

APORTACIONES DE RAMON Y CAJAL A LA NEUROPSICOLOGIA DE DONALD O. HEBB

MARIANO CHOLIZ

RESUMEN

La tesis principal de nuestro trabajo consiste en que los principios fundamentales en los que se basa el modelo teórico de Donald O. Hebb surgen de Ramón y Cajal. En el trabajo se exponen los más significativos y se entresacan de la obra de Ramón y Cajal los párrafos textuales donde aparecen.

SUMMARY

The main thesis of this paper is that first principles of Donald O. Hebb's theoretic model come from Ramón y Cajal. This paper reviews each one and selects paragraphs of Ramón y Cajal's work where they appear.

INTRODUCCION

Ramón y Cajal no sólomente ha sido uno de los investigadores en neurobiología más insignes de todos los tiempos, sino que además creó una escuela de neurología en España con investigadores de primer orden. Discípulos suyos fueron Tello, Fernando de Castro, Lorente de Nó y, en cierta medida, Pio del Río Hortega. La mayoría de ellos trabajaron durante toda su vida en España y estuvieron en mayor o menor grado relacionados con el Instituto Cajal. Uno de ellos, Rafael Lorente de Nó, aragonés como el maestro, abandonó el país para trasladarse al Rockefeller Institute donde transmitió sus conocimientos de neurología a Donald O. Hebb. Si tenemos en cuenta que Cajal y Lorente tuvieron una asidua correspondencia (en concreto Cajal escribió cartas a Lorente incluso dos días antes de fallecer), podemos suponer que Hebb obtuvo de forma casi directa una importante influencia de Ramón y Cajal, hecho intentaremos poner de manifiesto en este trabajo. Así pues, la influencia del maestro en ultramar también traspasó las fronteras de la fisiología para fundamentar una de las concepciones más influyentes en la neuropsicología actual.

EL MODELO TEORICO DE HEBB

La teoría de Hebb respecto a la percepción, memoria, aprendizaje y otros procesos psicológicos básicos puede resumirse de la forma siguiente: una serie de neuronas, incluso pertenecientes a áreas cerebrales diferentes son activadas secuencial y continuamente por diferentes estímulos. Esta excitación continuada hace que se desarrolle lo que se denomina una "asamblea celular", es decir un grupo de neuronas unidas funcionalmente que funcionan conjuntamente, de manera que la excitación de una de ellas en cualquier momento hace que la activación se propague al resto de células que conforman esta asamblea. Lo especialmente destacado de esta concepción es que las asambleas celulares no son innatas, sino que se desarrollan por la práctica.

Las asambleas celulares pueden relacionarse funcional o estructuralmente con otras, conformando asambleas de asambleas celulares, lo que explicaría el funcionamiento de procesos psicológicos más complejos.

Si se han creado suficientes conexiones sinápticas entre las células, las asambleas pueden seguir activadas una vez que el estímulo externo ha desaparecido, gracias a que se activan unas a otras en forma de circuito durante un tiempo. A este fenómeno Hebb lo denomina "circuito reverberatorio". Con estos postulados principales, Hebb explicará los diferentes procesos psicológicos.

1. Percepción.

Es difícil categorizar la teoría de Hebb. Es asociacionista cuando postula que la percepción es en gran parte aprendida y defiende un modelo neurológico de los procesos perceptivos, pero también es gestaltista en cuanto que considera que las experiencias perceptivas no se establecen mediante conexiones o vías corticales punto por punto.

Por otro lado, acepta la noción figura-fondo pero niega la validez de la teoría de campo gestaltista acerca de la actividad cortical. Defiende que las diferentes funciones están localizadas corticalmente y dicha localización se desarrolla en algún momento del aprendizaje.

2. Memoria.

En lo que se refiere a la memoria, las hipótesis de Hebb han influido sobre muchas teorías cognitivistas y neurológicas. Norman y Pribram deben a Hebb muchas de sus ideas principales.

Hebb distingue entre memoria inmediata (MCP) y memoria a largo plazo (MLP) y ambas poseen una explicación neurológica diferente:

a. La MCP consiste en circuitos reverberantes que se excitan repetidamente entre sí y que mantienen una huella de estímulo de duración entre varios segundos y muchos minutos. Si la excitación del circuito es débil finalmente se extingue y la información se olvida.

Hebb realizó diversos experimentos en los que se suministraba un shock eléctrico inmediatamente después de haber aprendido una lista de sílabas sin sentido. En ellos se evidenció que después de la recuperación del shock los sujetos no recordaban dicha lista. Se había producido una desconexión en el circuito reverberatorio. Ello no afecta, sin embargo, a los aprendizajes consolidados (MLP). Hebb supone que ello es debido a que en el aprendizaje consolidado se han producido modificaciones estructurales, tales como el crecimiento de protuberancias sinápticas, estrechamiento de la grieta sináptica, etc.

La memoria involucra una transición desde una forma dinámica de MCP (circuitos reverberantes) hasta esquema estructural de las sinapsis alteradas. La memoria se almacena en configuraciones celulares, no en casillas o células nerviosas particulares.

INFLUENCIA DE CAJAL EN LA OBRA DE HEBB

El postulado fundamental que defendemos en nuestro trabajo es que la mayoría de los principios en los que se basa el modelo de Hebb (y desde luego todos los más importantes) fueron puestos de manifiesto (y muchos de ellos descubiertos) por Ramón y Cajal.

A continuación haremos un repaso de los conceptos fundamentales del modelo de Hebb y extraeremos de la obra de Ramón y Cajal aquellos párrafos en donde dichos conceptos ya hubieran sido expuestos por él.

Los conceptos más importantes en la teoría de Hebb son los siguientes:

1. "Asamblea celular"

Consiste en un grupo de neuronas corticales que guardan relación funcional entre sí, circuitos neuronales que pueden aprenderse y desarrollarse con la práctica.

El aspecto fundamental de este postulado es la suposición de que pueden crearse nuevas relaciones entre las neuronas como consecuencia del aprendizaje. Dichas relaciones son diferentes a las preestablecidas en el desarrollo ontogenético.

Este, que es uno de los principios básicos del modelo de Hebb, aparece frecuentemente en toda la obra de Cajal cuando señala su optimismo en el desarrollo del cerebro. Cajal llega más lejos incluso, aduciendo que dicho desarrollo se disfrutará por generaciones venideras y que cuando cambie la estructura y complejidad de nuestro cerebro cambiará nuestro conocimiento sobre el mundo, lo que viene a ser un antecedente de la teoría de Hebb sobre la percepción como modificación de las estructuras cerebrales.

"Las nuevas expansiones se orientarían en el sentido mismo de las corrientes nerviosas dominantes o en el de la ASOCIACION CELULAR objeto de las reiteradas sollicitaciones de la voluntad." (Ramón y Cajal, 1897-1904, p. 1150).

"Cuando el axon de la célula A está lo bastante cercano de la célula B como para excitarla y participa repetida y persistentemente en su disparo, tiene lugar algún proceso de crecimiento o cambio metabólico en una o ambas células, demodo que la eficacia de A, como una de las diversas células que hace disparar a B, aumenta" (Hebb, 1949, pg. 83).

2. Desarrollo de nuevas asociaciones.

Las conexiones se establecen mediante el desarrollo de nudos o terminaciones sinápticas próximos a cuerpos o dendritas de otras células próximas. Hebb señaló que se creaban nuevas asociaciones neuronales en función de la implicación común en una serie de procesos fisiológicos. Debía, entonces, explicar cuál era el fundamento neurofisiológico de la aparición de dicha asociación:

"La hipótesis más obvia y creo que más probable acerca del modo en que una célula puede aumentar su capacidad para provocar el disparo de otra afirmaríala que los bulbos sinápticos desarrollan e incrementan el área de contacto entre el axón aferente y las dendritas y/o cuerpo celular (...) El cambio postulado puede ser tanto metabólico como estructural, pudiendo darse una neurobiotaxis limitada." (Hebb, 1949, pg. 88).

La influencia de Lorente de Nó (1938) es clara cuando explica las estructuras celulares:

"El bulbo sináptico no es una estructura terminal, ni está siempre separado del axón mediante una elongación, sino que a menudo consiste en un engrosamiento irregular de la parte no mielinizada del axón cerca de su final (...). El grado de contacto establecido depende de la actividad celular conjunta." (Hebb, 1949, pg. 86).

"En resumen, es posible suponer que los bulbos sinápticos se desarrollan con la actividad neural y representan una resistencia sináptica disminuida. Se supone además que aparecen en el curso del aprendizaje (...) aunque nuestro supuesto no implica que el recién nacido deba carecer de ellos." (Hebb, 1949, pg. 87).

En este apartado también pueden detallarse con claridad los antecedentes de Cajal respecto al modelo de Hebb. Ramón y Cajal establece la teoría neurotrópica como explicación de la regeneración nerviosa, refutando el dogma de la irregenerabilidad de las células nerviosas, dogma fuertemente arraigado en la neurología de su tiempo.

"Los axones poseen una actividad neoformativa y capacidad de atraer a los conos de crecimiento. Dicha regeneración axónica se produce merced a la liberación de fermentos de asimilación protoplásmica."

"Las nuevas expansiones se orientarían en el sentido mismo de las corrientes nerviosas dominantes o en el de la ASOCIACION CELULAR objeto de las reiteradas solicitudes de la voluntad. Esta hipertrofia de los extremos celulares podría acompañarse de cierta congestión activa que suministraría los materiales nutritivos. Por lo demás, el mecanismo del crecimiento podría comprenderse subordinándolo a acciones quimiotácticas". (Ramón y Cajal, 1897-1904, pg. 1150).

El fundamento neurofisiológico del desarrollo de las conexiones nerviosas nuevas lo presenta Cajal en sus dos obras principales: *Textura del sistema nervioso del hombre y los vertebrados* (1897-1904) y *Estudios sobre degeneración y regeneración del sistema nervioso* (1913-1914). En el primero de ellos dedica dos capítulos a la histogénesis del sistema nervioso, en el que detalla los procesos mediante los cuales se forman nuevas conexiones entre las células nerviosas a lo largo del desarrollo ontogenético. En su segunda obra, Cajal dedicó un gran esfuerzo al estudio de los mecanismos físicoquímicos de la regeneración nerviosa, trabajo que quedó reflejado en una copiosa obra de dos volúmenes y 317 grabados que según el propio autor se trata de "uno de los más importantes y minuciosos trabajos que nos ha sido dable acometer" (*Historia*, 308) y "... que constituyó la principal empresa acometida durante los años 1913, 1914 y 1915 y que tan considerable esfuerzo dejome profundamente fatigado" (Ramón y Cajal, 1981, pg. 319).

3. Plasticidad del sistema nervioso.

La estructura y funcionamiento del cerebro es modificable por el aprendizaje y ello determinará la naturaleza de los procesos psicológicos implicados.

A partir de este planteamiento se manifiesta la posición claramente reduccionista de Hebb. Como él mismo dice en el primer párrafo del primer capítulo de *"Organización de la Conducta"*: *"Este libro presenta una teoría de la conducta basada, en la medida de lo posible, en la fisiología del sistema nervioso e intenta tenazmente descubrir aspectos comunes en las concepciones neurológicas y psicológicas"* (Hebb, 1949, pg. 24)

Y si quisiéramos calificar de alguna manera la teoría psicológica de Cajal indudablemente señalaríamos que se trata de un modelo reduccionista: las funciones mentales son consecuencia y expresión de la actividad fisiológica. Si se modifica el sustrato material varían los procesos mentales, de manera que para Cajal el conocimiento de la morfología del cerebro es indispensable para la construcción de una psicología racional: *"conocer el cerebro equivale a averiguar el cauce material del pensamiento y de la voluntad, sorprender la historia íntima de la vida en su perpetuo duelo con las energías exteriores"* (Ro, 1977, pg. 45).

De esta manera, podemos destacar dos antecedentes de Cajal en la obra de Hebb:

a. el ambiente modifica la estructura del sistema nervioso:

"La morfología de las células nerviosas no obedece a causa inmanente y fatal, mantenida por herencia, como ciertos autores han defendido, sino que depende enteramente de las circunstancias actuales físicas y químicas del ambiente" (Ramón y Cajal, 1981, pg. 303).

b. La estructura del sistema nervioso condiciona los procesos mentales:

El pensamiento de Cajal es profundamente materialista. Si quisiéramos expresarnos con sus palabras, diríamos que *"necesitamos conocer el cerebro para averiguar el cauce material del pensamiento y de la voluntad"*, o que *"es preciso conocer la textura cerebral, puesto que durante la época juvenil las influencias de los padres y del ambiente establecen en el cerebro estilos y modos de asociación celular diversos para cada niño y de los cuales dependerá el intelecto y la personalidad del adulto."*

Las características materiales, constitucionales de nuestro sistema nervioso determinan nuestro conocimiento y percepción de la realidad (espacio, tiempo, causa, fuerza...). Nuestros sentidos recogen una determinada gama de estimulación, de manera que sólo conocemos una pequeña parte de la realidad. No obstante, el cerebro es optimizable y su perfeccionamiento hará posible que nuestro conocimiento sobre la realidad aumente sobremanera.

Cajal llega a admitir incluso que la capacidad de crecimiento y asociación de las neuronas en el adulto dan cuenta de la adaptación y aptitud para modificar nuestro sistema de ideas, por lo que la suspensión de esta actividad neuronal en el anciano podría dar cuenta de la fijeza de convicciones e inaptabilidad.

"...Y cuando en virtud de causas más o menos patológicas se produzca la flojedad articular, quiero decir, la atrofia y encogimiento de las expansiones y la disgregación parcial de los sistemas conmemorativos, el resultado será la amnesia, pobreza de asociación, inercia mental y hasta la imbecilidad y la locura. Y podría añadirse que si en el loco, el amnésico y el anciano son más persistentes los recuerdos antiguos que los modernos ello se debe a que las vías de asociación primitivamente creadas alcanzaron inusitada robustez, como formadas al fin durante la época en que la plasticidad neuronal alcanzó el máximo de energía" (Ramón y Cajal, 1897-1904, pg.1152)

Optimista y convencido del perfeccionamiento del cerebro señala:

"¿Quién sabe si a fuerza de siglos, cuando el hombre superiormente adaptado al medio en que vegeta, haya perfeccionado sus registros óptico y acústico y el cerebro permita combinaciones ideales más complejas, podrá la ciencia desentrañar las leyes más generales de la materia, dentro de las cuales y como caso particular de las mismas se encerrará quizá el extraordinario fenómeno de la vida y del pensamiento" (Ramón y Cajal, 1941, pg. 18)

Es admirador de Huarte de San Juan que, según Cajal, *"formula un principio en perfecta armonía con los resultados de la fisiología y psicología contemporáneas... la*

verdad esencial, la condición anatómica de una mentalidad superior debe referirse todavía hoy -como sostenía Huarte- a una excelente organización del substratum del espíritu, excelencias que, traducidas en términos de la ciencia moderna se resuelven en la abundancia de fibras de asociación; de conexión variada y en la riqueza de las neuronas dotadas de gran caudal de colaterales dendríticas y nerviosas" (prólogo del libro de Maestre: "Introducción al estudio de la psicología positiva").

4. Circuitos reverberantes.

Una de las aportaciones importantes de Lorente de Nó a la teoría neuropsicológica de Hebb es que una célula dispara únicamente a causa de la actividad simultánea de dos fibras aferentes y las fibras internunciales están dispuestas en circuitos cerrados (potencialmente autoexcitantes), de manera que se puede crear un mecanismo en el que la excitación se produce transitoriamente de forma reverberatoria (Hebb, 1949, pg. 82).

Las asambleas celulares pueden seguir en funcionamiento una vez que el estímulo que ha activado las células ha desaparecido. Para Hebb el mecanismo más probable para explicar el efecto duradero de una acción reverberante consiste en el desarrollo de bulbos sinápticos que establezcan el contacto entre las células.

Las conexiones entre las células de un circuito son extraordinariamente numerosas, con lo que existe base anatómica para un gran número de convergencias entre las células excitadas directa o indirectamente. Las vías que convergen en una sinapsis deben tener la misma función, aunque dichas vías consten de diferente número de eslabones. Si los impulsos de una vía no son eficaces, pueden llegar a serlo los de cualquiera otra vía que converja en la misma sinapsis.

Las observaciones anatómicas y fisiológicas establecen la posibilidad de postefectos reverberatorios de un acontecimiento sensorial, lo que puede consistir en la base fisiológica de un "recuerdo" transitorio del estímulo.

5. Fundamentación neurofisiológica de la memoria

Hasta ahora hemos descrito los antecedentes teóricos de Cajal en los postulados principales de la explicación de Hebb de los principales procesos psicológicos. Queremos destacar, no obstante, que Ramón y Cajal también se aproximó en cierta medida a lo que podíamos llamar una incipiente neuropsicología, bien que nunca llegó a estructurarla de la misma manera que hizo con la histología del sistema nervioso.

En su obra más importante, *Textura del sistema nervioso del hombre y los vertebrados*, Cajal dedica varios capítulos a la explicación del desarrollo de las áreas fundamentales del sistema nervioso, explicitando los mecanismos responsables de la histogénesis del sistema nervioso. Cabe perfectamente, entonces, en los fundamentos de su teoría neurológica algo que continuamente hace notar en sus reflexiones filosóficas: la optimización del cerebro y su desarrollo ontogenética y filogenéticamente en función del aprendizaje. Cajal no sólo destaca la importancia de la educación para el desarrollo de habilidades físicas y mentales, sino que señala que el aprendizaje de habilidades mentales conlleva modificación de la organización neuronal estructural y funcionalmente:

"... Para comprender este importante fenómeno se hace necesario admitir, además del refuerzo de las vías orgánicas preestablecidas, el establecimiento de otras nuevas mediante la ramificación y crecimiento progresivo de las ramificaciones dendríticas y nerviosas terminales. En tal suposición, el talento adquirido tendría por principal condición la presencia de centros conmemorativos primarios y secundarios provistos de enlaces múltiples y complicados entre órdenes o pléyades neuronales poco o nada relacionadas en los cerebros incultos". (Ramón y Cajal, 1897-1904, pg. 1150).

Según Cajal esta hipótesis explicaría también la memoria lógica: *"ese encadenamiento y subordinación ordenada de las adquisiciones, que no se logra sino tras largo esfuerzo de atención y reflexión y mediante una nueva organización de los centros conmemorativos; así como la creación de sistemas arquitectónicos de ideas o construcciones lógicas complicadas (sistemas o credos filosóficos, religiosos y políticos)."* (Ramón y Cajal, 1897-1904, pp. 1150-1151)

BIBLIOGRAFIA

- Hebb,D.O. (1949): *The organization of behavior. A neuropsychological theory.* N.Y. Wiley. Traducción al castellano: *Organización de la conducta.* Madrid. Debate.
- Hebb,D.O. (1958): *Textbook of Psychology.* Philadelphia, Saunders Company. Traducción al castellano: *Psicología.* México. Interamericana.
- Lorente de Nó,R. (1938): Synaptic stimulation of motoneurons as a local process. *J. of Neurophysiology*, 1, 195-206.
- Ramón y Cajal, S. (1897-1904): *Textura del sistema nervioso del hombre y los vertebrados.* Madrid. Nicolás Moya.
- Ramón y Cajal,S. (1913-1914): *Estudios sobre la degeneración y regeneración del sistema nervioso.* Madrid. Nicolás Moya.
- Ramón y Cajal,S. (1941): *Los tónicos de la voluntad.* Madrid. Espasa-Calpe
- Ramón y Cajal,S. (1981): *Recuerdos de mi vida: historia de mi labor científica.* Madrid. Alianza.