

LLIÇÓ INAUGURAL  
DEL CURS ACADÈMIC  
2012-2013



# EL CONCEPTE DE REPRESENTACIÓ CEREBRAL EN NEUROCIÈNCIA COGNITIVA



LLIÇÓ INAUGURAL DEL  
Dr. Carles Escera

CATEDRÀTIC  
DE LA FACULTAT DE PSICOLOGIA  
DE LA UNIVERSITAT DE BARCELONA



UNIVERSITAT DE BARCELONA

Magnífic Senyor Rector,  
Senyor Degà de la Facultat de Psicologia,  
personal d'administració i serveis,  
estudiants, amigues i amics,

## ORÍGENS DE LA NEUROCIÈNCIA COGNITIVA

Fins ben entrat el segle XIX, l'estudi acadèmic de l'activitat mental era una branca del saber reservada a la filosofia, que feia ús de la introspecció com a principal mètode de treball. No fou fins a la segona meitat d'aquell segle que la tradició introspeccionista fou progressivament substituïda per estudis empírics de la ment, els quals donaren lloc al sorgiment de la psicologia científica. Qui fou rector d'aquesta Universitat, el Dr. Antoni Caparrós, i professor meu a l'inici dels anys vuitanta, estudià a bastament aquests textos originals i fixà, juntament amb altres estudiosos, l'origen de la psicologia científica l'any 1879 a Leipzig (Alemanya), amb la figura de Wilhelm Wundt (1832-1920), autor de l'obra *Principis de psicologia fisiològica*.

Durant aquells primers anys, Wundt, així com molts dels seus deixebles, entre ells Gustav Fechner (1801-1887), que és considerat el pare de la psicofísica, s'interessà fonamentalment per l'estudi de les sensacions, és a dir, per la seqüència de fenòmens pels quals un estímul origina una resposta subjectiva. No fou fins a finals de segle que els psicòlegs tornaren a dirigir les anàlisis vers els fenòmens subjectius, com ara l'aprenentatge, la memòria, l'atenció, la percepció i l'acció voluntària. Aquest interès, i el desenvolupament d'estratègies experimentals apropiades, permeté estendre l'aproximació quantitativa de la psicologia experimental als processos mentals superiors.

L'afany empirista i per una psicologia objectiva afavorí, a causa de la influència de la reflexologia russa i especialment de la seva figura més des-

tacada, Ivan Pavlov (1849-1936), el sorgiment d'un corrent epistemològic cabdal dins la psicologia científica. Em refereixo al conductisme impulsat per John B. Watson (1878-1958), que promulgava l'estudi de la conducta estrictament observable —la dels humans, de la mateixa manera que la dels animals—, al marge d'especulacions sobre qualsevol activitat mental que, per naturalesa, es considerava no observable. Durant la seva hegemonia, compresa entre els anys deu i cinquanta del segle xx, l'interès exclusiu per la conducta observable reduí el camp d'interès de la psicologia experimental a un conjunt de problemes molt limitat —fonamentalment relatius a l'aprenentatge i la memòria—, cosa que exclogué algunes de les característiques més fascinants de l'activitat mental.

Tanmateix, l'hegemonia conductista perdé empena quan els psicòlegs de la Gestalt plantejaren que els fenòmens perceptius s'explicaven millor en relació amb les propietats emergents de la configuració dels estímuls que els donaven lloc, segons la màxima que «el tot és més que la suma de les seves parts». Cap a finals dels anys cinquanta, el conductisme va anar perdent influència, en part per les seves limitacions i els seus fracassos, i en part per les possibilitats que obrien el desenvolupament de la tecnologia i la teoria de la computació, i va anar prenent cos un nou plantejament epistemològic en psicologia: la psicologia cognitiva. Un dels seus impulsors més decisius, George A. Miller (1920-2012), publicà l'any 1956 l'influent article «The magical number seven, plus or minus two». Juntament amb altres treballs apareguts aquells anys, es començà a insistir en conceptes molt allunyats del conductisme, com ara l'organització de la memòria, els plans de conducta, etc.

Gràcies a les idees d'Edward Tolman, Ulric Neisser, Herbert Simon, Noam Chomsky i el mateix Miller, entre d'altres, la psicologia va convèncer la comunitat científica que la vida mental és, de fet, molt més rica que l'acceptada pels plantejaments conductistes, i es perfilà una nova manera d'entendre la conducta, segons la qual aquesta conducta depèn en molt bona part de la percepció, de l'aprehensió que l'organisme fa del seu entorn, i considerà aquesta aprehensió com un procés constructiu que no depèn únicament de la informació intrínseca a l'estímul percebut sinó de l'estructura mental de qui el percep. Amb aquest plantejament, doncs, la tasca del psicòleg cognitiu esdevé la d'analitzar els processos que intervien entre l'estímul i la resposta manifesta que dona lloc a la conducta,

accedint a la «caixa negra» que els conductistes s'havien negat a tenir en compte.

Una menció a part mereix Donald Hebb (1904-1985), considerat un dels precursors de la psicologia fisiològica moderna. És pertinent recordar aquí que l'origen de la psicologia científica es remunta a Wundt precisament amb la publicació dels seus *Principis de psicologia fisiològica*; tanmateix, la psicologia fisiològica de Wundt, com ja he apuntat, és una psicologia de les sensacions, sense cap referència —ni, òbviament, mesura— explícita a la fisiologia que la sustentava. En canvi, el llibre de Hebb, publicat el 1949, encara sota hegemonia conductista, titulat *The organization of behavior*, no només formulà uns plantejaments associacionistes que tingueren una influència destacada en el desenvolupament de la nova psicologia, sinó que situà el sistema nerviós en una posició central en l'explicació de la conducta, cosa que suposà un trencament conceptual amb el conductisme. A Hebb també devem el concepte de sinapsi hebbiana, cabdal per explicar els mecanismes d'aprenentatge associatiu, de plasticitat cerebral i per a la formació de xarxes neuronals distribuïdes, i que ha cobrat una renovada rellevància recentment.

En redirigir l'atenció envers les operacions mentals, els psicòlegs cognitius es començaren a interessar pel processament de la informació, és a dir, pel flux de la informació sensorial que va des dels receptors perifèrics fins a les eventuals operacions al cervell que comporten l'emmagatzement de la informació (memòria) i l'acció (conducta). El punt de vista cognitiu s'assentà en el pressupòsit que cada acte perceptiu o motor té una representació interna al cervell i que les nostres percepcions, accions i pensaments depenen de les transformacions internes o computacions d'aquestes representacions. Formulats explícitament, en paraules de Miller, aquests pressupòsits cognitius establien, en forma de postulats, que:

- Les funcions cognitives complexes es poden descompondre en processos simples.
- Els processos simples es poden localitzar anatòmicament al cervell i es poden estudiar en un relatiu aïllament.
- Aquests processos cerebrals simples correlacionen directament amb formes simples de processos conductuals.

En aquest context, foren tres els psicòlegs cognitius que aportaren proves en favor de la validesa d'aquests principis. El primer fou Saul Sternberg, que demostrà que algunes tasques cognitives es duen a terme en una sèrie discreta d'etapes de processament i desenvolupà un mètode per caracteritzar-les, l'anomenat mètode dels factors additius (Sternberg, 1969), similar al desenvolupat per Donders un segle abans per a l'estudi dels processos introspectius. Per exemple, en el conegut experiment de cerca serial en memòria, Sternberg postulà que aquest procés es duu a terme en quatre fases successives de processament —codificació, comparació de l'ítem codificat amb la representació dels ítems en memòria, decisió i generació de la resposta— i evidencià que el temps de resposta és directament proporcional a la posició serial que l'ítem de prova ocupa en la seqüència recordada.

Un altre psicòleg cognitiu clau en aquest procés fou Michael I. Posner, que, dotat d'un talent especial per a la creació de tasques experimentals, desenvolupà un seguit de procediments per avaluar aspectes simples del processament de la informació, alguns dels quals li permeteren demostrar que les representacions mentals són, efectivament, objecte de transformacions.

Una tercera influència decisiva correspon a Roger N. Shepard, que mostrà, mitjançant experiments conductuals, que el cervell duu a terme operacions anàlogues, com la rotació d'objectes. Així, en un dels seus experiments, Shepard i Cooper (1982) demostraren que el temps de rotació mental d'un objecte visual era directament proporcional a l'angle de rotació, cosa que implicava novament l'existència de representacions cerebrals internes.

Tot i així, aquests postulats cognitius sorgits de l'experimentació psicològica d'aquells anys no deixaven de ser propostes conceptuais que no acabaven de trobar suport empíric directe, i a poc a poc derivaren en allò que alguns hem considerat una crisi paradigmàtica. Calgué esperar encara dues o tres dècades perquè tingués lloc un canvi de paradigma científic, en el marc de la neurociència cognitiva, que es forjà durant la dècada dels vuitanta.

Així, si hem de considerar algun moment de la història com a especialment rellevant en el sorgiment i la consolidació del concepte de representació cerebral, el moment en què adquireix suport empíric directe, ha de correspondre a l'any 1988, que es pot prendre com el punt de referència de la constitució formal de la neurociència cognitiva. En efecte, aquell



any es publicaren quatre articles a la revista científica *Science* que es poden considerar els textos fundacionals de la disciplina. A més, aquell mateix any, la Fundació James S. McDonnell inicià un ambiciós programa de finançament en formació i recerca en neurociència cognitiva que encara avui continua actiu. I l'any següent aparegué publicat el primer volum de la revista *Journal of Cognitive Neuroscience*.

En el seu influent article, titulat «Localization of cognitive operations in the human brain», Posner i els seus col·laboradors (1988) revisaren el treball sobre processament del llenguatge, dut a terme amb tomografia per emissió de positrons (TEP) —una tècnica d'imatges cerebrals funcionals posada a punt durant aquesta dècada—, i a partir d'aquesta anàlisi innovadora proposaren la hipòtesi que les operacions mentals que constitueixen la base de l'anàlisi cognitiva estan estrictament localitzades al cervell. Moltes d'aquestes operacions havien d'estar, segons aquests autors, implicades en qualsevol tasca cognitiva, fet pel qual hom dedueix que en l'execució de les tasques cognitives més simples hi han de treballar un conjunt d'àrees cerebrals distribuïdes. Segons aquest punt de vista, les tasques no s'executen en cap àrea en particular, però les operacions específiques que les sustenten han de tenir una localització anatòmica específica. La contribució cabdal de Posner al sorgiment de la neurociència cognitiva consisteix en la utilització de la metodologia de la subtracció de Donders (1868), reintroduïda en la psicologia cognitiva per Sternberg —com ja he comentat abans—, per aïllar mòduls específics de processament cerebral i determinar, mitjançant la tècnica de la tomografia per emissió de positrons, la localització específica de les transformacions dutes a terme en cada un dels nodes de la xarxa.

Igualment influent fou l'article de Kosslyn (1988), titulat «Aspects of a cognitive neuroscience of mental imagery», atès que constitueix un elegant exemple de resolució de crisi paradigmàtica amb la proposta d'un nou marc de referència sobre el qual es pot basar la investigació científica de les funcions cognitives. Kosslyn estava interessat en la manera en què les imatges mentals —per exemple, d'objectes concrets— es construeixen al cervell, i les dades de la recerca introspectiva i conductual suggerien que aquesta construcció tenia lloc per parts (de l'objecte). Els seus estudis conductuals no avançaven, per tal com la seva hipòtesi era que les imatges mentals tenien la mateixa estructura espacial que els objectes reals, però no disposava

dels instruments apropiats per contrastar-la. Tanmateix, en començar a estudiar pacients amb lesions cerebrals de localització anatòmica específica, i posteriorment en dur a terme estudis amb la tècnica de la tomografia per emissió de positrons, com Posner, Kosslyn començà a trobar resposta als seus problemes, i amb la incorporació de l'anàlisi del cervell al discurs cognitiu aconseguí superar la crisi paradigmàtica de la psicologia cognitiva.

En un altre treball seminal d'aquella època, Churchland i Sejnowski (1988) introduïren una perspectiva que actualment ha pres un gran protagonisme en la neurociència cognitiva: l'anàlisi computacional. En aquest treball, els autors posen en relleu que, a més de caldre dades experimentals sobre les capacitats psicològiques i les propietats fisiològiques del teixit nerviós, també calen models que expliquin la manera com patrons específics d'activitat neuronal representen els objectes del món i com es desenvolupen i aprenen les xarxes neuronals. Aquests models són necessaris per informar, guiar i corregir els dissenys experimentals que permeten l'obtenció de noves dades que, alhora, han de servir per generar models més potents. Segons els autors, la neurobiologia proporciona restriccions essencials a les teories computacionals —i, en conseqüència, redueix considerablement l'espai de cerca—, ja que, com que l'espai neurobiològic és immens, hi ha nombroses solucions possibles a la manera com es pot resoldre un problema computacional. A més, hi ha dades neurobiològiques molt suggeridores. Es desconeix quines són les categories funcionals de la cognició, de manera que teories de baix nivell (neurobiològiques) podrien ser crucials per descobrir l'organització de la naturalesa cognitiva en nivells superiors. Val a dir que aquest treball de Churchland i Sejnowski també és conegut perquè s'hi presenta una classificació de les tècniques en neurociències en un sistema de coordenades espai-temps que encara avui és vigent.

Ara bé, potser el treball que defineix més clarament el nou paradigma de la neurociència cognitiva és el de Gazzaniga, «Organization of the human brain», publicat el 1989. Gazzaniga hi ofereix una perspectiva de la neurociència cognitiva similar a la de Kosslyn (1988), basada en l'estudi de pacients amb lesions cerebrals de localització ben definida mitjançant els mètodes de la psicologia experimental, tal vegada de manera més convincent. A parer d'aquest autor, estudis com aquest ofereixen una visió nova sobre l'organització cerebral de la cognició humana, segons la qual el cer-

vell humà està organitzat estructuralment i funcionalment en unitats discretes o mòduls, sustentats per l'activitat de poblacions neuronals de localització anatòmica específica que operen en paral·lel i que interaccionen entre si per produir les activitats mentals.

Amb aquestes publicacions el 1988 i el 1989 s'ha configurat una nova manera d'abordar les relacions entre la ment i el cervell i s'ha configurat la neurociència cognitiva com a disciplina científica. Així mateix, amb els plantejaments resumits anteriorment en les propostes de Gazzaniga, es formalitza l'abordatge paradigmàtic de la neurociència cognitiva —el mòdul com a estructura elemental de processament de la informació— i s'estableix un full de ruta: determinar la localització dels mòduls al cervell i establir la manera en què aquests interaccionen entre si per sustentar les activitats cognitives.

Arribats a aquest punt del meu discurs, confio que no hagi passat desapercebut que he omès, deliberadament, qualsevol referència a les arrels de la neurociència cognitiva en la història de les neurociències. Aquestes arrels estan a la base dels conceptes cabdals de la disciplina —el mòdul, la representació neuronal, les poblacions neuronals discretes, la seva localització anatòmica, les seves formes d'interacció— que exposaré tot seguit.

L'interès per la localització de les funcions cognitives al cervell té una llarga història que es remunta als primers anys del segle XIX. En efecte, el primer intent sistemàtic de relacionar la topografia cerebral amb les funcions psíquiques correspon a Franz Joseph Gall (1758-1828), fundador de la frenologia, i al seu deixeble Johann Gaspar Spurzheim (1776-1832). La frenologia constituï una mena de «psicologia de les facultats», decidida a atribuir característiques mentals específiques a les diferents regions del cervell (entre 27 i 50 segons els frenòlegs de l'època, inclosa, per exemple, la regió del nacionalisme). Malgrat que els postulats de la frenologia estaven mancats de fonament empíric, la neurociència moderna li deu dues contribucions importants. En primer lloc, els frenòlegs foren els primers que emfatitzaren la importància de la superfície cerebral, l'escorça, i desplaçaren el centre d'interès prevalent, que en l'època hom ubicava als ventricles. En segon lloc, foren els primers que postularen que el cervell no és un òrgan unitari i indiferenciat i així obriren la porta a l'estudi sistemàtic i, sobretot, caracteritzat pel mètode científic, de la localització de les funcions cognitives.