, capaz de procesar, codificar e interactuar con la aparición incesante de nuevas experiencias perceptivas y cognitivas que resultan del nuevo contexto sociocultural multitecnológico. La naturaleza estimular de la experiencia, su capacidad de impacto o su continuidad en el tiempo transforma la naturaleza de nuestra estructura cerebral, a partir de la especialización de sus conexiones neuronales.

La necesidad de impulsar un nuevo paradigma, para el estudio de las perspectivas que se abren al estudio del cerebro que aprende, me ha llevado a proponer una *Teoría sobre la Configuración de la Mente* que pueda apoyarse en las ya abiertas del neo conexionismo y del neuroconstructivismo.

Lo que podríamos considerar como “*configuracionismo*” (Andrés, 2007) parte de la idea fundamental de una visión del cerebro en desarrollo que se va haciendo así mismo, que se va auto-construyendo sobre una estructura neuronal dinámica de extraordinaria plasticidad y que podría atenerse a leyes de funcionamiento lógico binario.

El aprendizaje mediante ensayo y error, del encuentro de respuestas positivas y negativas en el diálogo medioambiental, propicia un desarrollo motor y perceptivo temprano que permite al desarrollo neuronal establecer, o no, determinadas conexiones en un proceso emergente que hará posible que los niños más pequeños puedan responder satisfactoriamente al complejo desafío de integración de sus funciones motoras y cognitivas.

Ya nadie duda de que el desarrollo motor y perceptivo temprano sean dos fenómenos interrelacionados, que percepción y cognición establezcan las bases de la comunicación y de la memoria y que, a su vez, permitan la aparición de formas pre-verbales de categorización mental. Se trata, en definitiva, de estrategias mediante las que el joven cerebro explora múltiples caminos para conseguir un aprendizaje más eficiente, para componer activamente el “mosaico del conocimiento”

Contemplamos así un sistema de naturaleza común para todos los seres humanos, con un mismo funcionamiento y unas mismas bases neuronales, con una similar capacidad para aprender de la experiencia pero que, a nivel individual, se va configurando de manera diferente como respuesta al impacto de las características propias medioambientales de cada cual.

### *Plasticidad sorprendente y esperanzadora*

La experiencia deja sus huellas en la red neuronal y modifica la transferencia de información. La plasticidad permite que las redes de comunicación cerebrales se encuentren en continua modificación y transformación, lo que contribuye a que el cerebro, en definitiva, cambie y se transforme.

Las neurociencias y las teorías psicológicas sobre la mente son puntos de vista complementarios para comprender los fundamentos de la actividad psíquica. También la Filosofía de la Ciencia se encuentra legitimada para plantearse cuestiones cuyo sentido puede hallarse en la investigación y en los resultados más actuales: ¿Podríamos llegar a servirnos de

las indiscutibles condiciones de plasticidad cerebral para llegar a controlar los procesos disfuncionales, destructivos o degenerativos de nuestro Sistema Nervioso?

Las dos cuestiones fundamentales que tendríamos previamente que resolver son, por un lado el desciframiento de los códigos de comunicación entre neuronas, de manera semejante a como se están ya aclarando algunos aspectos del código del genoma, y, por otro, el problema energético celular.

El cerebro es un órgano evolutivo complejo, aún prácticamente desconocido, que se nos presenta como un sistema biológico dinámico. Su constitución depende tanto de su encuentro con la naturaleza medioambiental como de sus propios hechos psíquicos. La relación entre lo psíquico y lo orgánico permitiría, de este modo, una nueva reinterpretación.

Los avances en el conocimiento de los mecanismos celulares y moleculares, que explican el funcionamiento cerebral desde la perspectiva de la plasticidad, nos acercan a la comprensión de los procesos sinápticos de transmisión nerviosa de la información, de sus errores o interrupciones y, en consecuencia, de las causas de la destrucción de las redes neuronales que conducen a las diversas formas de patologías accidentales o degenerativas, tales como el envejecimiento evitable del sistema.

Muchas observaciones ofrecidas por los adelantos en la investigación neurocientífica nos llevan a considerar que el cerebro en desarrollo es una estructura extraordinariamente plástica y con una gran capacidad de adaptación. El cerebro posee una gran capacidad para reorganizarse, en respuesta a influencias externas o a una lesión localizada. Se encuentra cada vez más capacitado para realizar un esfuerzo adaptativo que optimice sus posibilidades de control y de respuesta.

El Sistema Nervioso en crecimiento, desde su formación inicial, se comporta de forma inteligente, acomodándose a la variabilidad múltiple de las condiciones internas o externas.

Por otra parte, toda célula viva requiere de la energía necesaria para mantener, sin agotarla, sus funciones básicas. Precisa conservar y ahorrar esa energía para poder consumirla poco a poco y distribuirla de acuerdo con las necesidades que su desarrollo y funciones le va imponiendo. Tras obtenerla, la acumula y debe conseguir que, en la respuesta a las exigencias de sus tareas, el gasto sea mínimo. El problema energético es uno de los más importantes que tiene que resolver una célula nerviosa.

La célula nerviosa podría solucionar este problema dando una respuesta continua pero así se produciría un rápido agotamiento. Su sistema de respuesta ha de ser necesariamente discreto y rítmico.

Desde la perspectiva de la Teoría de Sistemas, el concepto “discreto” implica al discontinuo. Esto no quiere decir que el resultado final de una acción cerebral vaya a ser intermitente, sino que cualquier movimiento continuo será el resultado de la acción conjunta de muchas células o grupos celulares que, en sí mismos, sí funcionan rítmica o intermitentemente.

En la actualidad podemos seguir el rastro rítmico hasta el interior de la célula y descubrir esos cambios cíclicos en el contenido del ácido ribonucleico (ARN). Sabemos que la actividad eléctrica cerebral, aún en condiciones de reposo, es incesante.

Durante el sueño es la propia actividad rítmica, creando una especie de estado auto-hipnótico, la que limita o desciende el nivel de conciencia. La existencia de esta actividad rítmica, o de modulación energética, es, por lo tanto, inherente a la vida.

La actividad bioeléctrica cerebral se manifiesta, por tanto, de forma rítmica: ¿Habrá correlación positiva entre las alteraciones rítmicas y las disfunciones cerebrales? ¿Podría darse alguna situación en la que, por causas aún por definir, la respuesta continua sustituyera - quizá por malfuncionamiento - a la respuesta rítmica o discreta, conduciendo a una rápida y destructiva pérdida energética que deteriorara rápidamente el sistema? ¿Seremos capaces de intervenir en la restauración de los ritmos y superar los problemas degenerativos?

La reflexión sobre la ciencia puede legítimamente conducir a preguntas como éstas, cuyas respuestas podrían desencadenar una larga serie de acciones experimentales conducentes no sólo a un mejor conocimiento de la actividad cerebral sino también a la mejora de sus capacidades de supervivencia.

---

### Referencias

- Cabeza, R., & Nyberg, L. (1997). Imaging cognition: An empirical review of 275 PET and FMRI studies. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 9 (1), 1-26.
- Cabeza, R. & Kingstone, A. (2002). Cognitive neuroimaging for all! *Trend in Neuroscience*, 25 (5), 275.
- De Andrés Tripero, T. (2007). *El desarrollo de la inteligencia filmica*. Centro Nacional de Información y Comunicación Educativa: Madrid.
- Fitzpatrick, S.M. & Rothman, D. L. (2000). Meeting report: Transcranial magnetic stimulation and studies of human cognition. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 12, 704-709.
- Pascual-Leone, A., Walsh, V., & Rothwell, J. (2000). Transcranial magnetic stimulation in cognitive neuroscience. *Current Opinion in Neurobiology*, 10, 232-237.
- Roland, P., et al. (2001). A database generator for human brain imaging. *Trends in Neurosciences*, 24, 562-564.
- Saxe, R. & Baron-Cohen, S. (Eds.) (2007). *Theory of Mind*. University of Cambridge, U.K.
- Van Horn, J.D. & Gazzaniga, M. S. (2002). Databasing FMRI studies – towards a “discovery science” of brain function, *Nature Reviews Neuroscience*, 5, 35-43.
- Wagensberg, J. (2007). *El Gozo Intelectual. Teoría y práctica de la inteligibilidad y la belleza*. Metatemas. Libros para pensar la ciencia. Colección dirigida por J. Wagensberg. Barcelona: TusQuets Editores.