

EL CEREBRO Y LAS TIC

Resumen: En la filosofía de la ciencia predomina la perspectiva que considera los instrumentos como mediadores de la acción. El artículo completa esa perspectiva indicando que la incorporación de la tecnología transforma el instrumento en mediador para las transformaciones de las operaciones mentales que ejecuta la mente, actuando sobre la estructura plástica del cerebro. Esto acontece en el uso del instrumento del lenguaje, en el de la lecto-escritura y, ocurre de nuevo, con la incorporación de las TIC, en tanto que tecnología de trabajo en la cultura. Las TIC constituyen, al mismo tiempo, modelo e instrumento para la observación e investigación de la actividad del cerebro.

Palabras clave: Aprendizaje y TIC; mediadores culturales y actividad cerebral; funciones mentales; cerebro y educación



THE BRAIN AND ICT

Summary: In the philosophy of science the prevailing perspective is to consider instruments as mediators of action. This article completes this perspective indicating that the incorporation of technology transforms the instrument in mediator for the transformations of the mental operations performed by the mind, thus acting on the plastic structure of the brain. This occurs in the use of the instrument of language, in that of literacy and it takes place again with the incorporation of ICT, given that it is a technology of work in culture. ICT are, at the same time, model and instrument for observation and investigation of brain activity.

Keywords: Learning and ICT, cultural mediators and brain activity, mental functions, brain and education



EL CEREBRO Y LAS TIC

Fecha de recepción: 09/05/2013; fecha de aceptación: 11/06/2013; fecha de publicación: 30/07/2013

Joaquín García Carrasco
carrasco@usal.es
Universidad de Salamanca

Juan Antonio Juanes Méndez
jajm@usal.es
Universidad de Salamanca

1.- INTRODUCCIÓN

Los fenómenos culturales se pueden considerar desde muchos puntos de vista; desde cada uno de ellos se observa un paisaje antropológico diferente y se levantan argumentaciones, que se corresponden con él. El punto de vista es la linterna que ilumina y resalta los hechos y atrae las argumentaciones; la lógica los estructura y los ordena. Lo que vamos a iluminar y resaltar aquí tiene que ver con *hechos* que se narran en los textos de Antropología y que cada vez nos son más familiares: pertenecemos a una especie social que, de inicio, mostró talento de diseñador y de fabricante. Ostentaba perspicacia para imaginar el proceso secuencial para concebir, predecir, imaginar y reproducir instrumentos. En la zona intersubjetiva de las aplicaciones instrumentales se modificaban los modos de vida; y, al hacerlo, mudaban las maneras de pensar. Esos hechos prueban que la mediación instrumental de nuestros proyectos, de alguna manera, *se incorpora* a la estructura mental que promueve el comportamiento. Los hechos proporcionan argumentos en el sentido de que el sistema instrumental afecta y modifica la funcionalidad de la estructura de los cerebros humanos (Figura 1). No debieran sorprender estas afirmaciones, ya que hoy gana credibilidad el enunciado acerca de que toda actividad implica cambios en la plasticidad cerebral (Scholz- Klein, 2013).

Este enunciado respeta otro más fundamental: nada que tenga esencialmente la condición de adquirido se incorpora al código genético. Las modificaciones cerebrales a las que nos referiremos son todas históricas, afectan y son consecuencia de la plasticidad de la estructura de los cerebros que operan con los instrumentos. Si, también en ese respecto, nos consideramos herederos –en el modo de vida y en las formas de pensar– de aquellos fabricantes de instrumentos no es porque su legado nos venga codificado en el ácido desoxirribonucleico (ADN), sino que encontramos su patrimonio, reelaborado por

sucesivas generaciones, condicionando las posibilidades y oportunidades de nuestra acción, nuestra manera de vivir, el formato de nuestros pensamientos y la actividad global de nuestros cerebros.

Antes de seguir, indicamos otra precisión global.

En otras palabras, nacemos con un bien “cableado” cerebro y con una cantidad increíble de conocimientos adquiridos genéticamente. Lo anterior se ilustra claramente en profesiones como la neurología y la psiquiatría que, *de hecho*, esperan que todos los pacientes con cierta lesión cerebral manifiesten síntomas semejantes. En otras palabras, el aprendizaje nunca produce alteraciones básicas de la neurología, al punto que ésta sea diferente entre individuos con diferentes niveles de educación (Llinas, 2003, 2005).

Por eso, hemos dicho que se trata de un cambio en la plasticidad de la estructura. En cierta ocasión, en una reunión científica de profesores de Humanidades, alguien preguntaba: ¿Creen que la tecnología de la Sociedad de la Información tiene capacidad para modificar nuestros cerebros? En el dominio de las Humanidades, la pregunta parece aparatosa; en cambio, si nos introducimos en la *neurocultura* (Mora, 2007), viene a la mano, inmediatamente y con naturalidad, una primera respuesta afirmativa, que desarrollaremos en este documento.

M. Gazzaniga (1939-) dirige el “SAGE Center” para el estudio de la mente en la Universidad de California-Santa Bárbara. En otoño del 2009 fue invitado para impartir las Conferencias Gifford en la Universidad de Edimburgo (Gazzaniga, 2012). Dejó constancia de que, hoy, la neurociencia se encuentra comprometida en la deliberación sobre grandes cuestiones filosóficas, sobre la vida de los seres humanos y sobre la responsabilidad de sus acciones; de manera especial sobre el llamado “problema difícil”: la manera como el cerebro habilita la mente para la realización de sus actividades.



Figura 1. Visión lateral o externa del hemisferio cerebral humano, en la que se aprecian los diferentes surcos que delimitan las circunvoluciones o giros.

2.-UN TEMA DE NUESTRO TIEMPO O LO QUE ESTÁ PASANDO

Proponer la indagación de las relaciones entre el cerebro y las TIC es uno de los muchos modos de preguntarnos por *claves de lo que está pasando* en nuestro mundo. En todo caso, la cuestión hace referencia a las TIC, sugiriendo que constituyen uno de los goznes en el que gira el momento cultural, el cual tiene relación con el desarrollo de aplicaciones de un sistema tecnológico particular calificado de *digital*; hay coincidencia en que la complejidad de la cultura contemporánea tiene un foco causal en el desarrollo de la *Teoría de la Información* (TI) y de la tecnología de la *computación-comunicación*. “TI” es una *teoría* matemática (Shannon; Weaver, 1998) y también una *tecnología* digital; la teoría utiliza un sistema binario en el que pueden ser modelizados los teoremas de la matemática, las reglas de la lógica¹ y “las leyes del pensamiento” (Boole, 1982). “TI” es también una *tecnología*, porque está asociada al proyecto de construcción de máquinas que puedan operar con la información, siguiendo las mismas reglas lógicas que sigue el pensamiento deductivo, de ahí que se hable de “inteligencia mecánica” (Turing, 1982). No obstante, tanto la teoría como la tecnología de la información *abstraen*, dejan de lado en su construcción aspectos importantes de los comportamientos humanos: entre ellos, la relevancia de los significados, que conlleva la palabra información, cuando su marco de referencia son las conversaciones y las narraciones. En el medio humano *la palabra* “información” es polisémica, tiene varios significados (Cafarel, 1996). El significado adquiere en la cultura un rol de primera fila, el de formar parte de la acción de aportar e intercambiar significados en las comunicaciones e interacciones².

Dentro de la teoría y la tecnología de la información *el término* “información” se toma con significado muy preciso, matemáticamente expresable y aplicable al diseño de máquinas que operan con ella (Varios, 1975). Este sentido de información es equivalente al de *incertidumbre*: mientras mayor incertidumbre presenta la situación inicial, mayor información será necesaria para la elección correcta; también está vinculado al de *probabilidad* y al de *entropía* en los sistemas físicos (Brillouin, 1988). Las máquinas no operan con significados, sino con enunciados que requieren de humana interpretación.

¹ Estos planteamientos fueron establecidos por George Boole en torno a los años de 1850 (Boole, 1960).

² En el Diccionario de la Real Academia de la Lengua, la palabra “significado” figura con varias acepciones. En primer lugar, lo que se toma como ser de una cosa, por naturaleza o convenio, por constituir en el sujeto su representación. En otro nivel, connota la relevancia, el valor y la importancia que se concede. Este segundo aspecto es como un halo que rodea a la primera acepción.



Este corpus científico, teórico-tecnológico, fue propuesto enseguida como instrumento de investigación con el que desentrañar los secretos acerca del funcionamiento del cerebro humano. Había sido una aspiración desde antiguo emular en una máquina el comportamiento animal y el humano (Castelfranchi, 2000). A. Turing, había concebido un sistema mecánico capaz de imitar cualquier operación lógica, lo llamó “máquina de computación lógica”, otros lo llamaron “máquina universal”. A. Turing en el *National Physical Laboratory* inglés, colaboró en un proyecto³ para la construcción de una máquina computadora automática, y en 1947, en Cambridge extendió el interés de la ciencia de la computación a la emulación mecánica del funcionamiento del cerebro. El planteamiento implicaba soliviantar la antropología, al concebir el cerebro como una máquina de cómputo (Turing, 1987); dentro de este punto de vista, el computador podía considerarse su *model* (Neumann, 1980). Algunos fueron más allá y trataron de justificar el pensamiento en las máquinas (Turing, 1974). En una primera aproximación al tema, donde se relacione el cerebro y las TIC, encontramos una historia de ciencia y tecnología, muy reciente, en la que se debaten cuestiones acerca de si se pueden construir máquinas que *emulen* la actividad de los cerebros. Von Neumann llamaba a las computadoras “cerebros artificiales” (Martínez Cari, 2012). Emular adquiere el sentido de que puedan tomarse como modelo del funcionamiento de la mente humana; pero también adquiere el de que la actividad de los cerebros inspire el proyecto de construcción de máquinas que operen sobre informaciones (Martínez del Río, 2006).

E. Kandel pronosticó que el XXI sería el siglo del cerebro, que la búsqueda de explicación para la emergencia de la mente en el organismo pasaría a ser *tema-signo* de nuestro tiempo, el cual afectaría tanto a la concepción de las ciencias de la computación como a las ciencias humanas y sociales (Kandel, 2007). También está siendo *tema-debate* porque, al profundizar en el estudio del cerebro, este muestra sorprendentes particularidades. Mucho hay que forzar la *metáfora del computador* para ver algunas de las funciones del cerebro representadas en la máquina. Los cerebros evolucionaron para llevar a cabo, de manera eficiente, funciones biológicas como alimentarse o reproducirse, enamorarse u odiarse, necesitar compañía o desesperarse en el aislamiento (Jonas, 2000)⁴; los cerebros también evolucionaron para el trabajo con el significado. Muchos creemos que todo ello aleja ontológicamente al organismo humano de las máquinas (Bruner, 1991). Otros mantienen, aplicado a los cerebros, el concepto de máquina que trabaja con unidades o

³ <http://www.turing.org.uk/turing/scrapbook/ace.html> (18-1-2013).

⁴ Este libro inspiró el libro de F. Varela (2010)



patrones de comportamiento que denominan “memes” (Blackmore, 2000; Augner, 2004). Algunos opinamos que se puede mantener la originalidad ontológica de los organismos y aplicar una ontología sistémica para su análisis; esta ontología es *mecanística*, no mecánica; esa teoría tiene como conceptos centrales los de *mecanismo* (el mecanismo en tanto que proceso), los de *niveles* de operación y los de *procesos evolutivos*. La perspectiva sistémica diferencia cualitativamente propiedades de los entes físicos y propiedades de los organismos, aunque los considere a todos seres materiales.

En cualquier caso, comenzábamos diciendo que el cerebro es un tema-signo de nuestro tiempo. Ahora convenimos en que su actividad más sobresaliente, la actividad consciente y la deliberación consciente sobre la experiencia, constituyen el trabajo de mayor empeño en el que se ocupan los cerebros humanos. Compaginar la materialidad biológica de los cerebros con la emergencia imponente de la consciencia se transforma en el problema más imponente del Universo (Chalmers, 1999). Hasta aquí la primera consideración del problema: la cara de *fuera*, algunos indicios acerca de lo que está pasando en el dominio de la creación cultural. Uno de los más significativos es el de la vinculación entre los términos de las teorías y tecnologías de la información y términos en los que se expresan las neurociencias (Churchland, 1986). Pero, cabe una pregunta complementaria: ¿qué nos está pasando cuando nos incorporamos como actores en tales acontecimientos?

3.- ¿POR QUE NOS PASA LO QUE NOS PASA?

El título de este trabajo no sólo plantea cuestiones acerca de lo que está pasando en la Sociedad de la Información; también esboza la cuestión acerca de lo que *nos puede estar pasando*, en la medida en que los acontecimientos culturales transforman nuestro dominio vital y nuestra comunidad de prácticas; y, al conseguirlo, afectan y modifican el estado de cosas en la actividad de los cerebros.

La tecnología que usamos cotidianamente es capaz de modificar nuestro cerebro mucho más de lo que creemos. Los hallazgos científicos de las últimas décadas han demostrado que el cerebro es un órgano plástico, constituido por neuronas capaces de regenerarse y de sufrir una remodelación permanente en respuesta a las experiencias que vivimos. En consecuencia, el cerebro del ser humano está en constante transformación, y ofrece múltiples capacidades de ser modificado por las diferentes experiencias a las que se ve sometido. Este concepto se conoce como *plasticidad neural o cerebral*.

El estudio de las funciones mentales, tradicionalmente, fue cultivado por la filosofía; en una primera etapa temporal, formando parte de la *teoría del conocimiento*. En la actualidad, se usa el término *filosofía del espíritu*, en francés “philosophie de l’esprit”,



equivalente al término anglosajón “philosophy of mind”; en castellano suele emplearse “filosofía de la mente” (Moya, 2004; Sanguinetti, 2007; Bechtel, 1991). Estos planteamientos filosóficos toman fundamento en hechos que demuestran que la estructura, organización y funciones del sistema nervioso, especialmente del cerebro de los seres humanos, gozan de la propiedad de la plasticidad. En este contexto, la investigación cognitiva se concentra en la búsqueda de los *ingredientes neuronales* de los procesos mentales: según se expresan los filósofos de la mente, los correlatos neuronales de la actividad mental, especialmente los correlatos neuronales de la conciencia. Algunos neurocientíficos han dedicado trabajos a mostrar cómo sus descubrimientos iluminan aspectos generales importantes de los procesos de la enseñanza y del aprendizaje. Se agradece que neurocientíficos importantes, como Sara-Jayne Blakemore y Uta Frith, escriban un libro con el propósito explícito de “demostrar, con ejemplos, cómo las investigaciones sobre el cerebro y el aprendizaje pueden influir en el modo en que pensamos sobre la enseñanza” (Blakemore; Frith, 2007, 13); especialmente para socavar falsas creencias. Cada vez son más los neurocientíficos que participan en el mismo propósito.

De las neurociencias no solo recibimos esclarecimientos para discurrir sobre la educación. Para François Ansernet y Pierre Magistretti ya no quedan dudas, la moldeabilidad del comportamiento, especialmente la del comportamiento humano, está comprometida, de manera radical, por la plasticidad neurobiológica y las variaciones históricas de la vida psíquica⁵. Las neurociencias confirman que las posibilidades y las restricciones de las mentes humanas tienen dependencia causal del estado de cosas en el cerebro. En definitiva, esto quiere decir que las funciones mentales y la dinámica organizativa del cerebro evolucionan juntas, en dependencia mutua (Solms; Turnbullo, 2004).

El concepto de plasticidad sugiere que algo hay de insostenible en la brecha mantenida entre la neurobiología y las ciencias del comportamiento, por el siguiente principio general del funcionamiento del cerebro:

(Toda) experiencia deja una huella en la red neuronal, al tiempo que modifica la eficacia de transferencia de información a través de los elementos más finos del sistema (Ansernet; Magistretti, 2006,21).

⁵ Existe un paralelismo notable entre la exigencia de puente entre uno y otro aspecto para un campo de conocimiento esencialmente dedicado a la plasticidad de la vida psíquica. El esfuerzo para tender puentes entre las neurociencias y el psicoanálisis queda patente en el libro (Ansernet; Magistretti, 2006).

Y, a la inversa: toda lesión o cambio relevante en la red neuronal provoca modificaciones, en ocasiones alarmantes, en la experiencia vital de los seres humanos; cosa que muestran los individuos con lesiones en su sistema nervioso. En la sobriedad de la frase están concentrados dos elementos fundamentales de la teoría neuronal y de la teoría de la formación: (i) la experiencia deja huella en la estructura del cerebro, la experiencia deja surco en la orientación del comportamiento; (ii) la activación neuronal modifica el estado de disposición para nuevas activaciones, la experiencia modifica el estado de cosas en la persona respecto a nuevas experiencias. Ambos enunciados son entre sí intercambiables. El cerebro humano y su red neuronal se encuentran en relación sistémica con los acontecimientos del dominio vital y con los sucesos en el medio interno; equivale a decir que los cambios en algún punto de la estructura de la red de neuronas –modificación en el estado de los componentes- o en la plasticidad –modificación, p.e. en los umbrales de respuesta a la excitación en las neuronas-, se traducirá en modificación de la plasticidad de las funciones mentales en las que cooperan.

La plasticidad demuestra que la red neuronal permanece abierta al cambio y a la contingencia, modulable por el acontecimiento y las potencialidades de la experiencia, que siempre pueden modificar el estado anterior...cada individuo se revela único e imprevisible, más allá de las determinaciones que implica su bagaje genético. Así pues, las leyes universales definidas por la neurobiología conducen inevitablemente a la producción de lo único (Ansernet; Magistretti, 2006, 22).

Desde Darwin, un elemento que la ciencia descarta, por principio, y que afecta radicalmente a la Antropología, es el del *diseño inteligente* (Ayala, 2007) de toda estructura en el Universo, lo que incluye a la estructura y organización de cualquier organismo o parte del organismo. Esto afecta al cerebro, aunque se tome como el sistema más complejo del Universo o el más fascinante. El descarte del diseño inteligente obliga a la Antropología a tomar en consideración la imperfección, la vulneración, de origen o sobrevenida; y, esto, hacerlo por principio y desde el principio. Esta es la forma más radical y completa de hacer partícipes de la condición humana a todos aquellos que ven vulneradas sus biografías.

La textura particular de nuestros sentimientos, percepciones y actos se deriva en una amplia medida del hecho de que el cerebro no sea una máquina optimizada que resuelve problemas genéricos, sino una extraña

aglomeración de soluciones *ad hoc* que se han ido acumulando a lo largo de millones de años de historia evolutiva (Linden, 2010, 17)⁶.

En muchas ocasiones el producto de la actividad de nuestro cerebro se presentará, como lo califica D. Linden, con indicios ilógicos, extraños, insólitos, extravagantes, ineficientes, faltos de elegancia, incomprensibles, contrarios al sentido común; sentir común que el mismo cerebro posibilita. Al mismo tiempo, es la fuente de nuestros rasgos comportamentales más fascinantes y únicos. En cualquier caso y en muchas de nuestras actividades funciona, sorprendentemente, bien.

4.- LA PLASTICIDAD DEL CEREBRO MEDIADA POR LA EXPERIENCIA

Desde muy temprano aprendimos que la unidad básica en la estructura del cerebro, en todos los sistemas nerviosos de las diferentes especies, es la neurona. Cada neurona participa, con otras neuronas, en la formación de redes discontinuas bien definidas (Ramón y Cajal, 1952). Las neuronas en el cerebro no se encuentran distribuidas al azar, antes bien forman agrupaciones y coaliciones conformes con principios de organización que, poco a poco, va descubriendo la histología (Figura 2).

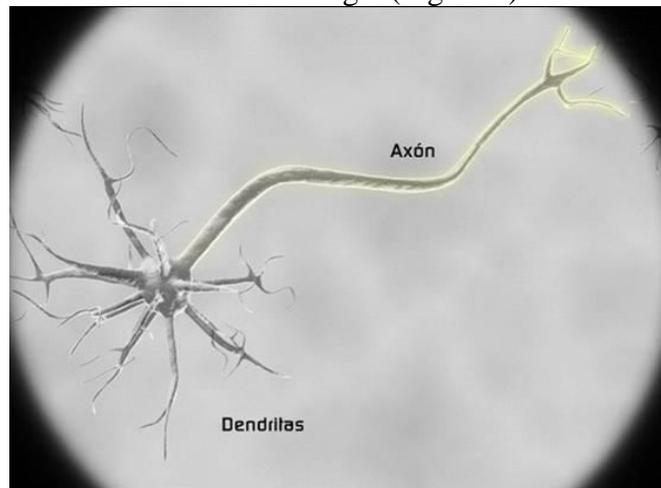


Figura 2.- Visión microscópica, en representación tridimensional, de una neurona. Esta célula nerviosa consta de un soma o cuerpo neuronal del que parten prolongaciones cortas (dendritas) y una larga prolongación que corresponde al axón o cilindro eje.

⁶ Para hacer el seguimiento de las reacciones de los lectores de este libro, ver: <http://accidentalmind.org/> (10-3-2010).

Estas estructuras que polarizan una función específica, contributiva para la emergencia de otra más compleja, en el mismo nivel o en otro superior, S. Zeki las llamó “nodos esenciales”. Estos nodos los investigó especialmente en el sistema de la experiencia visual (Zeki, 1995)⁷. La existencia de estas estructuras es la que da lugar a “mapas topográficos o somatotópicos de las diferentes funciones” (Hernández-Muela, 2004).

Las neuronas se comunican mediante una corriente bioeléctrica que recorre el axón: el potencial de acción. Este mecanismo es *universal*, el mismo en todos los tipos de sistemas nerviosos de todas las especies de organismos. También es *inespecífico* respecto al contenido de la información que transmite, no cambia la señal cuando los contenidos sobre los que la mente opera cambian. Por esta característica podríamos decir que el sistema funciona bajo el *principio de inespecificidad de la señal*. Son muchos los libros que divulgan las conquistas científicas sobre anatomía, fisiología y cartografía funcional de los cerebros (Changeux, 1985).

4.1.- La plasticidad cerebral y la experiencia

El diseño biológico de la neurona no sólo muestra la actividad de *transmisión*, también la capacidad de *inscripción* de la actividad realizada por el sistema, dejando *huella*. Esta huella, en lo fundamental, consiste en modificar la eficacia, inhibidora o transmisora de sus mecanismos más finos; la huella se cifra, pues, en forma de cambio de estado que permanece en el tiempo. Comprobamos que los mapas de actividad en el cerebro no sirven sólo para representar el objeto considerado, o para guiar los patrones de actividad sobre el objeto, sino que también se emplean para conservar *esquemas de representación* y *esquemas de acción*, los cuales podrán ser recuperados posteriormente, facilitando la comprensión de nuevas situaciones o facilitando la acción en nuevos escenarios. Los mecanismos de estos procesos fueron descubiertos inicialmente por Donald Hebb (1980). Desde ese momento hemos podido hablar de *plasticidad funcional de la neurona dependiente de la experiencia*. La experiencia, desde el punto de vista del cerebro, puede ser descrita como proceso de reinscripción continuada y plástica.

⁷ Mucha es la información sobre organización en módulos-columna en la corteza cerebral; p.ej., (Valverde, 2002) <http://www.neurologia.com/pdf/Web/3408/m080758.pdf> (16-11-2010).



Coloquialmente asociamos el concepto de experiencia al de vivencia en un escenario espacial o relacional, temporalmente limitado y preciso: una *incidencia de vida*, de nueva planta, como cuando comentamos “haber tenido *una* experiencia”. Sin embargo, el proceso que sigue la experiencia es más bien de *reinscripción múltiple*, dentro de la red neuronal, como el juego de las muñecas rusas: experiencia, dentro de una historia de experiencias. La experiencia se produce al modo de las quemaduras, o como los tatuajes, solo que cuerpo adentro o cerebro adentro. *El recuerdo* que se inscribe es una suerte de composición, mediante mecanismos de fusión de indicaciones, de fragmentación, de modificación, de asociación, de integración...: la práctica y el ejercicio de la plasticidad dentro del sistema que soporta la historia dinámica y evolutiva de la vida activa del organismo.

Cada experiencia genera una geometría dinámica particular de interacciones flexibles y plásticas, conformada por una complejísima red de interacciones en el cerebro. En esa red, no todos los acontecimientos tienen el mismo valor biológico. Unos quedan en incidencias, otros cambian su valor por coincidencias con otros acontecimientos; otros, finalmente, constituyen contingencias, cataclismos, terremotos y actividad volcánica, como los traumas.

Todos estos mecanismos, que pueden expresarse de manera durable, pueden modificar de manera transitoria o permanente el proceso de transferencia de indicación de una neurona a otra/as, en todas o sólo en parte de sus sinapsis; podríamos calificarlos de *mecanismos de plasticidad*. La transferencia de indicación entre neuronas cabe decir que tiene lugar en forma altamente flexible⁸. Ansermet y Magistretti resumen así la perspectiva:

Si una sinapsis es el sitio de la transferencia de información entre las neuronas, dicha transferencia nunca es de naturaleza binaria ni de intensidad constante; por el contrario, es altamente modulable. La investigación experimental reveló una regulación en tres etapas: la primera se sitúa en la zona presináptica y las otras dos en la zona postsináptica (Ansermet; Magistretti, 2006, 44).

Muchos investigadores indican, por ejemplo, que la secreción de *dopamina* juega este papel reforzador, afectando cualitativamente a la plasticidad sináptica (Carlson, 2007).

⁸ Estas someras indicaciones alientan la conveniencia de una lectura atenta de un buen tratado sobre actividad neuronal, estudiado desde la óptica de la indagación de la plasticidad primaria del sistema nervioso.



En el nivel de la plasticidad sináptica, el aprendizaje se interpretaría como la potenciación de la *actividad neuronal a largo plazo*, en una red de interconexiones neuronales que, por esta vía, se han consolidado.

De transcripción en transcripción, de geometría en geometría de interconexiones, de bucle en bucle y de retroalimentación en retroalimentación, la experiencia sensorial se va alejando de los niveles primarios, para adquirir la condición de *experiencia psíquica*, de experiencia subjetiva, personal y sólo transferible en la comunicación, de manera muy parcial y esquemática. Todo el proceso se puso en marcha partiendo de indicios sensoriales y notando partes reales del mundo, paquetes de indicios; tales indicaciones fueron dejando inscripciones y huellas, conformando nuestra biografía.

La vivencia espacio-temporal, como consecuencia de las inscripciones y huellas, como consecuencia de la memoria y de la imaginación, sufre metamorfosis. La experiencia acumulada quedó transcrita en forma de coordinaciones flexibles de representaciones, formadas por asociaciones plásticas de huellas neuronales y por geometrías de redes de neuronas condicionadas para la activación simultánea. La huella que la experiencia inscribió en el cerebro no es como la cicatriz, indeleble; se va reinscribiendo a lo largo de la historia personal, como la realidad en construcción de un proceso irreversible, pero no lineal, que, finalmente, en ocasiones, termina siendo una realidad fantástica, una realidad que sólo mantiene y sostiene la mente; la *imaginación* se instituye en una nueva fuente de la vida psíquica plástica.

5.- EL CEREBRO Y LOS INSTRUMENTOS PSICOLÓGICOS

La tecnología que usamos cotidianamente es capaz de modificar nuestro cerebro mucho más de lo que creemos. En los primeros momentos evolutivos de la especie, también quedaban establecidos los caracteres del *dominio vital* de los humanos, tan genuino como la morfología. Entre los componentes de ese dominio vital estuvo y está la tecnología, todo el sistema instrumental que va caracterizando la historia cultural.

La capacidad de insertar instrumentos en la secuencia de acciones intencionales no ha sido competencia exclusiva de la especie humana. Otras muchas especies la practican. Se encuentra documentado en los libros de etología el empleo de artefactos por parte de aves, delfines, nutrias marinas, chimpancés o elefantes. En todos los casos estas competencias están asociadas a características en la evolución de sus cerebros (Geary, 2008; Morgan Allman, 2003). En el caso de la especie humana se da una novedad fundamental. El



instrumento no sólo está incrustado en la secuencia de acción; el propósito que precede a la secuencia activa predice-anticipa la secuencia de acciones instrumentalmente auxiliada, el sujeto tiene capacidad de reflexionar la acción en la imaginación y proyectar ajustes-reajustes en la utilización del instrumento. Lo relevante no es sólo el *manejo* del artefacto, sino la mediación instrumentalizada de la acción; es decir, entre el propósito que acompaña, vigila, evalúa el proceso y el resultado que consume la intención, median complejos procesos deliberativos sobre la acción y sobre el instrumento. M. MacLuhan hablaba del instrumento como prolongación de los sentidos. Es flexible el sistema de acción instrumentalizada; dado que esa flexibilidad es innovadora, algunos hablan de *inteligencia potencial del instrumento*. En el sujeto humano, los territorios cerebrales implicados en la competencia mediada por artefactos se ven retroalimentados por procesos de deliberación innovadora sobre esas competencias, modificándose a su vez, buscando la eficiencia económica del proceso: conseguir la mejor calidad del proceso instrumentalizado con el menor costo energético posible.

La incidencia de los instrumentos en la estructuración de las funciones mentales fue propuesta inicialmente por J. S. Vigostky. Podríamos sintetizarla diciendo: los cambios en las funciones psicológicas en el interior de los individuos están dialécticamente vinculados a los cambios socioculturales; esto implica que los cambios históricos inducen transformaciones en las operaciones de los niveles superiores de la arquitectura mental. Vigotsky atisbó la correspondencia existente entre el desarrollo histórico de los niveles de la arquitectura mental -el de los procesos o mecanismos de la mente, que generan el comportamiento-, y las contingencias socioculturales machihembradas con instrumentos. En la Antropología juegan dos categorías generales de procesos evolutivos, los de la evolución de la arquitectura biopsicológica de los individuos y los de la evolución de la cultura, la cual constituye el contexto en el que tiene lugar la primera.

En el programa vigotskiano, las funciones mentales se desarrollan y transforman en contextos sociohistóricos, el entorno influyente adquiere un valor causal, en tanto que mediador necesario en esa metamorfosis; esa mediación instituye y se instituye en lo que Vigotsky denominó Zona de Desarrollo Potencial (ZDP)⁹. El análisis de este espacio donde tiene lugar la construcción del sujeto formula varios interrogantes:

⁹ Este tema lo trataremos de manera específica en los capítulos dedicados en este texto a la resiliencia.

1) ¿Cuál es la relación entre los seres humanos y su entorno físico y social? 2) ¿Cuáles fueron las nuevas formas de actividad... y cuáles son las consecuencias psicológicas de dichas formas de actividad? 3) ¿Cuál es la naturaleza de la relación entre el uso de las herramientas y el desarrollo del lenguaje? (Vygotski, 1996, 39).

Son varios los usos del lenguaje: comunicativo o socializado, egocéntrico –interior o de diálogo del sujeto consigo mismo-, emocional o del deseo –del apego, la vinculación, la valoración-. Por este motivo, para Vigotsky, siempre estuvieron las emociones jugando un papel relevante en la imagen que tenía del psiquismo humano (Vygotski, 1972, 2004).

En la ZDP quedan integradas, conformando la experiencia, la esfera perceptiva, las formas de la acción y la calidad de la interacción.

Esta unidad de percepción, lenguaje y acción, que en última instancia produce la internalización del campo visual, constituye el tema central para cualquier análisis del origen de las formas de conducta específicamente humanas (Vygotski, 1996, 50).

Al tener lugar las transformaciones de las funciones mentales en esa zona de desarrollo potencial, quedan fusionados en el programa vigotskyano el modelo de “investigación en el laboratorio” de la ciencia empirista y el modelo de la “investigación de campo” recomendado por la Antropología. La curiosidad intelectual por estos fenómenos y la búsqueda de explicación para los mismos demandaron la comprensión simultánea de los mecanismos cerebrales subyacentes y la especificación, la comprensión-identificación, de los contextos sociales donde la conducta toma forma y se desarrolla.

En la interacción entre funciones mentales y arquitectura neuronal, Vigotsky denominó al lenguaje el instrumento de los instrumentos. Abrió así la puerta al concepto de “instrumento psicológico” (Kozulin, 2000), por el papel causal en la estructura de la acción mediada por esos instrumentos.

6.- EL CEREBRO Y EL INSTRUMENTO DEL LENGUAJE

Nadie discute que un *paso definitivo en la hominización* fue la adquisición de lo que S. Pinker denomina el “instinto del lenguaje”. No hubiera sido tan decisivo, si no hubiera supuesto ventaja adaptativa, si no hubiese supuesto mejorar en las condiciones de vida, si no hubiese posibilitado cosas de gran provecho vital; entre ellas, la de contribuir, de manera cooperativa, a la elaboración de pensamientos: aprender en el intercambio y promover los intercambios; enseñar y aprender conocimientos.



Ud y yo pertenecemos a una especie dotada de una admirable capacidad, la de formar ideas en el cerebro de los demás con exquisita precisión [...]. Esa capacidad es el lenguaje. Con sólo hacer unos ruiditos con la boca, conseguimos que en la mente de otra persona surjan nuevas combinaciones de ideas (Pinker, 2001, 15).

El lenguaje, en cualquiera de sus formas, es capacidad de hacer. Si hacemos caso a Ortega y Gasset, para quien “vivir es quehacer”, en el lenguaje está plasmada una parte decisiva del quehacer vital de la gente. Vivir es andar “lenguajeando”, en palabras de H. Maturana, la vida humana se muestra con propiedad tan específica en el funcionamiento hormonal, en la movilidad músculo-esquelética, en la topografía neuronal y en *el lenguaje del lenguaje*. Moverse como un ser humano es una coordinación de sentidos del movimiento que nos es propia, lenguajear consiste en una coordinación de coordinaciones de la comunicación de significados, de manera que el poder comunicativo de uno funcione como mediador para la construcción de la mente al modo humano en los otros. La habilidad comunicacional de los humanos muestra su condición de hábiles mentalistas. En la “ontología del conversar” aparecen integrados elementos cuya composición constituyó un calvario para filósofos y científicos.

Pienso que, aunque lo racional nos diferencie de otros animales, lo humano se constituye, cuando surge el lenguaje en el linaje homínido a que pertenecemos, en la conservación de un modo particular de vivir el entrelazamiento de lo emocional y lo racional que aparece expresado en nuestra habilidad de resolver nuestras diferencias emocionales y racionales conversando (Maturana, 1995, 19).

Si la competencia lingüística constituye el tránsito definitivo de la hominización, el ejercicio de la habilidad comunicacional constituye la mediación instrumental *radical para la humanización*, para la incorporación del sujeto a la “humanidad” de la Humanidad. Tal competencia y habilidad adquiere importancia no como virtuosismo en la producción de sonidos con significado, que en esto pueden ir por delante los ruisñores, sino porque tal habilidad proporciona la capacidad de la *lectura-transcripción de la mente de los otros*. Como recuerda J. M. Asensio (2004, 56 ss.), conversar, cabalgar juntos el paisaje del acontecimiento a lomos de la palabra y/o la seña, sigue siendo una actividad humana preferente. Por este motivo, Vigotsky hablaba del lenguaje calificándolo de instrumento de los instrumentos. En simultaneidad con la locución tiene lugar la descubierta de muchas versiones del significado, muchos elementos de significado en



paralelo y complementarios, cooperantes al éxito del propósito de la acción¹⁰. Con todo ello queremos indicar que, al comunicar, los seres humanos *hacemos* (Belinchón, 1992, 240) muchas al *hablar* (Austin, 1971).

La evolución de las transacciones sociales contribuyó a la aparición de singulares capacidades cognitivo-expresivas, las cuales globalmente denominamos *inteligencia humana*, cuyas facetas se desarrollaron por encima, e incluso antes, que el manejo de otras herramientas (Foley, 1997)¹¹. “La inteligencia, sea cual sea su constituyente esencial, se manifiesta de muchas formas [...] El principal uso de la inteligencia es contribuir al acto individual tan eficientemente o reflexivamente como sea posible en el contexto de su entorno físico, biótico y social” (Tarttersal, 1998, 48-49). Podemos confirmar, por lo tanto, que la mediación del lenguaje, en última instancia, contribuye a la expansión de las posibilidades funcionales del cerebro y al hacerlo, produce en él cambios materiales y cualitativos en su organización plástica. La capacidad de extracción de significación, de contenido de experiencia, tanto de palabras como de los diseños de las acciones y de los artefactos, representa la ventaja de poder adquirir la competencia en la acción sin tener que recorrer *ex novo* el itinerario de la invención. Podríamos decir que los humanos poseen capacidad para la *lectura de la mente* de otros (reconocimiento de sus estados interiores y de los proyectos de sus actos) y capacidad de *lectura de la experiencia* de otros (reconocimiento de la calidad de sus acciones, del diseño de sus artificios comunicativos o del significado de sus expresiones). Aquiles Esté lo ve, ante todo, como un sistema modelador de las representaciones con las que actúa en el mundo el organismo parlante; aunque algunos lo consideran el sistema modelador primario de los humanos, otros, a nuestro entender con motivo, lo consideran secundario respecto al sistema modelador no verbal (Esté, 1997). El lenguaje es un medio de relación entre sonidos y significados, y un entorno de práctica social del lenguaje; las condiciones genéticas y sociales son necesarias para la *maduración de la estructura cerebral* que lo soporta, actuando ambas dentro de un sistema de retroalimentación y mutua dependencia (Cela Conde; Ayala, 2001, 485-515). Hablar de maduración es hablar de estado permanente de cambio en el cerebro, por estar dotado de plasticidad. En principio se trata de cambios en la dinámica funcional, dado que se mantiene el principio general de que

¹⁰ Estos y otros temas los hemos desarrollado con amplitud en García Carrasco; García del Dujo, A. (2001). *Teoría de la Educación*. Tomo II *Procesos primarios de formación del pensamiento y la acción*: Salamanca, Editorial de la Univ., pp. 373 y ss.

¹¹ Especialmente el capítulo “¿Por qué los humanos son tan raros en la evolución?”.



nada que tenga esencialmente la condición de aprendido se incorpora al código genético; por lo tanto, las modificaciones que tengan lugar en el cerebro como consecuencia del aprendizaje no se transmiten hereditariamente, no son cambios permanentes para la especie. Lo que sí adquiere la fisonomía de una “herencia” son los contextos de actividad, por eso hablamos de herencia cultural. Pero, esto no obstante, por todo cuanto venimos diciendo, el uso cualificado del instrumento lingüístico implica cambios decisivos en la bioneurofenomenología de la experiencia personal.

7.- EL CEREBRO Y EL INSTRUMENTO DE LA LECTO-ESCRITURA

El cerebro *no evolucionó para* que nosotros llegáramos a ser homínidos lectores; nuestra biología no dispone de genes específicos para la práctica competente de la lectoescritura; tendrá que apoyarse en niveles, sobre niveles de otras categorías de actividad subyacente. La escritura fue un lento descubrimiento de la humanidad: la elaboración de una *caja de herramientas* para trabajar con símbolos, que expandió las posibilidades en la actividad de pensar, amplió los niveles de operación de la mente y agrandó el patrimonio cultural heredable. La escritura no es meramente una fuente de información, es un instrumento con el que podemos hacer muchas cosas. H. Eco afirmaba que un libro es instrumento, como la cuchara o el martillo, que ha superado, como ellos la prueba del tiempo (Eco; Carriére, 2010).

Estas novedades han sido fruto de la capacidad del cerebro para establecer nuevas conexiones entre estructuras, originalmente dedicadas a otras funciones básicas, y de la aptitud para reorganizar sus conexiones, como fruto de la experiencia (*acción reflexiva*) y como resultado de la deliberación sobre las consecuencias (*predicción*): el empleo de la inteligencia potencial del instrumento.

Saber lo que la lectura exige a nuestro cerebro y cómo ello contribuye a nuestra capacidad de pensar, sentir, deducir y comprender a los demás seres humanos es hoy, cuando estamos en plena transición de un cerebro lector a otro cada vez más digital, especialmente importante (Wolf, 2008, 20).

En tanto que actividad mediada por instrumento, la lectoescritura es contexto de acción tan ambiguo como todos los contextos instrumentales; el valor potencial del instrumento depende de la intencionalidad humana en la que se inserta. Durante el nazismo unos eran personas cultivadas que asumieron, sin reparo, la función de verdugos (Finkielkraut, 1990) y otros protegieron su existencia en el campo de concentración, encontrando oportunidad para desarrollar todo el abanico de los sentimientos (Kundera, 2007).



Estos hechos refrendan la plasticidad del cerebro y su potencial de emergencia funcional, con la mediación del instrumento. La práctica de la nueva competencia establece nuevas vías de interconexión entre estructuras dedicadas a la visión, las dedicadas al lenguaje y a la conceptualización. La proporción territorial dedicada a áreas asociativas es excepcionalmente grande en el cerebro humano (Figura 3). Cuando la asociación funcional se consigue, aparecen nuevos espacios de especialización funcional, nuevas competencias al recoger información, al relacionarla y al valorarla. M. I. Posner y M. E. Raichle demostraron que trazos lineales sin sentido se procesan en zonas cerebrales distintas a cuando los rasgos poseen la condición de símbolos y su interpretación multiplica la actividad. Consiguen estos procesos una extraordinaria capacidad discriminatoria de la información procedente de los sentidos; para practicarla fue preciso fomentar una excepcional aptitud asociativa, la cual se supone potenciada en el área “giro angular” (Posner, 1999).

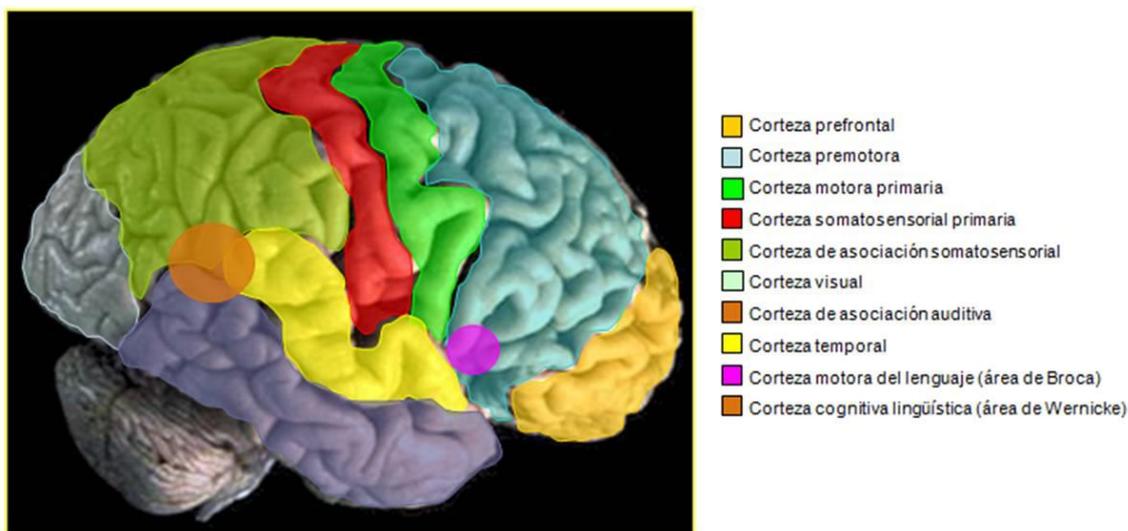


Figura 3. Visualización de las diferentes áreas más representativas de la corteza cerebral.

Las investigaciones sobre la lectoescritura coinciden en apreciar que, en la mesa de trabajo de la mente, la competencia lectora genera cambios permanentes en el cerebro que afectan diferentes niveles de la identidad. Dicho de otra manera, la confrontación de la mente con la competencia lectora la pone a prueba, la desafía y la incita hacia novedosos dominios de experiencia. S. Dehaene (2010) valora el hecho y lo califica de



“reciclado neuronal”; sistemas innatos de reconocimiento de patrones y de objetos quedarían aplicados, con modificación, en el reconocimiento de signos gráficos.

No se trata, sólo y estrictamente, de un proceso mecánico de decodificación, encendido por las incitaciones semióticas sobre el ojo, sino de un proceso sinuoso, versátil y muy ramificado, al que contribuyen inferencias, pensamientos paralelos y estados emocionales del lector. Se trata, pues, de un proceso constructivo, semióticamente guiado, que somete a una prueba exigente al cerebro, como consecuencia de una innovación tecnológica.

No todas las configuraciones neuronales del cerebro individual son igualmente receptivas ni responden con la misma facilidad a esa prueba. La dificultad para el desarrollo de esa competencia se denomina dislexia¹². No puede afirmarse que tal *adversidad* constituya, además de elemento diferencial de la estructura neuronal, auténtica *condición de discapacitado*, aunque al definir la acepción de la palabra se incluyan los términos “trastorno”, “lesión cerebral”, “incapacidad”. Muchos talentos en muchos campos culturales, con una capacidad creativa excepcional, mostraron esta diferencia¹³.

Anteriormente, se pensaba que el *giro angular* estaba encargado de reconocer *las formas* de las palabras, *antes* de acceder a los sonidos y a sus significados. Parecería de sentido común que fuese así. Los investigadores han mostrado, en cambio, que el giro angular no está directamente implicado en la conversión del reconocimiento visual de palabras en sonidos y significados, sino que está involucrado en el proceso lector proporcionando una *anticipación* de las letras a partir del significado capturado visualmente en las palabras¹⁴.

¹² El Diccionario de la RA define dislexia así: “Dificultad en el aprendizaje de la lectura, la escritura o el cálculo, frecuentemente asociada con trastornos de la coordinación motora y la atención, pero no de la inteligencia”. Como segunda acepción ofrece: “Incapacidad parcial o total para comprender lo que se lee causada por una lesión cerebral”.

¹³ Georges Bernard Shaw, Ernest Hemingway, Leonardo Da Vinci, Mozart, Pablo Ruiz Picasso, Winston Churchill, Georges Washington, John F. Kennedy, Sir Isaac Newton, Albert Einstein, Bill Gates, Tom Cruise, Harrison Ford, Marlon Brando, Tarantino... son personajes talentosos que figuran en la lista de sujeto disléxicos.

¹⁴ http://www.basqueresearch.com/berria_irakurri.asp?Berri_Kod=2408&hizk=G#.UPgxmh2ZRae (18-1-2013). En la página, se indica la dirección de la revista *Nature*.



Estos nuevos hallazgos son muy útiles para entender las causas de las dificultades del aprendizaje de la lectura, como en el caso de sujetos con dislexia. De hecho, los estudios sobre disléxicos han mostrado que tienen una menor densidad de *sustancia gris* (cuerpos neuronales) y de *materia blanca* (ramificaciones) en las mismas regiones, cuya densidad se incrementó con la alfabetización. Por tanto, este estudio sugiere que las diferencias cerebrales que se han observado en personas disléxicas, más que la causa, parecen ser la consecuencia de las dificultades en el aprendizaje de la lectura.

La comprensión del fenómeno lectoescriptor presenta la faceta de indagar las adaptaciones necesarias del cerebro y la de justificar los cambios en las formas de pensamiento.

El lector ingenuo identifica el texto claro y comprensible con la seguridad que produce el acceso a un significado directo, contraponen esta presunción a la que corresponde a un texto hermético que califica de “ilegible” (“no hay quien lo lea”). Para este lector, la función de la lectura se ejerce plenamente cuando es capaz de traducir el texto a palabras. El lector avezado, en cambio, sabe que la experiencia de la lectura contiene elementos de muy diversa índole y que entre los más trascendentes se encuentran aquellos por los que esa experiencia permite extender la propia autocomprensión y profundizar en la comprensión del mundo. Este segundo modo de leer plantea la cuestión de la alfabetización en términos de máximos. Entiende las consecuencias de la actividad de la lectura y la escritura como una cualificación de la experiencia pensante, de la experiencia de comunicación y de la experiencia de reconocimiento del mundo. Por eso, en la metáfora de la alfabetización se concentra el objetivo de la cultura y la prueba de que los humanos necesitan la cultura para vivir. Estas capas de significación a las que puede tener acceso el lector experimentado son objetivos del acto de leer a los que apuntan términos como *estudio* o *relectura*. Estudiar es una forma cualificada de lectura y no un mero proceso de memorización. Olson afirma que “aprender a leer y escribir es aprender, no sólo a traducir, sino también a dar forma al pensamiento para asignar cada expresión a una intención” (Olson, 2004).

La humanidad en su historia cultural ha pasado por tres grandes contingencias: adentrarse en la comprensión de los acontecimientos mediante las funciones mentales que ejerce el habla, profundizar la comprensión mediante las prácticas que posibilita la lectura y la escritura y, el reto actual, también consiste en extender la comprensión mediante las relaciones de producción de sentido posible en el contexto de las *ciencias y tecnologías del conocimiento*. Ha sido la escritura la que ha proporcionado la mayor parte de la metáfora para la descripción de la experiencia humana de comprensión de la cultura,



hoy pretende ayudar, junto a otras metafóricas (como la metafórica del espacio), a calibrar la comprensión en la contingencia informacional.

Las actividades de conocimiento y las experiencias emocionales son los ingredientes básicos para tomar los fenómenos del habla o los de la lectura como procesos y transiciones de *experiencia* (Humphrey, 1995, 45). Podríamos generalizar diciendo que toda estimulación sensorial (sensación) se almacena como *percepto* valorado-calificado emocionalmente, como *percepto emocionado*. S. I Greenspan (1997) lo denomina “codificación dual de la experiencia”. Esto quiere decir que una situación cualquiera es para el sujeto (i) lo que a través de los pormenores, el fondo y el momento, la definen como objeto de consideración, elementos de los que los sentidos periféricos informan; (ii) a lo que se incorpora información acerca del estado interno del sujeto, y (iii) información referente a experiencias emocionadas anteriores con las que se asocia. Toda esta semanticidad podemos agruparla en dos grandes categorías: semanticidad informativa y emotiva. Por una vía el sujeto elabora narración, lee, sobre los hechos que va conociendo; por la otra, los hechos se presentan como una narración vivida por el sujeto, que siente. Por la primera vía transcurre la “noencia” (vía cognitiva) y por la otra la “vivencia” (vía emocional).

Oralidad, escritura y TIC todos decimos que se ponen al servicio de las actividades del pensamiento. En muchas ocasiones el pensamiento se toma como una cosa; muy compleja, pero cosa, o su equivalente, *una* facultad, *un* poder. Soportando esa actividad de la mente, aparentemente integrada en sus manifestaciones, hay toda una larga teoría de funciones diversas.

La mente es una especie de teatro donde hacen su aparición diversas percepciones de forma sucesiva; pasan, vuelven a pasar, desaparecen y se mezclan en una variedad infinita de posturas y situaciones (Hume, 1985, vi).

Entre esas funciones que instituyen el pensamiento, sin que la lista sea completa, se encuentran las *sensaciones*, como componente esencial de la conciencia y las *percepciones* de Hume; tanto las propioceptivas como las que inducen con su actividad los órganos sensoriales; la linterna de la *atención* que focaliza la conciencia en un centro de interés y de advertencia; la *memoria*, la procedimental, la semántica o la episódica; la *representación*, que nos separa de la proximidad inmediata y fugaz, permitiendo en el interior trabajar en ausencia del acontecimiento; la *imaginación*, que nos permite jugar con las posibilidades, se une a la capacidad de planificar, contribuyendo a la predicción, y a la de anticipación de consecuencias futuras; la *conciencia* o capacidad de



concentrarnos en los indicios, los acontecimientos, las situaciones y los procesos internos de nuestra mente, de forma deliberada; el *albedrío* de retomar decisiones, reformar planteamientos o cambiar de rumbo las acciones; las *emociones* y la *motivación*: un complejo conjunto de funciones que hacen referencia a la estructura sistémica compleja a la que denominamos la mente (Pérez, 2005). El sentido de la oralidad, el de la escritura o el de las TIC se alcanza cuando se integran como instrumentos en la configuración de la actividad de tan complejas funciones; funciones primarias que no se crean, ni tampoco se determinan, nos llegaron por evolución desde historiales evolutivos diferentes (Gardenfors, 2006).

Las TIC, además, son instrumentos para la observación de la estructura del propio cerebro; por lo tanto, participan en sus aplicaciones de las propiedades generales de los instrumentos y de la incorporación a las funciones mentales; y, además, abren un campo nuevo de investigación con el que comprobar la efectividad de los cambios que producen las acciones mediadas por instrumentos.

8.- TECNOLOGÍAS DIGITALES BASADAS EN LA IMAGEN PARA LA INVESTIGACIÓN DEL CEREBRO

Las pruebas y procedimientos de diagnóstico son herramientas, hoy imprescindibles, que ayudan al facultativo a confirmar o descartar la presencia de un trastorno cerebral. Hace un siglo, la única manera de hacer el diagnóstico positivo de muchos trastornos neurológicos era realizar una autopsia después de la muerte del paciente. Sin embargo, en los últimos años ha existido un claro desarrollo tecnológico en relación con las distintas modalidades y técnicas de diagnóstico por imagen, lo que ha contribuido a un mejor conocimiento de la anatomía cerebral, ayudando así una mejor precisión en el diagnóstico de los procesos patológicos que afectan al cerebro humano.

Los actuales avances técnicos y los nuevos métodos de adquisición y procesamiento a través de las técnicas de neuroimagen han permitido obtener una gran información sobre la morfología y la función del cerebro.

Los cambios tecnológicos más significativos en las imágenes diagnósticas del cerebro, en los últimos 20 años, han sido los adelantos en la resolución espacial (tamaño, intensidad y claridad) de las imágenes anatómicas cerebrales y las reducciones en el tiempo necesario para enviar señales y, recibir datos del área de donde se obtiene la imagen. Estos avances tecnológicos evidentes permiten ver, simultáneamente, la



estructura cerebral y los cambios en la actividad cerebral a medida que ocurren. Los técnicos y científicos en esta área de trabajo continúan mejorando los métodos que proporcionarán imágenes anatómicas cerebrales más nítidas e información funcional más detallada.

En este apartado del artículo, describiremos las técnicas de imágenes, las de última generación, las más empleadas en el análisis del cerebro humano.

Podríamos clasificar las técnicas de neuroimagen en dos grandes grupos: técnicas de valoración morfológica y técnicas para el estudio funcional del cerebro. Entre las primeras, destacan como más relevantes la tomografía computarizada y la resonancia magnética; mientras que entre las técnicas que valoran el estado funcional del cerebro, destacan la resonancia magnética funcional y las técnicas de medicina nuclear conocidas como tomografía computarizada por emisión de fotón único y la tomografía por emisión de positrones.

Describiremos, de forma muy breve y sencilla, las potencialidades que tienen cada una de estas técnicas de imagen diagnóstica para el estudio cerebral.

La **tomografía computarizada**, conocida como TC, es un proceso indoloro y no invasivo usado para producir imágenes rápidas y bidimensionales claras que se utilizan para ver el cerebro u otras estructuras anatómicas. Puede detectar irregularidades óseas y vasculares, ciertos tumores y quistes cerebrales, epilepsia, encefalitis, un coágulo sanguíneo o sangrado intracraneal en pacientes con accidente cerebrovascular, daño cerebral de una lesión craneana u otros trastornos. Muchos trastornos neurológicos comparten ciertas características y una tomografía computarizada puede ayudar para hacer el diagnóstico correcto diferenciando el área cerebral afectada por el trastorno (Figura 4).



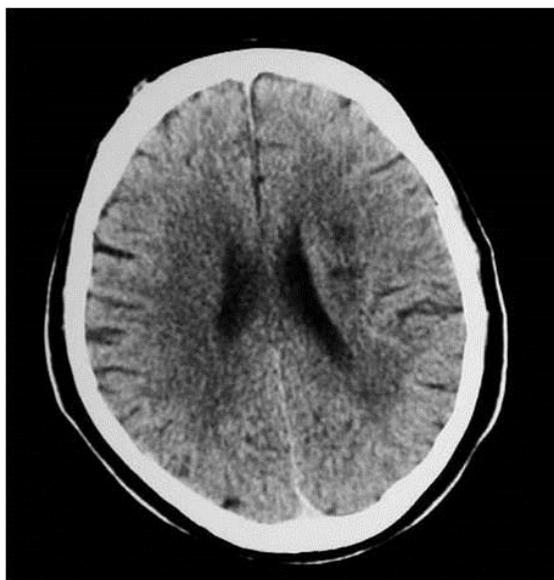


Figura 4.- Imagen de tomografía computarizada. Sección axial o transversal del cerebro, de un paciente con pequeños accidentes cerebro-vasculares isquémicos.

La técnica diagnóstica de mayor valor morfológico es sin duda la **resonancia magnética** (RM), la cual utiliza radioondas generadas por un ordenador y un campo magnético poderoso para producir imágenes detalladas de estructuras del cerebro, mediante secciones seriadas en los tres planos del espacio (transversal, frontal y sagital) (Figura 5). Los usos neurológicos comprenden el diagnóstico de tumores cerebrales, enfermedades de carácter inflamatorio e infeccioso, e irregularidades vasculares que pueden conducir a un accidente cerebrovascular (ictus). Las imágenes con RM también pueden detectar y monitorizar trastornos degenerativos como la esclerosis múltiple y puede documentar lesiones cerebrales debidas a traumatismos. A diferencia de la tomografía computarizada, la resonancia magnética no emplea radiación ionizada para producir imágenes. La prueba es indolora y no tiene riesgos para el paciente, aunque las personas obesas o claustrofóbicas pueden encontrarla algo incomoda. Por este motivo, en la actualidad las tecnologías en este campo siguen evolucionando y surgen las RM de campo abierto, que no rodean por completo a la persona. Sin embargo, la RM abierta actualmente no proporciona la misma calidad de la imagen que la RM estándar y algunas opciones técnicas no están disponibles usando este equipo. Por otra parte, es de reseñar que, debido al campo magnético increíblemente fuerte generado por la RM, los pacientes

con dispositivos metálicos implantados como un marcapasos deben evitar la prueba, para evitar interferencias.

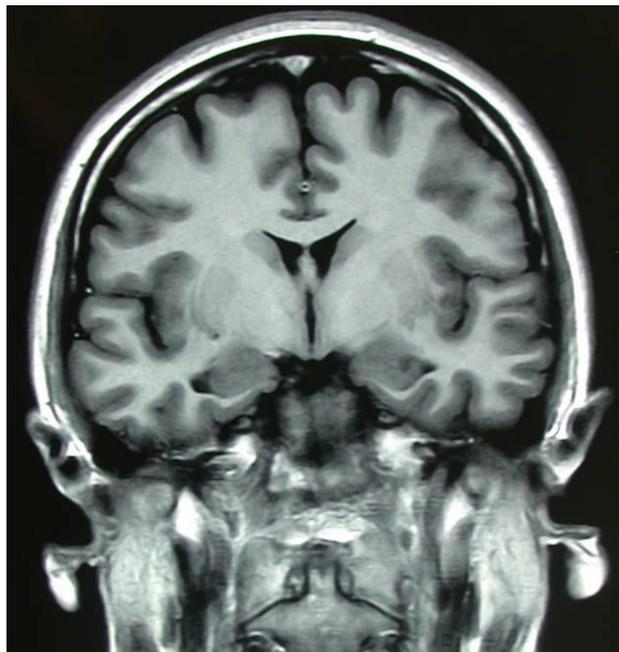


Figura 5.- Imagen de resonancia magnética. Sección frontal o coronal. Se observan las estructuras cerebrales con una buena visualización de la morfología, debido a las características de esta técnica de imagen.

La *resonancia magnética funcional* (RMf) utiliza las propiedades magnéticas sanguíneas para producir imágenes, en tiempo real, del flujo sanguíneo a áreas particulares del cerebro (Figura 6). Una RMf puede puntualizar áreas del cerebro que se activan y anotan cuánto tiempo permanecen activas. También puede decir si la actividad cerebral dentro de una región ocurre simultáneamente o en forma secuencial. El proceso de obtención de imágenes se usa para evaluar el daño cerebral de lesiones craneanas o trastornos degenerativos como la enfermedad de Alzheimer y para identificar y monitorizar otros trastornos neurológicos, como esclerosis múltiple, accidentes cerebrovasculares y tumores cerebrales.

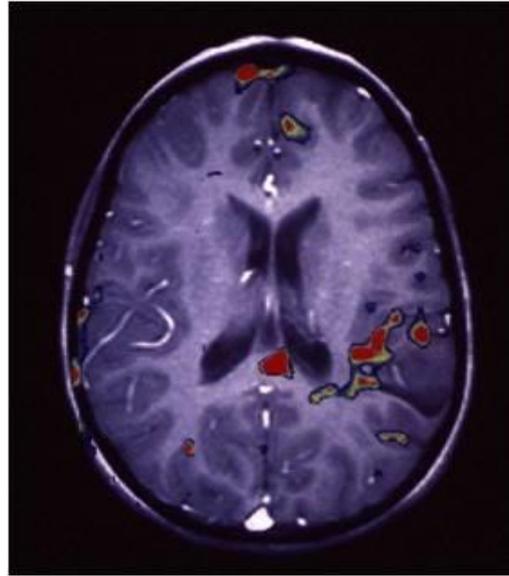


Figura 6.- Visión transversal del cerebro mediante la técnica de resonancia magnética funcional. Apréciense las áreas cerebrales activadas mediante señales coloreadas.

La **tomografía computarizada con emisión de un fotón único** (SPECT, siglas en inglés) es una prueba de medicina nuclear, que implica al flujo sanguíneo para evaluar ciertas funciones cerebrales (Figura 7). La prueba puede indicarse como seguimiento después de una RM para diagnosticar tumores, infecciones, enfermedad degenerativa, entre otras. Esta técnica utiliza un isótopo radioactivo, inyectado por vía intravenosa, que se une a sustancias químicas que fluyen al cerebro. Las áreas de flujo sanguíneo aumentado captarán más isótopo. Mientras el paciente está sobre una mesa exploratoria, una cámara gamma gira alrededor de la cabeza y registra por dónde ha viajado el radioisótopo. Esa información se convierte, por ordenador, en secciones transversales que se apilan para producir una imagen tridimensional detallada del flujo sanguíneo y de la actividad cerebral.

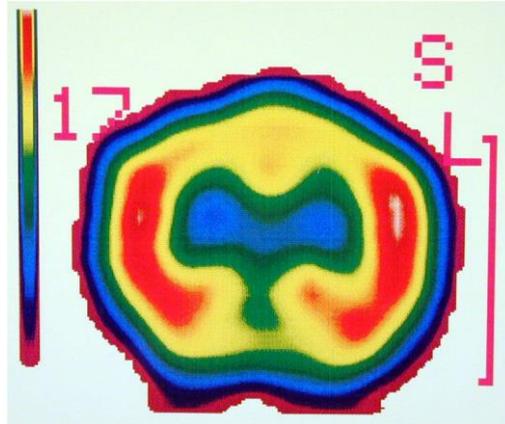


Figura 7.- Imagen de SPECT, en sección frontal, en la que se visualiza una simetría del flujo sanguíneo cerebral, en un paciente sin patología encefálica.

La *tomografía con emisión de positrones* (PET, siglas en inglés) proporciona imágenes bi- y tridimensionales de la actividad cerebral midiendo los isótopos radioactivos que se inyectan dentro del torrente sanguíneo (Figura 8). Las tomografías PET cerebrales se utilizan para detectar o resaltar tumores y medir el metabolismo celular y tisular cerebral, mostrar el flujo sanguíneo, evaluar a los pacientes con trastornos convulsivos que no responden a la terapia médica y pacientes con ciertos trastornos de la memoria, y determinar cambios cerebrales tras lesiones o abuso de drogas, entre otros. Un isótopo radioactivo, de bajo nivel, se inyecta en el torrente sanguíneo y se une a sustancias químicas, fluyendo al cerebro. El isótopo puede rastrearse mientras el cerebro realiza diferentes funciones. El paciente permanece quieto mientras sensores por encima detectan rayos gamma en los tejidos del cuerpo. Un ordenador procesa la información y la muestra en un monitor. Usando diferentes compuestos, puede rastrearse simultáneamente más de una función cerebral. La PET es indolora y relativamente sin riesgos.

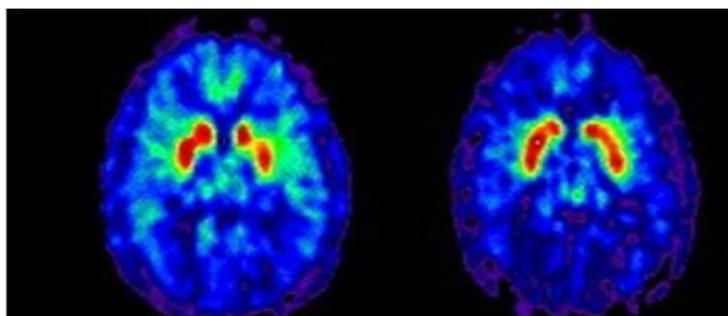


Figura 8.- Imágenes de PET, en secciones axiales o transversales, que muestran la activación en algunas áreas cerebrales, marcadas de color rojo-amarillo.

La complementariedad existente entre la información que ofrecen las distintas técnicas de neuroimagen respecto al estado físico-fisiológico del cerebro está haciendo que la evolución natural en el equipamiento de diagnóstico se dirija hacia el desarrollo de instrumentos multimodalidad; es decir, sistemas que permitan combinar al menos dos técnicas de imagen complementarias en el mismo aparato.

Generalmente, una de ellas proporciona información anatómica de gran precisión y la otra, información metabólica (funcional), de manera que su fusión permite obtener un conocimiento más profundo y comprensivo de los procesos patológicos cerebrales (Figura 9).

A medida que se desarrollan nuevas técnicas y su demanda es cada día mayor, estas tecnologías adquieren mayor complejidad.

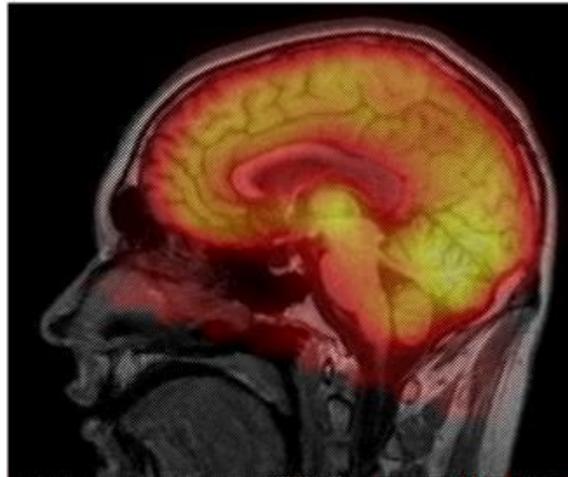


Figura 9.- Imagen sagital del cerebro, mediante la fusión de dos técnicas: una morfológica como la resonancia magnética y la otra funcional, como el SPECT. La fusión multimodal hace que se puedan observar con mejor precisión los aspectos tanto anatómicos como funcionales.

9.- LAS TIC Y LA INFLUENCIA EN LOS PATRONES DE ACTIVIDAD DE LOS CEREBROS

Por informaciones procedentes de diferentes campos de conocimiento, la previsión de cambios en el cerebro -como consecuencia de la inmersión en las TIC-, era totalmente previsible y se encontraba perfectamente justificada esa previsión. Los seres humanos no solo *manejan* instrumentos, sino que los emplean como mediadores-componentes, elementos integrantes de competencias, a la hora de proyectar y ejecutar acciones: el instrumento se integra como componente sistémico en los proyectos de acción. La secuencia de actividad cerebral refleja el proceso de acción, incluida la habilidad de uso del instrumento. Esta capacidad de proyectar e imaginar actuaciones, instrumentalmente mediadas, ha multiplicado al infinito la variedad de los comportamientos humanos; ha hecho posible que la totalidad de la biosfera fuera susceptible de convertirse en nicho para la vivienda humana. La mediación de artefactos y los modos de vida en ecosistemas diferentes son inductores de diferenciación cultural y de modulación en la práctica de funciones mentales.

Que una especie pueda llevar a cabo tareas tan diversas se debe a la extraordinaria versatilidad del cerebro humano. Aunque venimos al mundo con ciertas capacidades innatas, como mamar o mirar cuanto nos rodea, y con talentos que habremos de desarrollar, como aprender una lengua o caminar sobre dos pies, cada uno

de nosotros nace también con muchas habilidades latentes que podemos desplegar a lo largo de toda una vida. Y nuestros cerebros son, de todos los mamíferos, los más inmaduros al nacer. Esta característica deja a nuestro entorno infantil un amplio margen en el modelado de nuestra vida futura (Burke; J. Ornstein, 2001, 331).

Habilidades latentes no quiere decir innatas, ni siquiera implícitas. Indica el potencial de la estructura, cuando se introduce la mediación instrumental originada por su capacidad creativa. A través de la mediación instrumental se producen auténticas innovaciones funcionales, un acrecentamiento del patrimonio de competencias de la mente en una comunidad cultural; también se trata de un auténtico *modelado, moldeado*, del cerebro. Por este motivo, muchos autores introducen el concepto de *instrumentos psicológicos* (Kozulin, 2000). El cambio en el cerebro durante la evolución de las especies del género *Homo* no lo discute nadie; que lo que habitualmente denominamos desarrollo individual implica cambios en el cerebro, en paralelo con el progreso en competencias de la mente, tampoco (Geary, 2008). Se trata, pues, de una plasticidad que desarrolla el concepto de educabilidad, sin la cual el término educabilidad, como capacidad de ser educable, queda en mera tautología.

A finales del siglo pasado apareció una propuesta, calificada de neurofenomenológica, a ambos lados del Atlántico, cuyo lema de exposición podría ser *inscripción corporal de la experiencia* (Varela, 1993)¹⁵. Los descubrimientos en la fisiología cerebral permitieron avanzar en la comprensión del correlato corporal (*“la base corporelle”*) de la interacción cognitiva con el mundo. El dominio de experiencia en el que los autores desarrollaban la demostración empírica era el de la experiencia visual, la visión del color, por ser la mejor conocida. Comprobaban la implicación de la actividad cerebral en la construcción de la experiencia visual y los cambios correlativos cuando esa experiencia cambia sus contextos, p. ej. en el caso del visionado de películas.

Antonio Damasio (1944) ha descrito con amplitud, especialmente en lo referente al componente emocional de la experiencia, la interacción entre esta y los cambios en la estructura y en la dinámica funcional del cerebro. Un elemento clave de su propuesta es lo que denomina “marcadores somáticos” de la experiencia. La inscripción corporal no tiene solo lugar en el proceso cognitivo, también acontece en el proceso valorativo. Es decir, que no sólo tiene correlato neural el aspecto representativo de los objetos, también

¹⁵ El cap. lleva por título: “L’enaction: cognition encarnée”. pp. 207-248.



lo tiene el aspecto de adscripción de valor por parte del sujeto. En el componente estimación-evaluación que conlleva la experiencia intervienen los cambios neuronales, transitorios y/o permanentes en el territorio cerebral implicado en las emociones (Ledoux, 1999). Estas mutuas implicaciones entre cerebro y experiencia, tanto en la modalidad cognitiva como en la emocional, en diferentes dominios de la investigación neurocientífica, las describe D. Goleman en un reciente libro titulado *El cerebro y la inteligencia emocional* (Goleman, 2012).

Estas afirmaciones se ven reforzadas, hoy, con una fuerte base empírica. Las técnicas aludidas de neuroimagen han aportado evidencias experimentales acerca de los cambios en la estructura neuronal correlativos con los procesos cambiantes de la experiencia. La neurocientífica Eleanor Maguire, en el Departamento de Neuroimagen de la Universidad de Londres¹⁶, buscaba la comprobación de lo que defendían otros investigadores: que la memoria episódica biográfica estaba distribuida por un conjunto de regiones cerebrales (*“set of brain regions”*). Planteó varios diseños experimentales que ponían el foco en actividades o experiencias en la vida ordinaria. El marco general de la investigación fue: ¿cambia el cerebro como consecuencia de la práctica, además de como consecuencia del desarrollo? ¿El cerebro adulto también se modifica como consecuencia de la experiencia?

En el año 2000 llevó a cabo una famosa investigación sobre cerebros de taxistas de Londres, empleando la técnica RM. Para adquirir la licencia, tienen estos que pasar un largo período de entrenamiento, tras el cual son evaluados. Los taxistas tienen que memorizar unas veinticinco mil calles y miles de lugares, el aprendizaje puede durar cuatro años y debe acreditarse mediante pruebas específicas. Su hipocampo posterior derecho era significativamente más grande que el de los sujetos del grupo control. Se interpreta como que en la actividad de memorización-recuperación espacial el hipocampo derecho juega un papel particularmente relevante. Los resultados de la investigación han sido ampliamente comentados (Maguire, 2000). La revisión del artículo fue llevada a cabo por Alejandro Terrazas & Bruce L. McNaughton; estos autores comprendieron que la cuestión era: ¿el cerebro puede crecer sus estructuras o retraerlas como consecuencia de la práctica de una competencia o del desuso de la misma?¹⁷. La conclusión general fue:

¹⁶ <http://www.fil.ion.ucl.ac.uk/Maguire/> (19-1-2013).

¹⁷ Does the human brain actually grow or shrink to reflect the cognitive demands of the environment? <http://www.pnas.org/content/97/9/4414.full.pdf+html> (19-1-2013).



el cerebro cambia constantemente por efecto del entrenamiento y la experiencia, la plasticidad continúa toda la vida, si bien con menor vigor que en los primeros años. Esa conclusión general se perfila al comprobar que en los cambios están implicadas áreas concretas.

Otras investigaciones han proporcionado evidencias sobre la implicación del hipocampo en el mecanismo de tránsito de la memoria de trabajo (memoria a corto plazo) a la memoria a largo plazo. Este papel del hipocampo apareció en otra destacada investigación, muy citada en los libros sobre el tema que comentamos. Se trata del caso de H. M (Henry Molaison) (Davila, 2009). Padecía un foco de epilepsia que se pudo localizar en una zona del hipocampo. Se lo extirparon. Desaparecieron los ataques epilépticos, pero las consecuencias en las funciones de la memoria fueron catastróficas. Brenda Milner siguió el caso¹⁸. H. M mantenía los recuerdos anteriores a la operación (memoria a largo plazo), luego no estaban localizados en el hipocampo. La localización de las remembranzas se encuentra repartida por todo el córtex cerebral, la corteza. También mantenía buena memoria a corto plazo. Con la cirugía, habían desaparecido, sin embargo, los mecanismos de transferencia desde memoria de trabajo (corto plazo), a los depósitos de memoria a largo plazo. Las situaciones eran siempre nuevas para él, nunca recordaba la visita diaria de la doctora Milner, siempre era nuevo, siempre era la primera vez. Era incapaz de nuevos recuerdos declarativos (personas, cosas, acontecimientos). La enfermedad de Alzheimer tiene en el hipocampo uno de los lugares principales de incidencia inicial. La habilidad para situarnos en el entorno y la habilidad para recordar lo que allí ocurrió se almacenan en el hipocampo: almacenar es inscribir, modificar el territorio cerebral en zonas muy diferenciadas. La investigación confirma que la práctica progresa en paralelo al cambio en la estructura neuronal.

Las TIC, en tanto que crean un contexto de práctica humana, no son únicamente el sistema tecnológico humano con mayor poder de modificación del entorno vital que la humanidad haya conocido nunca, el de coeficiente de evolución más rápido, el de alcance humano más extenso, también una fuente de cambios en la actividad del cerebro. Concretamente, revisar el conocimiento disponible sobre esos cambios es el objetivo de la obra del neurocientífico Gary Small, director del Centro de Investigación de la Memoria y el Envejecimiento en la Universidad de California. En el año 2009 formuló una pregunta

¹⁸ Beecher Scoville, W. & Millner, B. (1957). Loss of recent memory after bilateral hippocampal lesions. En *Rv. J. Neurol. Neurosurg. Psychiat.*, 20, 11. <http://jnnp.bmj.com/content/20/1/11.short> (21-1-2013).



para el balance de una investigación, análoga a la que ha dirigido nuestro trabajo: ¿Cómo las nuevas tecnologías están cambiando nuestra mente? Trató de responderla desde la neurología en el libro titulado *El cerebro digital* (Small, 2009). Podemos sintetizar su pensamiento con este texto:

La actual eclosión de la tecnología digital no sólo está cambiando nuestra forma de vivir y comunicarnos, sino que está alterando, rápida y profundamente, nuestro cerebro. La exposición diaria a la alta tecnología [...] estimula la alteración de los caminos neuronales y la activación de los neurotransmisores, con lo que gradualmente se afianzan en el cerebro nuevos caminos neuronales, al tiempo que los antiguos se debilitan... (Small, 2009, 15-16).

En el párrafo anterior, G. Small certifica el cambio desde la vertiente cerebral; como proceso, es equivalente a la afirmación inmediatamente siguiente: “cambian la forma de sentir y comportarnos” y “el modo de funcionar de nuestro cerebro”.

Si los motivos del cambio en los procesos cerebrales es la profundidad de la metamorfosis de la práctica por la innovación radical en el sistema tecnológico, esta contingencia cultural ya pasó con la innovación del lenguaje, con la innovación de la escritura. La novedad clave es que, hoy, la mediación tecnológica fomenta los cambios evidentes en la práctica, y permite obtener indicios claros de las alteraciones en la estructura del cerebro.

Algunos autores afirman que los cambios que genera la tecnología digital en nuestro cerebro son los más extensos y profundos que haya producido cualquier contingencia cultural. Esta afirmación dudamos que se encuentre probada en su totalidad. La transformación de la comunidad de prácticas, a primera vista, está siendo insólita. Las actividades que realizan los seres humanos competentes en el manejo de la tecnología digital son inusitadas, incluso se ven practicadas por niños de corta edad. Pero, que ambos grupos de hechos impliquen variaciones en el funcionamiento neuronal, *más profundos* que los acontecidos en contingencias culturales anteriores, no ha sido confirmado. ¿Qué podemos entender por cambio *más profundo*? Aceptamos la apreciación de J. Burke acerca de que la afectación de la biosfera en este momento cultural está siendo la más extensa, rápida y profunda de la historia de la humanidad; lo opinan también los ecólogos (Eldredge, 2001; Duarte, 2006). Hemos de reconocer que el cambio global en la sociedad, causalmente vinculado a la innovación tecnológica, requiere de una enciclopedia (Castells, 2009). ¿Tenemos criterio y pruebas para demostrar que los cambios en el cerebro, vinculados a los cambios tecnológicos de nuestra época, son reales e inusitados?



Desde el conocimiento que aportan las neurociencias, el cerebro se ve afectado por *todos* los cambios en el entorno cultural; porque, vivir en esos entornos, participar en ellos, consiste en la activación de patrones de actividad cerebral, mediante los cuales dirigir intencionalmente el comportamiento. Ver, oír y sentir son experiencias resultado de propiedades del cerebro que los sentidos limitan. Donde el organismo se comporte o modifique su comportamiento, ya sea el medio externo o el medio interno, lo ha conseguido porque el cerebro generó patrones organizados de actividad o cambió los que habitualmente venía trayendo (Llinas, 2003).

El problema no está ahí; en la perspectiva de este trabajo, el problema estriba en precisar las condiciones de uso de las tecnologías, los riesgos a los que quedan expuestos los usuarios cuando las condiciones se vulneran, o cuando las acciones que se llevan a cabo son injustificables, inaceptables y/o irresponsables. La bibliografía sobre la sociedad de la Información se divide entre exaltación de las oportunidades afloradas por la tecnología y advertencia sobre los riesgos a los que quedan expuestos los usuarios. Señalaremos algunas alertas.

La más evidente y próxima a la observación es el *tiempo de exposición*. D. F. Roberts comprobó que la exposición visosensorial-digital puede, en muchos sujetos, llegar a las 8 horas diarias (Roberts, 2005). El *Pew Internet American Life Project* investiga las consecuencias que este tipo de exposición acarreará, cuyas consecuencias podrían ser patentes sobre el 2020¹⁹. De todo el recorrido de consecuencias que rastrea G. Small, aludiremos únicamente a una. La evolución nos predispuso para la comunicación cara a cara, a través de la cual vamos configurando las normas de interacción social (Frith, 2011). Las neurociencias han refinado los caminos neuronales necesarios para las habilidades empáticas, mediante escaneado con RM. Muchos usos de las TIC mejoran las habilidades cognitivas y las habilidades en multitareas, incluso en grupo (Gee, 2004). La inmersión en las TIC temporalmente intensa pone en riesgo de distanciamiento social y emocional, porque modifica el formato de los procesos atencionales, favoreciendo estados de *atención parcial continua*, porque fomenta la atención a los objetivos con recompensa inmediata y la pospone para tareas con satisfacción a largo plazo, porque la identidad difusa en la Red disminuye la sensación de riesgo en tareas peligrosas; porque un porcentaje alto puede llegar a la adicción, con desprendimiento de tareas ordinarias

¹⁹ Madden, M. (2005). *Internet users ages 12-28...Generations online. Pew Internet American Life Project.* http://www.pewinternet.org/~media/Files/Reports/2006/PIP_Generations_Memo.pdf.pdf. (23-1-2013).



obligatorias, por mantenerse *on-line*²⁰; no todas las aplicaciones fomentan en la misma medida esas tendencias. Sara E. Allison afirma que, como en toda comunidad de práctica y de desarrollo del sujeto, en las prácticas *on-line* también es razonable esperar que se vea afectada la identidad subjetiva (*self*)²¹. Estas apreciaciones hay que completarlas con la abundantísima bibliografía que considera importante el impacto en la comunidad de prácticas sociales. El contexto social siempre ha sido y será la zona de construcción del sujeto, dado que evolutivamente estamos organizados biológicamente para el contacto cara a cara (Ekman, 2004). En síntesis G. Small afirma: Las TICs “Están provocando que nuestro cerebro evolucione a ritmos sin precedentes” (Small, 2009). Evidentemente el concepto de evolución hace referencia aquí a desarrollo evolutivo biográfico, otra cosa lo entendemos como alucinación. Alucinación consensuada llamó W. Gibson (Gibson, 1984) al *ciberespacio*.

No obstante, también este asunto lo está tratando la que podríamos llamar literatura de acompañamiento al desarrollo de las tecnologías (Nicoletis, 2012); en esa literatura hay algunos que vislumbran un punto de inflexión evolutiva, un acontecimiento singular (*gran singularidad*) y una era posthumana; es lo que se denomina literatura tecnofantástica.

10. CONCLUSIÓN

El recorrido llevado a cabo nos confirma el proceso de interacción entre actividad cerebral y prácticas culturales; la plasticidad del cerebro posibilita las prácticas culturales y puede verse vulnerado por ellas, abriendo un capítulo de neuroética sobre calidad de prácticas culturales. Finalmente, la plasticidad del cerebro y sus implicaciones, la neurocultura, constituye un elemento básico de la antropología de la formación: la educación, como cuidado y fomento de hábitos saludables y protectores de la actividad del cerebro, en tanto que estructura que soporta el funcionamiento de nuestra mente.

²⁰ VANCOTT, RACHEL, D (2008). *GHOST AT THE MACHINE: INTERNET ADDICTION AND COMPULSIVE COMPUTER USE*. MASSACHUSETTS INSTITUTE OF TECHNOLOGY. [HTTP://HDL.HANDLE.NET/1721.1/45341](http://hdl.handle.net/1721.1/45341) (23-1-2013).

²¹ Allison, S. y otros (2006). The Development of the Self in the Era of the Internet and Role-Playing Fantasy Games. *En Am J Psychiatry* 163,3, March., 381. <http://journals.psychiatryonline.org/data/Journals/AJP/4037/381.pdf>. (23-1-2013).



La aproximación de la teoría de la educación a las neurociencias es, hoy, un requerimiento cultural, para aumentar la comprensión de los procesos educativos en todos los seres humanos: adolescentes, adultos, ancianos y vulnerados por cualquiera categoría de incapacidad. Esa aproximación mejora la perspectiva de estudio de los procesos educativos. Demuestra que la estructura que nos hace capaces de expandir la actividad de las funciones mentales, la plasticidad cerebral, por carecer de diseño inteligente, es susceptible de aparecer vulnerada de nacimiento, de quedar afectada por vulneración sobrevenida –en el trauma y en el maltrato-, y, siempre, de una u otra manera está demandando tutela y cuidado para dar de sí o alcanzar la resiliencia posible. Plasticidad, vulnerabilidad y resiliencia son tres conceptos que aclaran la perspectiva de una teoría de la educación inclusiva, desde el principio y por principio. Para este perfeccionamiento de la perspectiva de la teoría de la educación creemos imprescindible la aproximación a las neurociencias. Si evolución es el concepto más unificador de toda la biología, educación es el concepto más integrador, para la comprensión de los seres humanos. La teoría de la educación no puede escamotear que el proceso educativo tiene lugar en la especie de organismo que calificamos de ser humano.

11.- REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Ansernet, F.-Magistretti, P. (2006). *A cada cual su cerebro. Plasticidad neuronal e inconsciente*. Buenos Aires: Katz Editores.

Asensio, J. M. (2004). *Una educación para el diálogo*. Paidós: Barcelona.

Augner, R. (2004). *El meme eléctrico. Una nueva teoría sobre cómo pensamos*. Barcelona: Paidós.

Austin, J. L. (1971 v.o. 1962). *Palabras y acciones*. Buenos Aires: Paidós.

Ayala, F. (2007). *Darwin y el diseño inteligente*. Madrid: Alianza Editorial.

Bechtel, W. (1991). *Filosofía de la mente: una panorámica para la ciencia cognitiva*. Madrid: Tecnos.

Belinchón, M. & Igoa, J. M. & Rivière, A. (1992). o.c. Especialmente el cap 6.2 “El lenguaje como conocimiento frente al lenguaje como actividad”.



- Blackmore, S. (2000). *La máquina de los memes*. Barcelona: Paidós.
- Blakemore, S. J. & Frit, U. (2007). *Cómo aprende el cerebro. Las claves para la educación*. Barcelona: Ariel, p. 13.
- Boole, G. (1960). *Análisis matemático de la lógica: ensayo de un cálculo del razonamiento deductivo*. Buenos Aires: Universidad de la Plata.
- (1982). *Investigación sobre las leyes del pensamiento*. Madrid: Paraninfo.
- Brillouin, L. (1988 v.o. 1959). *La science et la théorie de l'information*: París, Jacques Gabay.
- Bruner, J. S. (1991). *Actos de significado: más allá de la revolución cognitiva*. Madrid: Alianza.
- Burke, J. & Ornstein, R. (2001). *Del hacha al chip. Cómo la tecnología cambia nuestras mentes*. Barcelona: Planeta
- Cafarel Serra, C. (1996). *El concepto de información en las Ciencias Naturales y Sociales*. Madrid: Universidad Complutense.
- Carlson, N. R. (2007). *Fisiología de la conducta*. Madrid: Pearson. pp. 67 y s.; 493-494; 466 y ss.
- Castelfranchi, Y. & Stock, O. (2000). *Máquinas como nosotros. El desafío de la inteligencia artificial*. Madrid: Acento.
- Castells, M. (2009). *La era de la información: economía, sociedad y cultura*, 3vols. Madrid: Alianza.
- Cela Conde, C. & Ayala, F.J. (2001). *Senderos de la evolución humana*. Madrid: Alianza.
- Chalmers, D. J. (1999). *La mente consciente: en busca de una teoría fundamental*. Barcelona: Gedisa.
- Changeux, J.P. (1985). *El hombre neuronal*. Madrid: Espasa Calpe.



- Churchland, P. (1986). *Neurophilosophy: Toward a Unified Science of the Mind-Brain*. Cambridge: Massachusetts: The MIT Press.
- (2012). *El cerebro moral. Lo que la neurociencia nos cuenta sobre la moralidad*. Barcelona: Paidós Ibérica.
- Dávila, J. C. (2009). El caso de H.M. Una vida sin recuerdos. *Rv. Encuentros en la Biología*. vol. 2, nº 125. <http://www.encuentros.uma.es/encuentros125/Recuerdos.pdf>. (21-1-2013).
- Dehaene, S. (2010). *Les neurones de la lectura*. París: Odile Jacob.
- Duarte, C. M. y otros (2006). *Cambio global. Impacto de la actividad humana sobre el sistema Tierra*. Madrid: CSIC.
- Eco, H. & Carriére, J.C. (2010). *Nadie acabará con los libros*. Barcelona: Lumen.
- Ekman, P. (2004). *¿Qué dice ese gesto? Descubre las emociones ocultas tras las expresiones faciales*. Barcelona: RBA.
- Eldredge, N. (2001). *La vida en la cuerda floja. La humanidad y la crisis de la biodiversidad*. Barcelona: Metatemas.
- Esté, A. (1997). *Cultura replicante. El orden semiocentrista*. Barcelona: Gedisa.
- Finkelkraut, A. (1990). *Memoria vana: del crimen contra la humanidad*. Barcelona: Anagrama.
- Foley, R. (1997). *Humanos antes de la humanidad*. Barcelona: Bellaterra.
- Frith, U. & Blakemore, S. J. (2011). *Cómo aprende el cerebro: las claves para la educación*. Barcelona: Ariel.
- Gardenfors, P. (2006). *Cómo el Homo se convirtió en Sapiens*. Madrid: Espasa.
- Gazzaniga, M. (2012). *¿Quién manda aquí? El libre albedrío y la ciencia del cerebro*. Barcelona: Paidós.



Geary, D. C. (2008). *El origen de la mente: evolución del cerebro, cognición e inteligencia*. México: El manual Moderno.

Gee, P. (2004). *Lo que nos enseñan los videojuegos sobre el aprendizaje y el alfabetismo*. Málaga: Aljibe.

Gibson, W. (1984). *Neuromancer*. Barcelona: Minotauro.

Goleman, D. (2012). *El cerebro y la inteligencia emocional: nuevos descubrimientos*. Barcelona: Ediciones B.

Hebb, D. (1980). *Psicología*. México: Ed. Interamericana.

Hernández-Muela, S.; Mulas, F & Mattos, L. (2004). Plasticidad neuronal funcional. *Rev. De Neurología*. n° 38 (Supl 1), S58-S68.

Hume, D. (1985) *Tratado sobre la naturaleza humana*. Barcelona: Orbis, L.I, parte IV, sec. VI.

Humphrey, N. (1995). *Una historia de la mente. La evolución y el nacimiento de la conciencia*. Barcelona: Gedisa.

Jonas, H. (2000). *El principio vida: hacia una biología filosófica*. Madrid: Trotta

Kandel, E. (2007). *En busca de la memoria: el nacimiento de una nueva ciencia de la mente*. Buenos Aires: Katz.

Kozulin, A. (2000). *Instrumentos psicológicos desde la perspectiva sociocultural*. Barcelona: Paidós.

Kundera, M. (2007). *Los testamentos traicionados*. Barcelona: Tusquets.

Ledoux, J. (1999). *El cerebro emocional*. Barcelona: Planeta.

Linden, D. (2010). *El cerebro accidental. La evolución de la mente y el origen de los sentimientos*. Barcelona: Paidós.



- Llinas, R. R. (2003). *El cerebro y el mito del yo. El papel de las neuronas en el pensamiento y el comportamiento humano*. Barcelona: Belacqua.
- Maguire, E. A. y otros. (2000). Navigation-related structural change in the hippocampi of taxi drivers. *Rv. PNAS*, April 11, vol. 97, 4398- 4403.
- Maturana, H. (1995). *La realidad: ¿objetiva o construida?* T. I. *Fundamentos biológicos de la realidad*. Barcelona: Anthropos. Cap "Ontología del conversar".
- Martínez Cari, D. (2012). *El yo y la máquina: cerebro, mente e inteligencia artificial*. Madrid: Palabra.
- Martínez del Rio, B. (2006). *Redes neuronales y sistemas borrosos*. Madrid: RA-MA.
- Mora, F. (2007). *Neurocultura. Una cultura basada en el cerebro*. Madrid: Alianza.
- Morgan Allman, J. (2003). *El cerebro en evolución*. Barcelona: Ariel.
- Moya, C. (2004). *Filosofía de la mente*. Valencia: Univ. de Valencia.
- Neumann, Von J. (1980). *.El ordenador y el cerebro*. Barcelona: Antoni Bosch.
- Nicolelis, M. (2012). *Más allá de nuestros límites. Los avances en la conexión de cerebros y máquinas*. Barcelona: RBA.
- Olson, D. R. (2004). Alfabetización y educación. Tres problemas para una teoría de la lectoescritura. En *Rv. "Infancia y Aprendizaje"*, vol. 27 (2) ,155-165.
- Pinker, S. (2001). *El instinto del lenguaje. Cómo crea el lenguaje la mente*. Madrid: Alianza Editorial.
- Posner, M. I. (1999). *Images of Mind*. New York: Scientific American Library.
- Roberts, D. F.; Foehr, M. A. & Rideout, M.A. (2005). *Generation M: Media in the Lives of 8-18 Year-olds*. A Kaiser Family Foundation Study.
- Sanguinetti, J. J. (2007). *Filosofía de la mente: un enfoque ontológico y antropológico*. Madrid: Palabra.



Ramón y Cajal, S. (1952). *¿Neuronismo o reticularismo?: las pruebas objetivas de la unidad anatómica de las células nerviosas*. Madrid: CSIC.

Small, G. (2009). *El cerebro digital. Cómo las nuevas tecnologías están cambiando nuestra mente*. Barcelona: Urano.

Scholz, J. & Klein, M. (2013). El aprendizaje transforma el cerebro. MENTE Y CEREBRO. Cuadernos: Las neuronas, nº4, 40-45.

Shannon, C. E.-Weaver, W. (1998 v.o. 1948) .*The mathematical theory of communication*: Urbana, Universidad de Illinois.

Solms, M. & Turnbullo, O. (2004). *El cerebro y el mundo interior. Una introducción a la neurociencia de la experiencia subjetiva*. México: Fondo de cultura Económica.

Tarttersal, I. (1998). *Hacia el ser humano. La singularidad del hombre y la evolución*. Barcelona: Península

Turing, A. (1974). *¿Puede pensar una máquina?*. Valencia: Universidad de Valencia.

- *Controversia sobre mentes y máquinas*. Barcelona: Orbis.
- *Mechanical intelligence*. Amsterdam: North Holland.

Valverde, F. (2002). Estructura de la corteza cerebral. Organización intrínseca y análisis comparativo del neocórtex. *Rev. Neurología*, 34 (8), 758-780.

Varela, F. (2010). *El fenómeno de la vida*. Chile: JC Sáez Editor.

Varela, F.; Thompson, E. & Rosch, E. (1993). *L'inscription corporelle de l'esprit, Sciences cognitives et expérience humaine*. París: E. du Seuil.

Varios (1975). *El concepto de información en la ciencia contemporánea. (Coloquios de Royaumont)*. Madrid: Siglo XXI.

Vygotski, L. S. (1972). *Psicología del arte*. Barcelona: Barral.

- (1996). *El desarrollo de los procesos psicológicos superiores*.
- (2004) *Teoría de las emociones*. Akal: Madrid.



Wolf, M. (2008). *Cómo aprendemos a leer. Historia y ciencia del cerebro y la lectura*. Barcelona: Ediciones B.

Zeki, S. (1995). *Una visión del cerebro*. Barcelona: Ariel.

Para citar el presente artículo puede utilizar la siguiente referencia:

García Carrasco, J. y Juanes Méndez, J. A. (2013). El cerebro y las TICS. *Revista Teoría de la Educación: Educación y Cultura en la Sociedad de la Información*. 14(2), 42-84 [Fecha de consulta: dd/mm/aaaa].
http://campus.usal.es/~revistas_trabajo/index.php/revistatesi/article/view/10213/10623