

El descubrimiento del Cerebro motor y el papel de los ritmos neuronales: Una apasionante historia neuro-científica

Tomás Andrés Tripero (Director del proyecto e-innova ucm e innova media digital.
E-innova sección psicología)



No fue sino hasta comienzos del siglo XIX, cuando el célebre cirujano anatomista escocés Charles **Bell** (1774-1842) y el francés F. **Magendie** (1783-1855) descubrieron la existencia de **dos tipos de conducción nerviosa**: la **sensorial** y la **motórica**. De este modo se superaba la creencia de que las vías nerviosas transmitían de un modo indiferenciado tanto la sensación como el movimiento.

Magendie y Bell (S. XIX) revelaron, en efecto, que el S. N.

utiliza canales separados, fibras nerviosas distintas, para la entrada y salida de la información nerviosa; las fibras respectivas son distintas pero van juntas dentro de los mismos troncos y terminan de modo independiente.

A partir de estos planteamientos iniciales era fácil suponer que las funciones motora y sensorial estarían regidas por diferentes áreas cerebrales. Ahora sabemos que, salvando pequeñas excepciones, las **raíces nerviosas medulares dorsales** son exclusivamente **sensoriales** y las raíces **ventrales** poseen una clara **función motora**.

Estas novedosas aportaciones científicas abrían, de hecho, la puerta a la comprensión del **arco reflejo**.

Noción que sería perfilada poco después por otro fisiólogo escocés: Marshall **Hall** (1790-1857), a partir de sus investigaciones sobre la función refleja del bulbo y de la médula espinal. El interés por la acción refleja ha sido una constante de los tiempos modernos, por lo que no vendría mal una aproximación **histórica al concepto de reflejo**: R. **Descartes** (S.XVII) puso como ejemplo de reflejo, el reflejo ocular. La contracción de la pupila cuando recibe el estímulo de la luz.

Por su parte, Robert **Whytt** y Stephen **Hales** (S. XVIII) demostraron que **la integridad del S. N. C.** es una condición imprescindible para que suceda lo que ellos por aquel entonces denominaban “la reflexión”.

También Charles Scott **Sherrington** (1857-1952), en sus estudios sobre las propiedades funcionales del S. N. y en sus obras "*The Integrative Action of the Nervous System*" (1906) y en "*Reflex Activity in the Spinal Cord*" (1932), imaginó **el reflejo como la unidad básica de acción nerviosa**. Para él **los actos secuenciales complejos**, como andar, eran, básicamente, encadenamientos de reflejos, en los que uno de éstos daba lugar al siguiente. Hay sabemos, sin embargo, que el mecanismo nervioso que permite andar reside en el S. N. C. y puede funcionar sin entrada de reflejos, pero los reflejos modifican y regulan la acción, sirviendo de recursos de control para la adaptación a circunstancias cambiantes.

En esta imparable carrera de descubrimientos sobre el Sistema Nervioso, un italiano, C. **Matteuci** (1811-1868), fue el primero en señalar que los músculos de los animales se inervaban gracias a la corriente eléctrica. Al poco tiempo E. **Du Bois-Reymond** (1818-1896) concretaba los hallazgos sobre la **polarización de los tejidos nerviosos** que establecían, de hecho, los fundamentos teórico-experimentales de la actual **teoría bioeléctrica de la conducción nerviosa**.

Sir Charles Scott **Sherrington** (1857-1952) fue quien estableció la **diferenciación**, ahora generalmente admitida, entre los **diferentes campos receptivos: interoceptores, exteroceptores y propioceptores** (receptores mecánicos o térmicos, p. ej.) y quien después de referirse a las principales características del arco reflejo, describe el sistema nervioso central como una compleja red sináptica.

El concepto de “**sinapsis**” fue introducido por él y por **M. Poster** en 1897.

Eran los prodigiosos años para la “**ciencia del cerebro**”. Las neurociencias llamaban a la puerta del conocimiento humano.

En aquellas fechas se descubren **los centros Motrices**, por los alemanes G. Fritsch y E. Heitzig (1870), **los sensoriales** por el escocés D. Ferrrier (1834-1928) y **los del lenguaje** por P. Broca (1824-1880) y Carl Wernicke (1848-1905), perfilándose ya con bastante precisión los llamados “**mapas cerebrales**”.

Broca consiguió un enorme avance científico relacionando la **afasia motora** con lesiones en el tercio posterior de la tercera circunvolución frontal del hemisferio izquierdo. Los centros del lenguaje tenían pues una localización concreta en las proximidades del **córtex motor** responsable de los movimientos de la lengua.

Wernicke, por su parte, distinguiría, por su parte, la afasia motora de la sensorial.

La primera, aparecía como resultado de específicos trastornos en los centros motorices del lenguaje, como había señalado ya Broca y la segunda, la **afasia sensorial**, sucedía en quienes no podían comprender el lenguaje hablado como consecuencia de una lesión en el lóbulo temporal. Esa lesión daba lugar a una perturbación de la memoria auditiva.

Una nueva línea de descubrimientos iba aportar información decisiva sobre otro de los aspectos fundamentales de la neurociencia: **los ritmos nerviosos**. En 1924 el psiquiatra alemán Hans **Berger** (1873-1941) había observado en la cabeza de un paciente oscilaciones muy pequeñas con su galvanómetro de hilo. No obstante durante los siguientes años sostuvo serias dudas acerca de los orígenes cerebrales de estas señales eléctricas. Sin embargo, tras tratar de identificar las corrientes corticales que pudieran relacionarse con la consciencia, demostró en 1929 que era técnicamente posible recoger esta actividad mediante **el electroencefalograma humano** (EEG)

Las características más significativas del **E.E.G.** venían señaladas por dos clases de actividad ondulatoria: **las ondas "alfa" y "beta"**. La primera se representaba por un ritmo constante de **oscilaciones de 9-10 hertz** de frecuencia, al que denominó: **a** (ritmo

alfa), que se manifestaban cuando los ojos se encontraban cerrados y en estado de relajación.

La segunda, menos sincrónicas y de actividad más acelerada, reemplazaba a la primera cuando los ojos se abrían o cuando el sujeto desempeñaba una actividad mental, como, por ej., el cálculo aritmético. A esta la llamó: ritmo **b**.

El resultado final de sus trabajos apareció en un primer artículo, titulado: "**Sobre el electroencefalograma en el hombre**", que fue publicado en el "*Archiv für Psychiatrie und Nervenkrankheiten*" (Revista de psiquiatría y enfermedades nerviosas de la Universidad de Jena). No obstante no fue hasta 1934, cuando E. D. Adrian y Matthews hicieron públicos los trabajos que demostraban las tesis de Berger, que los neurofisiólogos tomaron conciencia de su importancia.

A su vez, C. E. **Green** y **Arduini** descubrieron, en 1953, que el **rítmico** que aparece en el hipocampo de los animales inferiores cuando estos están activos es de **4-5 hertz**, y que este mismo ritmo, al que llamaron (**Theta**), era de la misma frecuencia que el observado en el ser humano, en el curso del desarrollo y en ciertos estados de ansiedad.

También varios investigadores, entre ellos **Wanderwolf**, han encontrado relaciones entre **el ritmo hipocámpico y los movimientos voluntarios**, demostrando un aumento de la amplitud y de la frecuencia del mismo durante éstos.

Komisaruk ha indicado que algunos **movimientos rítmicos**, como el olfateo de la rata, tienden a ocurrir con mayor probabilidad **durante cierta fase del ritmo Theta**.

Estas y otras investigaciones (E. **García Autt** y W. **Buño**, 1979), sugieren que **los ritmos bioeléctricos** del cerebro, se encuentran **relacionados con la integración sensoriomotriz**.

Así pues, parece que **la conducta se organiza temporal y rítmicamente**, en respuesta a dos tipos de estímulos endógenos (reloj biológico) y exógenos (cambios de luz, temperatura, vibración, campos magnéticos, acontecimientos geofísicos cíclicos como las variadas influencia de la luna...et.) Y esa organización se expresa, a nivel de

movimiento, por la contracción de los músculos esqueléticos estriados, que determinan las actitudes posturales y los actos motrices y a nivel biológico general por los cambios cíclicos del organismo en su totalidad.

Toda conducta y, por lo tanto, todo movimiento o postura, constituye un fenómeno complejo que requiere una activación secuencial precisa de diferentes músculos que deberán, además, contraerse con una intensidad adecuada en cada instante. La organización temporal, rítmica, de esta actividad es decisiva, para que los movimientos sean adecuados, correctos y armoniosos. Hoy sabemos ya que **la actividad rítmica** es uno de los fenómenos que está siempre presente en todas y cada una de las funciones cerebrales.

Toda **célula viva** necesita de la energía necesaria, sin agotarla, para mantener sus funciones. Por tanto, necesita mantener y ahorrar esa energía para ir consumiéndola poco a poco y distribuirla de acuerdo con sus distintas necesidades. Tras obtenerla, la acumula y debe conseguir que, en esas respuestas, el gasto sea mínimo.

El **problema energético** es uno de los más importantes que tiene que resolver una célula nerviosa. La célula nerviosa podría solucionar este problema dando una respuesta continua pero de este modo se produciría un rápido agotamiento. Por ello su sistema de respuesta es discreto y rítmico. El concepto “**discreto**” implica al discontinuo.

En la actualidad podemos seguir el rastro rítmico hasta el interior de la célula y descubrir esos cambios cíclicos en el contenido del ácido ribonucleico (ARN).

Esto no quiere decir que el resultado final de una acción cerebral vaya a ser intermitente, sino que cualquier movimiento continuo será el resultado de la acción conjunta de muchas células o grupos celulares que, en sí mismos, sí funcionan rítmica o intermitentemente.

Sabemos que la actividad eléctrica cerebral, aún en condiciones de reposo, es incesante, tanto durante el sueño profundo (rítmias del sueño) como en situaciones de grave perturbación patológica. Durante el sueño es la propia actividad rítmica, creando una

especie de estado auto-hipnótico, la que limita o desciende el nivel de conciencia. La existencia de esta actividad es, por lo tanto, inherente a la vida.

La actividad eléctrica cerebral se manifiesta, por tanto, de forma rítmica. ¿De qué elementos dispone, entonces, el S. N. C., para apreciar el tiempo, con la precisión necesaria, en los trabajos y contracciones musculares?

Esos elementos son **los ritmos bioeléctricos** del cerebro, y en particular **el ritmo theta**, presente en ese gran centro modulador que es el **hipocampo**, en el **septum** y otras regiones del S.N.C.

Cada ciclo de este ritmo actuaría como el tic-tac de un reloj, **modulando la excitabilidad** de las neuronas involucradas en la realización de un movimiento o una postura. Y así frente a los estímulos que generan un comportamiento, "el reloj cerebral" deberá hacer referencia a la cualidad rítmica de éstos. De hecho, la célula nerviosa, y todo el S. N. C. en general, sólo puede ser excitada por un tipo o una intensidad determinada de estímulos.

También la naturaleza se comporta rítmicamente en todas sus expresiones: la luz, el sonido, el calor... llegan al sistema nervioso en forma de ondas de distinta frecuencia.

En consecuencia la conexión ambiental obliga al cerebro a dos funciones precisas:

Una a **impactarse** y, otra, a **entender el medio** que le rodea para poder adaptarse.

La primera función es posible porque el **S.N.** se comporta como un **receptor de ondas**, comparable a un aparato de radio, sensible a una amplia, pero definida, gama de frecuencias. Gracias a los **ritmos perceptivos del S.N.** es posible la **conexión** con las **secuencias estimulares del medio externo.**

Así pues, el ritmo es la función que facilita la existencia de la célula, de la percepción, e incluso de la vida vegetativa animal o del mundo emocional.

El S. N. integra de esta manera las informaciones que, procedentes de distintos orígenes, llegan a los centros cerebrales y elabora una respuesta determinada en función de estos mensajes.

Los movimientos se organizan en los **centros motores segmentarios**, esto es, en las **motoneuronas**. Éstas reciben la información de la corteza cerebral, a través de la **formación reticular**. Hacia ellas converge también la información rítmica del **Sistema Septo-Hipocámpico**, que contribuye así a la integración de la orden motora. A los centros segmentarios llega información de la periferia, que en gran parte cursa hacia la formación reticulada, y desde ahí a los centros más superiores, en particular a la corteza cerebral. El resto de vías sensoriales no segmentarias siguen un camino similar. En el **septum** se integra, por lo tanto, la información procedente de la **formación reticular** y de la corteza a través del **área entorrinal**. Ambos influjos son capaces de reinstaurar el ritmo a frecuencias diferentes, o lo que es lo mismo, con una precisión diferente.

De su **integración** se obtendrá una **respuesta rítmica** que se distribuirá, principalmente, a través de la **formación reticulada** hacia los centros inferiores y hacia la corteza para convertirse en órdenes motoras.

Vemos así, cómo gracias a la orquestación rítmica de las informaciones aferentes y eferentes se posibilitan las articulaciones musculares gruesas, requeridas, p.ej., para la deambulación, o para las articulaciones de los dedos que permiten el desarrollo de la psicomotricidad fina. En la actualidad, tales avances en el conocimiento de la neurología apuntan hacia el tratamiento y posible prevención de los trastornos motores, o retrasos psicomotores, cuya etiología apunte hacia una lesión o disfunción cerebral.

Sólo quedaría un importante aspecto por aclarar: ¿Cómo se produce el movimiento voluntario? Exceptuando la referencia a los correlatos fisiológicos de la conducta, parece que lo auténticamente voluntario del movimiento es su propósito psicológico, es decir, su deseo: la extraña, para la ciencia, “voluntad humana”.