

**Publicado en: Nuevos Paradigmas a comienzos del tercer Milenio. Alvaro Fisher.  
Ed. El Mercurio/Aguilar (2004)**

**EL CEREBRO HUMANO.  
DESAFIO PARA EL NUEVO MILENIO.**

Dr. Pedro Maldonado A  
Profesor de Neurofisiología.  
ICBM. Facultad de Medicina  
Universidad de Chile

La novia de Virgil lo había convencido de que se hiciera la operación. Después de quedar ciego a los diez años a causa de cataratas, el hombre de 50 años se sometió a una operación para extraérselas. Cuando llegó el momento de sacarse los vendajes, la expectación era grande. Por fin, después de 40 años de vivir como un ciego, Virgil podría ver y comenzar una vida normal. Sin embargo cuando abrió los ojos, el hombre no tenía idea de qué era lo que miraba; había luz, había movimiento y había color, todo mezclado, todo sin sentido. Entonces salió una voz de alguna parte que dijo, “¿Y bien?”. Entonces y sólo entonces comprendió que ese caos de luces y sombras debía ser una cara. Aunque recuperó el funcionamiento de sus ojos, el cerebro de Virgil no podía integrar y comprender lo que veía, las imágenes no tenían sentido. No eran los objetos familiares que él conocía muy bien a través de sus otros sentidos. Después de muchos meses, frustrado y deprimido por un lento aprendizaje y por problemas de salud, Virgil ya no se apoyaba en su limitada visión y recurría cada vez mas a su familiar experiencia de tacto y audición. Esta historia, relatada por el notable neurólogo y escritor norteamericano Oliver Sacks en su libro “Un antropólogo en Marte”, nos revela una de las características más importante de nuestros cerebros. El mundo como lo percibimos es una construcción que el cerebro realiza sobre la base de la actividad de nuestros órganos sensoriales y de la experiencia. Sin órganos sensoriales o sin experiencia (como el caso de Virgil y otros pacientes similares) el cerebro construye un mundo propio y distinto con aquellas experiencias sensoriales disponibles. No basta entonces que en la retina se proyecte una cierta imagen para que uno vea, se requiere además que el cerebro relacione la forma, color y movimiento de lo que ve, con la actividad que simultáneamente proviene de otros sentidos. Este proceso no es en absoluto pasivo, en todo momento el cerebro compara, clasifica y selecciona esta experiencia sensorial con percepciones previas, en un continuo e interminable aprendizaje. Como la gran mayoría de las personas inicia este proceso de aprendizaje perceptual desde que nace, nos parece que lo que somos capaces de hacer con nuestros sentidos es una propiedad innata de nuestros cerebros y por tanto no somos conscientes de su constante desarrollo a través de nuestras vidas. Es sólo en circunstancias como en el caso de Virgil o en pacientes con trastornos perceptuales, que esto es revelado y nos entrega una espléndida ventana al mundo interno de la función cerebral.

El cerebro humano, es un órgano de poco mas de un kilo de peso, que contiene mas de 10.000.000.000 de neuronas conectadas entre sí por más de 350.000 kilómetros de cables membranosos y está constituido por cerca de un 80% de pura grasa. Es comparativamente, el órgano menos conocido del cuerpo humano, pero cuyo funcionamiento representa uno de los mayores desafíos de la humanidad para el siglo que comienza. Entender lo que ocurre entre todas esas neuronas permitirá a la humanidad no solo mejorar la calidad de vida y curar las cada vez

más numerosas enfermedades mentales, sino que nos ayudará a obtener nuevas respuestas para aquellas preguntas que han preocupado a la humanidad desde que inicia la reflexión y se pregunta acerca de su propio mundo. ¿Quiénes somos?, ¿Qué es la mente?, ¿Qué es la conciencia?, ¿Qué es lo que nos hace humanos?. El reto de las Neurociencias en el nuevo milenio es comprender los procesos mentales a través de los cuales vemos y oímos, nos emocionamos, aprendemos y recordamos. Incluso explicar cómo es que podemos hacernos éstas preguntas. La importancia que han tomado las Neurociencias en nuestra sociedad ha provocado un tremendo auge en esta rama de la Biología. La década de los 90 fue declarada la “Década del Cerebro” por el congreso de los EEUU, por lo que grandes recursos se canalizaron a la investigación del sistema nervioso. En esos años se crearon varios centros de investigación exclusivamente dedicados a las ciencias del sistema nervioso en Norteamérica, Europa y Japón. En EEUU solamente, el Instituto Nacional de salud (NIH) dedicó casi el 45% de su presupuesto del año fiscal 2000 (aproximadamente 3.400 millones de dólares) a la investigación en el área de Neurociencias.

**Mitos y verdades del cerebro.** En la última década hemos avanzado significativamente en nuestro conocimiento de los procesos básicos que ocurren en el cerebro, pero aún se mantienen varios mitos sobre lo que este órgano puede hacer. El mito más común considera que el cerebro sólo funciona en un 10% de su capacidad. Si se examina la actividad cerebral, ya sea con métodos de registro eléctrico como el electroencefalograma o a través de las modernas técnicas de imágenes como la Resonancia Magnética Funcional, nos damos cuenta que cuando realizamos las conductas más comunes como por ejemplo mirar televisión, leer un libro, o conversar con otra persona, gran parte del cerebro esta activo. Si pudiéramos medir la actividad cerebral mientras realizamos las actividades de un día cualquiera, hallaremos que todas las partes del cerebro han sido activadas en algún momento. No existen áreas del cerebro que algún día podrían “despertarse” para entonces realizar una función especial y sorprendente. De hecho, se sabe que si por alguna razón, un grupo de neuronas se quedase inactiva durante un tiempo, éstas eventualmente se mueren. Las células del cerebro requieren entonces de una constante actividad para mantenerse con vida. ¿Porqué persiste la sensación de que el cerebro podría hacer tantas cosas y sin embargo cada ser humano tiene un rango limitado de habilidades? Estudios realizados en humanos y animales muestran que las *sinapsis* o conexiones entre las neuronas están en constante cambio. Aquellas neuronas que están más activas tienden a reforzar sus conexiones con otras neuronas que están tan activas como ellas. También tienden a disminuir sus conexiones con neuronas poco activas y a establecer nuevas conexiones con neuronas cercanas con las cuales no se contactaban antes. Como resultado, los cerebros de distintas personas terminan siendo diferentes en virtud de su propia historia conductual, pero en todos los casos utilizamos casi todo el cerebro cualquiera sea la tarea en que nos embarcamos. Un violinista por ejemplo podría tener una mayor área de su corteza cerebral dedicada a participar de conductas táctiles y auditivas, pero las áreas del cerebro que están envueltas en la motricidad de las piernas podría no estar tan desarrollada como la de un futbolista. De esta manera, cada individuo distribuye su capacidad cerebral en aquellas tareas a las que le dedica tiempo y práctica. Afortunadamente, esto nos hace a todos únicamente hábiles en un cierto conjunto de conductas, pero nos impide ser excepcionales en todo tipo de conductas y actividades.

**Humanos y animales** ¿Es el cerebro humano algo muy especial y diferente del de los otros animales? Ciertamente especial sí lo es, al menos si no se esgrime otra mejor razón que estamos hablando de nuestro propio cerebro. Sin embargo, no somos los animales que mejor vemos, escuchamos u olemos o que mejor nos movemos. Muchos animales perciben colores que

nosotros no vemos o tienen otros sentidos extraordinarios incluyendo la percepción eléctrica en peces, el sonar en murciélagos y delfines. Lo más notable del cerebro humano es su capacidad para la reflexión y el lenguaje, pero no existe la certeza de que somos los únicos animales que muestran estas conductas. Si uno examina con detalle la anatomía del cerebro humano y la de otros animales, observamos una enorme similitud en sus estructuras. Tenemos las mismas partes y conexiones que la gran mayoría de los animales, incluyendo áreas de la corteza cerebral que se pensaban existían sólo en humanos. Se sabe que chimpancés, nuestros parientes más cercanos en el mundo animal, también poseen áreas de la corteza que en humanos participan en el lenguaje. Mas aún, la fisiología de las células y de la gran mayoría de las partes del cerebro de otros animales es idéntica a la de los seres humanos. ¿Qué es entonces lo más particular de nuestros cerebros? Simplemente, aunque tenemos un cerebro parecido al de otros animales, tenemos *más cerebro*. En particular poseemos una enorme “corteza cerebral” en comparación con otros animales. Esta corteza que parece ser una estructura multipropósito, nos permite el rango de posibilidades conductuales dado por su gran cantidad de neuronas y sus múltiples configuraciones de actividad. El cerebro humano es el de mayor tamaño con relación a su peso (seguido de cerca por el del delfín). Es este enorme número de neuronas en nuestros cerebros y la gran complejidad de sus conexiones, que nos permiten exhibir una fascinante gama y riqueza de conductas, entre las cuales destacan la mayoría de los aspectos cognitivos que son comúnmente mencionados cuando tratamos de definir aquellos aspectos que más nos diferencian de los otros animales, tales como las conductas sociales, la reflexión, la conciencia, o la creatividad.

**El cerebro y el computador.** La comparación entre la manera como funciona un computador y nuestros cerebros no es siempre acertada. Existen demasiadas diferencias funcionales entre los dos sistemas como para que la comparación sea útil cuando se trata de determinar los mecanismos básicos de la función del sistema nervioso. Si bien es cierto que las neuronas, los elementos básicos de nuestro cerebro funcionan con actividad eléctrica que oscila entre dos estados, como lo hace un bit de memoria de un computador, las comparaciones terminan ahí. El computador posee una estructura central de procesamiento secuencial de tareas. En el cerebro no existe tal estructura; existen siempre varias partes coactivas simultáneamente. Su arquitectura es mucho más paralela que la de un computador común. Ni siquiera es necesariamente correcto decir que el cerebro o parte de él *procesa información*. Este es un término que los neurocientistas de los años 60 “tomaron prestado” de los ingenieros, y que es ampliamente supuesto como el mecanismo básico de operación del sistema nervioso. La teoría de la información hace una clara distinción entre un *mensaje* y los procesos de *codificación* y *decodificación*. Comparaciones similares en el cerebro no nos han llevado a entender apropiadamente lo que ocurre en él. De hecho las neuronas son pésimas transmisoras de información (cuando la medimos en bits), y nuestros modelos computacionales son aún muy pobres en rendimiento en comparación con un cerebro. Un niño de tres años puede hacer de la manera más trivial, operaciones que un supercomputador de última generación no puede. En el cerebro hay claramente elementos de red no Booleana e isotrópica, hay una arquitectura paralela y una actividad neuronal no lineal que no existen en la mayoría de los computadores que conocemos. A pesar de utilizarse la idea de información de manera tan frecuente en la literatura, hay excepciones notables como en el ya clásico libro del neurólogo Antonio Damasio, “El Error de Descartes”, donde no emplea ni una sola vez este término para explicar ideas actuales sobre el cerebro, la mente y las emociones.

Un segundo elemento de confusión entre el cerebro y el computador hace referencia al concepto de memoria. En un computador, la memoria es una dirección física en sus circuitos que pueden contener un valor numérico y que pueden ser extraídos en cualquier momento que se acceda a esa dirección física. En el cerebro no existe ninguna evidencia que algo parecido ocurra. No hay ninguna área conocida que al ser dañada produzca la pérdida selectiva de la memoria de una cara u objeto. Al contrario, cuando se le pide a sujetos que recuerden un hecho o persona, muchas partes del cerebro se activan simultáneamente. Por otra parte, sí se sabe de algunas estructuras esenciales para la formación de memorias nuevas, como es el caso del *hipocampo*. Varios pacientes que muestran lesiones en el hipocampo son capaces de recordar eventos anteriores a su lesión, pero son incapaces de formar nuevas memorias. Leen un libro y al día siguiente no recuerdan haberlo leído, o no reconocen al médico que los ha tratado por meses. Lo que sí se sabe con certeza de la memoria y el cerebro, es que para que un evento u objeto quede integrado en la memoria, deben ocurrir cambios morfológicos entre las conexiones de muchas neuronas. Sin estos cambios, no hay memoria y sin memoria, no hay aprendizaje. Nuestros cerebros están entonces en continuo y constante cambio físico, mientras que en un computador las conexiones son permanentes.

Finalmente es importante destacar que a diferencia de los computadores, las funciones del cerebro humano no se basan exclusivamente en la actividad eléctrica de las neuronas, sino que existe un componente crucial de esta actividad que tiene que ver con la acción de innumerables compuestos químicos que inician o modulan esta actividad. Ninguna explicación sobre la función cerebral puede estar completa sin que entendamos bien las múltiples interacciones bioquímicas que ocurren en nuestros cerebros. En los últimos años, se han logrado enormes avances para relacionar desbalances bioquímicos del cerebro con una serie de enfermedades y patológicas que van desde el Parkinson hasta la depresión y la esquizofrenia. En muchos de estos casos, la medicina puede modificar el balance químico mediante drogas que disminuyen o mitigan estos desbalances químicos. Sin embargo, aún desconocemos muchos de sus mecanismos. Como lo expresan el neurofarmacólogo Jack Cooper y sus colaboradores, “A nivel molecular una explicación de la acción de una droga es frecuentemente posible, al nivel celular es a veces posible, pero al nivel conductual, nuestra ignorancia es abismal”. Esto ocurre en parte porque los químicos estudiados o con los cuales se interfiere la función cerebral, pueden afectar muchos lugares distintos del cerebro y por tanto sus consecuencias en la conducta pueden ser impredecibles.

**Un nuevo paradigma.** Algunos autores como el filósofo Colin McGinn y el psicólogo Steven Pinker han formulado la imposibilidad de conocer, en último término, el funcionamiento del sistema nervioso, argumentando que nuestro propio cerebro es simplemente incapaz de exhibir las habilidades cognitivas necesarias para comprenderlo. Mas aún, John Morgan un prominente periodista científico en su libro “El fin de la ciencia” donde concluye que la mayoría de las grandes preguntas científicas ya han sido respondidas, propone que la única excepción, el funcionamiento del cerebro humano, nunca podrá ser contestada simplemente porque el cerebro es demasiado complejo. Irónicamente, la complejidad es un término técnico claramente definido en las ciencias matemáticas y físicas y puede justamente utilizarse para el estudio del sistema nervioso. De todas maneras, los avances obtenidos en los últimos años han aumentado considerablemente nuestros conocimientos sobre el cerebro y si bien aun estamos lejos de comprender la totalidad de sus funciones, tampoco se vislumbra el término de las posibilidades experimentales. En gran parte el éxito alcanzado hasta ahora se ha debido a un cambio significativo en la manera como se realizan los estudios sobre el cerebro. Este nuevo paradigma

se basa principalmente en la creación de equipos de trabajo multidisciplinarios. Ya no es la biología por sí sola la que contribuye aisladamente a contestar preguntas sobre el cerebro sino que es la conjunción de distintas ciencias que incluyen la ingeniería, la física, la química, la matemática y la computación entre otras. Estas disciplinas no han estado ausentes en las Neurociencias. Muchos neurofisiólogos que han realizado importantes contribuciones se formaron primero como ingenieros, físicos o químicos. El cambio paradigmático simplemente reconoce que la complejidad del cerebro requiere de la integración constante de estas distintas disciplinas enfrentándose en forma conjunta a un problema común. Algunos de los centros dedicados al estudio del cerebro como por ejemplo el Instituto Max-Planck de Biocibernética en Alemania, ha buscado intencionalmente reclutar científicos de distintas disciplinas para formar equipos de trabajo científico. Instituciones de educación como el MIT requieren ahora que los alumnos de ingeniería tomen cursos de biología. Cada vez mas laboratorios de investigación combinan estudios fisiológicos con avances en electrónica y computación para fabricar implantes cerebrales, que reemplacen los ojos u oídos (Universidad de Utah, EEUU). Un ejemplo reciente y notable lo encontramos en la experiencia realizada por científicos de la Universidad de Duke (EEUU). El Dr. Miguel Nicolelis y su equipo implantaron en un mono, un arreglo de decenas de electrodos en la corteza motora que es parte del cerebro que controla los movimientos voluntarios. Cuando el animal movía su brazo, las señales recogidas por estos electrodos eran a su vez enviadas a un computador que calculaba la eventual dirección de movimiento del brazo y entonces controlaba un brazo robótico ubicado en otro laboratorio a 500 Km de distancia. Estos estudios abren la puerta para fabricar implantes biónicos a personas que han perdido algún miembro y que pueden controlar directamente con sus cerebros. Estos avances han sido sólo posibles por la combinación de la neurofisiología, la ingeniería y la computación.

El cambio paradigmático de reunir diferentes disciplinas científicas en una tarea común, la de entender el funcionamiento del cerebro humano, ha permitido crear el consenso que nociones que antes eran del exclusivo ámbito de la Filosofía como son la *mente* y la *conciencia* puedan ser ahora explorados experimentalmente dentro del ámbito científico. Partiendo del supuesto que toda actividad cognitiva humana tiene su substrato en el cerebro, es posible ahora estudiar su actividad con la conjunción de herramientas analíticas de diversos campos de la ciencia y entender estos conceptos que no han sido objeto hasta ahora de análisis científico. La constatación de que la conciencia y mente son en gran parte experiencias en primera persona, no lo hacen menos susceptible al análisis biológico. El gran desafío para este siglo es entonces explorar ese universo interno que todos tenemos y experimentamos.

Para saber mas:

<http://www.hhmi.org/senses/start.htm>

<http://www.neuroguide.com/>

<http://www.exploratorium.edu/exhibits/>

<http://www.bioen.utah.edu/cni/>