

Fonaments de l'aprenentatge i del llenguatge

Fonaments de l'aprenentatge i del llenguatge

Elena Muñoz Marrón
José Antonio Periañez Morales

L'encàrrec i la creació d'aquest material docent han estat coordinats pel professor: Llorenç Andreu Barrachina (2012)

Primera edició: setembre 2012

© Elena Muñoz Marrón i Jose Antonio Periañez Morales del text.

Tots els drets reservats

© d'aquesta edició, FUOC, 2012

Av. Tibidabo, 39-43, 08035 Barcelona

Realització editorial: Editorial UOC

Dipòsit legal: B-22.739-2012

Els textos i imatges publicats en aquesta obra estan subjectes -llevat que s'indiqui el contrari- a una llicència de Reconeixement-NoComercial-SenseObraDerivada (BY-NC-ND) v.3.0 Espanya de Creative Commons. Podeu copiar-los, distribuir-los i transmetre'ls públicament sempre que en citeu l'autor i la font (FUOC. Fundació per a la Universitat Oberta de Catalunya), no en feu un ús comercial i no en feu obra derivada. La llicència completa es pot consultar a <http://creativecommons.org/licenses/by-ncnd/3.0/es/legalcode.ca>

Índex

Introducció	9
Objectius generals	11
Capítol I. Bases cognitives de l'aprenentatge i la memòria	13
Objectius	13
1. Introducció	13
1.1. Concepte actual d'aprenentatge i memòria.....	14
2. Fases del procés d'aprenentatge i memòria	14
3. Aspectes cognitius rellevants en l'aprenentatge i la memòria.....	15
3.1. Efecte de posició serial i organització del material	15
3.2. L'oblit	16
4. Models teòrics i classificacions de la memòria	17
4.1. Model multimagatzem d'Atkinson i Shifrin (1968): Classificació per sistemes de memòria	17
4.2. Classificació en funció de la intencionalitat.....	22
4.3. Classificació en funció del temps.....	22
5. Classificació integradora de l'aprenentatge i la memòria.....	23
6. Aprenentatge i memòria explícita o declarativa	25
6.1. Memòria episòdica	27
6.2. Memòria semàntica	28
7. Aprenentatge i memòria implícita.....	29
7.1. Aprenentatge no associatiu: habituació i sensibilització.....	29
7.2. <i>Priming</i>	30
7.3. Aprenentatge associatiu.....	33
7.4. Aprenentatge i memòria procedimental.....	49
8. Memòria de treball.....	50
9. Bibliografia	53

Capítol II. Bases neuroanatòmiques de l'aprenentatge i la memòria	63
Objectius	63
1. Introducció	63
2. Aprenentatge i memòria implícita.....	65
2.1. Aprenentatge no associatiu: habituació i sensibilització.....	65
2.2. Aprenentatge i memòria perceptiva: <i>priming</i>	69
2.3. Aprenentatge associatiu: condicionament clàssic i condicionament instrumental.....	70
2.4. Aprenentatge i memòria procedimental.....	71
3. Aprenentatge i memòria explícita	73
3.1. Memòria relacional dependent de l'hipocamp.....	73
3.2. Aprenentatge i memòria episòdica i semàntica	80
4. Memòria de treball.....	82
4.1. Escorça prefrontal i memòria de treball.....	82
4.2. Regions cerebrals posteriors i memòria de treball.....	84
5. Bibliografia	87
Capítol III. Bases cognitives del llenguatge.....	95
Objectius	95
1. Concepte i breu revisió històrica de la psicologia del llenguatge	95
2. La comprensió del llenguatge	100
2.1. Percepció del llenguatge	101
2.2. Reconeixement i comprensió de paraules	105
2.3. Comprensió d'oracions.....	109
2.4. Comprensió del text/discurs.....	112
3. La producció del llenguatge	114
3.1. Producció del llenguatge oral.....	115
3.2. Producció del llenguatge escrit	118
3.3. El diàleg i la conversa	121
4. Bibliografia	125
Capítol IV. Bases neuroanatòmiques del llenguatge.....	131
Objectius	131
1. Introducció als models i bases biològiques del llenguatge.....	131
1.1. Antecedents històrics en l'estudi de les bases neuroanatòmiques del llenguatge.....	133

1.2. El model de Wernicke-Lichtheim-Geschwind.....	137
1.3. Cap a una nova neuroanatomia del llenguatge	139
2. Models actuals sobre les bases biològiques del llenguatge.....	150
2.1. Models de comprensió del llenguatge.....	150
2.2. Models d'organització lèxica.....	154
2.3. Models de producció del llenguatge.....	155
3. Bibliografia	163

Introducció

L'aprenentatge i el llenguatge són dos processos cognitius de gran importància en l'ésser humà. Gràcies a l'aprenentatge no només podem adquirir nous coneixements, conductes i aptituds, sinó que també podem modificar els que ja tenim, actualitzant el coneixement i adaptant el nostre comportament a les demandes de l'entorn i millorant les nostres capacitats.

En els éssers humans l'aprenentatge es troba, en gran part, intervingut pel llenguatge, ja que aquest últim constitueix la principal via de comunicació entre humans. La capacitat simbòlica és una de les habilitats cognitives més complexes de la nostra espècie, i el llenguatge és el màxim exponent d'aquest simbolisme. Es tracta d'un sistema simbòlic altament complex que, alhora, té un caràcter universal, és a dir, totes les societats humanes posseeixen llenguatge, i tots els individus l'adquireixen de forma natural i sense un gran esforç. Però la naturalitat en la seva adquisició i en el seu ús no ha de conduir-nos a pensar que es tracta d'un procés cognitiu senzill i que no requereixi explicació alguna.

El llenguatge ens permet relacionar-nos els uns amb els altres amb una gran qualitat, ja sigui mitjançant el llenguatge oral o el llenguatge escrit. Ambdues modalitats estan molt presents en l'aprenentatge, ja que ens permeten comunicar i comprendre una quantitat infinita de conceptes, sigui el que sigui el seu grau d'abstracció.

Al llarg del present manual s'abordaran els fonaments cognitius bàsics de l'aprenentatge i el llenguatge, així com aquells aspectes neuroanatòmics rellevants per a la comprensió d'aquests processos.

Objectius generals

Al llarg del present manual s'intentarà aconseguir els següents objectius generals:

1. Conèixer el concepte actual d'aprenentatge, memòria i llenguatge.
2. Dominar els conceptes clau per a la comprensió del funcionament d'aquests tres processos cognitius.
3. Conèixer les bases neuroanatómiques de l'aprenentatge, la memòria i el llenguatge.
4. Comprendre els principals models cognitius proposats per explicar l'aprenentatge, la memòria i el llenguatge.
5. Familiaritzar-se amb les principals taxonomies dels sistemes d'aprenentatge i memòria.
6. Saber aplicar els conceptes adquirits a la pràctica, fonamentalment en l'àmbit escolar.

Capítol I

Bases cognitives de l'aprenentatge i la memòria

Elena Muñoz Marrón i José Antonio Periañez Morales

Objectius

Els objectius d'aquest capítol són els següents:

1. Conèixer el concepte actual d'aprenentatge i memòria.
2. Conèixer les fases del procés d'aprenentatge, així com els factors que fan que aquest procés sigui més eficaç.
3. Familiaritzar-se amb les principals taxonomies dels sistemes d'aprenentatge i memòria.
4. Dominar conceptes cognitius fonamentals de l'aprenentatge i la memòria.
5. Saber aplicar els conceptes adquirits a la pràctica, fonamentalment en l'àmbit escolar.

1. Introducció

L'aprenentatge i la memòria són dos processos íntimament relacionats, per la qual cosa és extremament difícil separar l'un de l'altre. Gràcies a ells adquirim nous coneixements, conductes i aptituds, però també són la base del creixement emocional, l'adquisició de valors i actituds, i, fins i tot, de la formació de la nostra personalitat. A més, no tan sols aprenem coses noves, sinó que som capaços de modificar el que hem après per millorar-ho i adaptar eficaçment la nostra conducta davant de diferents situacions i moments.

L'aprenentatge és present al llarg de tota la vida, no sols en les etapes primerenques del desenvolupament, en les quals, per descomptat, és fonamental. Un nen no aprèn fets i coneixement només del món que l'envolta, sinó també de les persones que l'acompanyen i de si mateix. Per tant, hi haurà aprenentatges que resultaran més evidents i observables que uns altres, de caràcter més subtil. A més, els motius pels quals aprenem poden ser molt diferents, ja que a vegades ens guien recompen-

ses externes, com, per exemple, els diners, i altres vegades tenim raons de caràcter més intern, com la satisfacció personal o l'autorealització.

És essencial conèixer com, gràcies a l'experiència, modifiquem la nostra conducta i quins són els factors que afavoreixen o dificulten l'aprenentatge. Aquest serà el principal objectiu del present capítol, en el qual abordarem les bases i principis bàsics de l'aprenentatge i la memòria, sobretot aquells que considerem d'especial importància en l'aprenentatge infantil.

1.1. Concepte actual d'aprenentatge i memòria

L'aprenentatge pot definir-se com la modificació relativament estable i permanent de la nostra conducta o cognició com a resultat de l'experiència. Les modificacions degudes a la maduració o a estats transitoris o induïts d'un organisme, com, per exemple, l'estrès o els canvis induïts per fàrmacs, no són considerats aprenentatge, encara que poden facilitar l'aparició de nous aprenentatges.

Per la seva banda, la memòria constitueix el procés pel qual els nous coneixements o successos són codificats, emmagatzemats i, més tard, recuperats. El concepte de memòria no és un concepte unitari; hi ha diferents tipus o classes de memòria, segons ens atinguem a criteris temporals, categorials, intencionals, etc. Totes elles han estat descrites al llarg dels anys partint de la investigació bàsica i de l'experiència clínica.

2. Fases del procés d'aprenentatge i memòria

Perquè un determinat aprenentatge es produeixi, són necessàries una sèrie de fases a través de les quals la informació es va analitzant, processant i emmagatzematge abans de consolidar-se permanentment. A més, no podem oblidar l'última fase del procés, la recuperació, la qual és necessària per a poder accedir a la informació o conducta apresada.

a) Codificació:

Implica el processament, conscient o inconscient, de la informació a la qual s'atén, amb la finalitat que sigui emmagatzemada posteriorment. Consisteix en la transformació dels estímuls sensorials en diferents codis d'emmagatzematge. La codificació constitueix un procés imprescindible perquè la informació sigui emma-

gatzemada, i pot produir-se a partir de diferents modalitats sensorials; la més eficaç és la codificació que es realitza basant-se en més d'una modalitat.

b) Emmagatzematge o consolidació

En aquesta fase es crea i es manté un registre temporal o permanent de la informació. El material emmagatzemat posseeix en aquest moment una alta organització, la qual cosa facilita l'augment en la quantitat d'informació que pot ser emmagatzemada. Posteriorment, la informació emmagatzemada pot perdre's per diferents motius, com ara l'oblit.

c) Recuperació

Fa referència a l'accés i evocació de la informació emmagatzemada a partir dels quals es crea una representació conscient o s'executa un comportament après. El procés de recuperació es pot dur a terme de diferents maneres:

- Reconeixement: la informació que hem de recuperar la tenim disponible juntament amb altres informacions i només l'hem d'identificar.
- Record: la informació no la tenim disponible, sinó que hem de ser capaços de buscar-la en la nostra memòria i evocar-la.

3. Aspectes cognitius rellevants en l'aprenentatge i la memòria

En aquest apartat es tractaran, molt breument, alguns aspectes cognitius fonamentals en l'aprenentatge i la memòria, com l'efecte de posició serial, la interferència i l'oblit.

3.1. Efecte de posició serial i organització del material

Un dels fenòmens establerts amb més solidesa en el funcionament de la memòria és el fet que recordem més fàcilment els primers i els últims elements d'un contingut determinat que els que ocupen posicions intermèdies. Així, quan hem de recordar, per exemple, la llista de productes que la nostra parella ens ha demanat que comprem en el supermercat, ens resultarà més fàcil recordar aquells productes que ens ha dit en primer lloc (efecte de primàcia) i els últims (efecte de

recència), i els productes intermedis són els que més fàcilment oblidarem de comprar. A més, l'efecte de primàcia és més potent que el de recència, de manera que els primers elements d'una llista són els que es recordaran amb més probabilitat. Aquest efecte de posició serial s'observa tant en processos de reconeixement com de record.

A més, en l'aprenentatge serà determinant l'organització del material que hem d'aprendre. Així, quan el material té una organització basada en algun criteri de classificació (sigui semàntica, fonològica, temporal, etc.) l'aprenentatge és més eficaç que quan no té cap mena d'estructura. Aquest efecte es fa més palès en proves de record que en les de reconeixement.

3.2. L'oblit

Encara que, com veurem més endavant, la memòria a llarg termini posseeix una capacitat il·limitada, hi ha diferents factors pels quals podem oblidar una determinada informació o habilitat apresada prèviament. L'oblit es pot produir en qualsevol de les fases del procés –encara que sempre es posa de manifest en la recuperació–, per això pot ser deguda a errors en la codificació del material que hem d'aprendre, en la seva consolidació o en la recuperació d'un material ja après.

Però l'oblit no ha de ser entès únicament com una fallada en el procés, sinó que compleix una funció adaptativa, ja que no és pas necessari recordar tota la informació que processem al llarg de la vida.

- **Fallades en la codificació i en la consolidació:** perquè es produeixi un aprenentatge determinat és fonamental que la informació sigui codificada d'una manera apropiada, ja que si la primera fase no es produeix adequadament la resta de les fases no es podran completar correctament. D'altra banda, la fallada pot produir-se més endavant en el procés. Així, després d'una codificació adequada, els processos duts a terme amb la finalitat de consolidar el material (com el repàs actiu o elaboratiu) poden ser erronis o insuficients per a fer que la informació es fixi a llarg termini.
- **Decaïment:** quan no tenim l'oportunitat de repassar o utilitzar el material après és possible que aquest material decaigui amb el temps. Però el pas del temps no explica per mateix que hi hagi fets o habilitats que no es vegin molt minvats després de molts anys d'haver-los après, ni per què un material

determinat és recuperat molt temps després que penséssim que l'havíem oblidat.

- **Interferència proactiva i retroactiva:** l'aprenentatge d'un material donat pot dificultar l'aprenentatge d'un altre o fer que un d'ells s'oblidi; aquest efecte es denomina interferència, i pot ser de dos tipus. Quan un aprenentatge fa que sigui més difícil l'adquisició d'un altre material que s'ha d'aprendre posteriorment es produeix interferència proactiva. Per contra, la interferència retroactiva es produeix quan un segon material après fa que s'oblidi informació adquirida prèviament. Per exemple, si canviem el número de telèfon, aprendre el nou pot fer que siguem incapaços de recordar el que teníem abans.

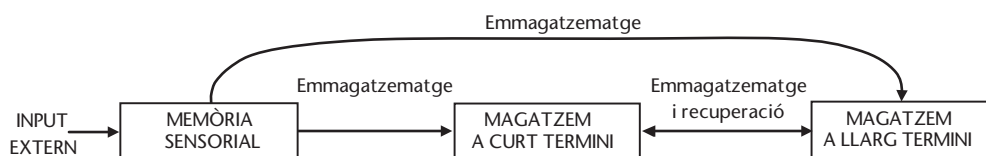
4. Models teòrics i classificacions de la memòria

Al llarg dels segles xx i xxi han proliferat els models teòrics de la memòria i la seva classificació a partir d'aquests models i evidències empíriques amb pacients i subjectes sans. En aquest apartat s'abordaran les més rellevants des del punt de vista teòric i aplicat.

4.1. Model multimagatzem d'Atkinson i Shiffrin (1968): Classificació per sistemes de memòria

Segons aquests autors, la memòria està constituïda per tres magatzems o sistemes: la memòria sensorial, el magatzem a curt termini i el magatzem a llarg termini (vegeu figura 1), cadascun dels quals té unes característiques diferenciades i unes regles específiques de funcionament. La capacitat d'emmagatzematge de cada sistema, la persistència temporal de la informació i el tipus de processament que realitzen són diferents.

Figura 1. Representació esquemàtica del model multimagatzem d'Atkinson i Shiffrin (1968).



A partir d'aquest model es fa una de les classificacions més útils a l'hora d'avaluar les capacitats mnèsiques alterades i preservades d'una persona, i poder, així, elaborar un programa d'intervenció eficaç.

a) *Memòria sensorial* (MS)

Registre mnèsic de gran capacitat, però en el qual el manteniment de la informació és de molt curta durada (entorn als 250 mil·lisegons). La memòria sensorial està fora del control voluntari del subjecte i el seu funcionament és automàtic i espontani, és a dir, sense mediació de la consciència. Es divideix en memòria icònica (per a material visual) i memòria ecoica (per a material auditiu). La informació retinguda en la memòria sensorial es pot perdre per decaïment o per desplaçament –en el qual les representacions formades són substituïdes per altres de noves– o pot ser transferida a la memòria a curt termini, o a llarg termini.

b) *Memòria a curt termini* (MCP)

Aquest sistema de memòria té una capacitat limitada i la permanència de la informació és breu, encara que major que en la memòria sensorial (entorn a vint segons). És un magatzem transitori i de codificació ràpida, en el qual la informació és analitzada, interpretada i organitzada per al seu posterior emmagatzematge en la memòria a llarg termini.

c) *Memòria a llarg termini* (MLP)

La informació transferida des dels altres sistemes és emmagatzemada en la MLP. Aquesta constitueix un dipòsit permanent en el qual es reté el coneixement que s'ha anat acumulant al llarg de la vida; és una gran «base de dades». La seva capacitat d'emmagatzematge és il·limitada i la persistència de la informació en aquest magatzem també ho és. La MLP es divideix en dos grans subsistemes: memòria declarativa i memòria procedimental o no declarativa.

- **Memòria declarativa:** Es refereix al coneixement general i personal emmagatzemat. És formada per continguts adquirits de manera conscient, que poden ser representats amb paraules i que són fàcilment expressats i avaluats en humans mitjançant el llenguatge. La memòria declarativa es divideix en memòria semàntica (informació de caràcter general deslligada del context, com, per exemple, què és una taula, quantes potes té una aranya o quina és la capital de França) i memòria episòdica (subjecta a paràmetres espaciotemporals, com ara el que vam fer el diumenge passat a la tarda).

En la taula 1 podeu veure les principals diferències que hi ha entre la memòria semàntica i la memòria episòdica.

Taula 1. Diferències entre memòria semàntica i episòdica.

Memòria semàntica	Memòria episòdica
Continguts conceptuals i la seva relació Coneixements generals amb validesa independent del succés en el qual s'utilitza	Continguts d'esdeveniments, successos o episodis
Organització de continguts segons criteris conceptuals	Organització de continguts segons criteris espaciotemporals
Pot manejar informació que no s'ha après explícitament, però que es troba implícita en els seus continguts	Esdeveniments codificats explícitament
Baixa vulnerabilitat a l'oblit	Alta vulnerabilitat a l'oblit

Traduït de Muñoz Marrón *et al.*, 2009.

- **Memòria procedimental:** Aquesta memòria recull i emmagatzema la informació relacionada amb procediments i habilitats motores i repertoris conductuals. És la memòria de com es fan les coses i sense ella no es podria recordar com es munta una bicicleta, com es condueix un cotxe, com es fa un llit o com es prepara un cafè.

Hi ha un gran nombre de diferències entre la memòria declarativa i la memòria procedimental. Una d'elles fa referència a la possibilitat de verbalitzar-ne el contingut. La informació recollida en la memòria declarativa és fàcilment expressable verbalment (es pot explicar verbalment qui era Alejandro Magno), però el contingut de la memòria procedimental resulta gairebé impossible de verbalitzar, ja que és molt complicat explicar com es juga al tennis, mentre que és molt fàcil d'expressar mitjançant accions o comportaments. Mentre que la memòria declarativa és flexi-

Taula 2. Diferències entre memòria declarativa i procedimental.

Memòria declarativa	Memòria procedimental
Informació fàcilment expressable verbalment	Informació difícilment expressable verbalment
Alta flexibilitat i modificabilitat	Baixa flexibilitat i modificabilitat
Fàcil control conscient	Difícil control conscient
Alta vulnerabilitat a l'oblit	Baixa vulnerabilitat a l'oblit

Traduït de Muñoz Marrón *et al.*, 2009.

ble i modificable, la memòria procedimental té un caràcter rígid i inflexible, la qual cosa fa molt difícil modificar un repertori conductual ja establert. Aquesta rigidesa es deu al difícil control conscient dels procediments, els quals normalment són activats de manera automàtica davant les demandes de la tasca i són difícils de modificar o dirigir voluntàriament una vegada engegats. Una altra diferència rellevant entre aquests dos tipus de MLP és la resistència a l'oblit. La memòria declarativa és molt vulnerable a l'oblit, mentre que la procedimental és molt resistent, i normalment es troba més preservada en estats patològics associats a la vellesa.

4.1.1. Model de nivells de processament de Craik i Lokhart (1972): Classificació en funció del nivell de processament

Fergus Craik i Robert Lokhart consideren que existeix un únic magatzem de memòria en el qual hi ha diferents nivells de processament; així, la capacitat de record depèn de la profunditat amb què s'hagi processat la informació. Segons aquests autors, la memòria és producte de les activitats de processament que són aplicades a la informació (raó per la qual és un procés actiu) i la manera com es processa el material determinarà l'eficàcia del seu emmagatzematge, accés i recuperació, tant a curt com a llarg termini. Per tant, hi ha diferents nivells de processament dins d'un continu que va del processament més superficial al més profund. Aquest model distingeix dos nivells de processament principals:

- Processament Tipus I: processament superficial de l'estímul, basat en un processament repetitiu de la informació sense la realització de cap anàlisi més profunda.
- Processament Tipus II: processament de caràcter més profund i elaborat, realitzat a través d'una anàlisi semàntica i establint relacions entre el material nou i el que ja es posseeix.

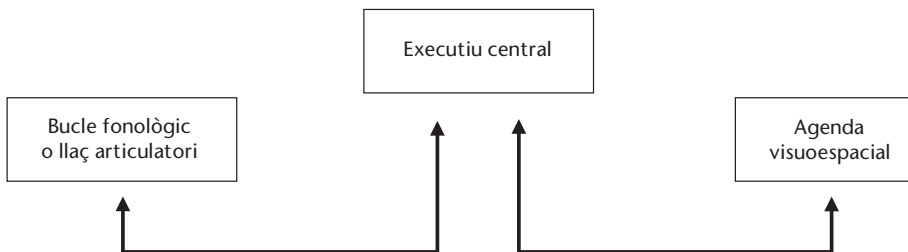
La idea principal del model és que, com més gran sigui la profunditat de processament de la informació, millors seran la seva retenció i el seu record posterior.

4.1.2. Model de memòria operativa de Baddeley i Hitch (1974): Canvi del concepte de memòria a curt termini

Aquest model va sorgir a causa de les limitacions del constructe de memòria a curt termini del model d'Atkinson i Shiffrin.

Alan Baddeley i Graham Hitch (1974) van proposar un nou concepte de memòria a curt termini, la memòria operativa, composta per tres subsistemes organitzats jeràrquicament: bucle fonològic o llaç articulatori, agenda visuoespacial i executiu central; aquest darrer situat en la posició jeràrquica més alta, controlant la memòria operativa.

Figura 2. Representació esquemàtica del model de memòria operativa de Baddeley i Hitch (1974).



Traduït de Muñoz Marrón *et al.*, 2009

- **Bucle fonològic o llaç articulatori:** magatzem temporal responsable del manteniment i la manipulació d'informació verbal. Està format per un magatzem fonològic (que manté la informació verbal durant un període de temps d'un o dos segons) i un processador de control articulatori (que processa el material del magatzem fonològic mitjançant la repetició subvocal). El bucle fonològic intervé en la pràctica totalitat de les tasques relacionades amb el llenguatge, per la qual cosa és fonamental en l'aprenentatge de la lectura i escriptura, l'adquisició de vocabulari, l'aprenentatge d'idiomes, etc.
- **Agenda visuoespacial:** processador analògic encarregat de l'emmagatzematge temporal i la manipulació de la informació visual i espacial. Està composta per un sistema d'emmagatzematge de material visuoespacial i un mecanisme de repàs d'aquest material per a perllongar el temps d'emmagatzematge. Aquest subsistema intervé en l'orientació geogràfica, la localització espacial dels objectes, la planificació de tasques espacials, la planificació d'actes motors, etc.
- **Executiu central:** és el centre de control de tot el sistema de memòria operativa. Planifica, organitza i controla el funcionament i les activitats que realitzen els altres dos subsistemes.

4.2. Classificació en funció de la intencionalitat

La distinció de la memòria explícita i implícita fa referència a dues formes d'adquisició de la memòria i a dues formes d'accés, recuperació i expressió de la informació emmagatzemada.

a) *Memòria implícita*

Emmagatzematge i/o recuperació no intencional o inconscient de la informació. El subjecte no recorda haver après alguna cosa que posteriorment demostra que sí que sap. És un tipus de memòria independent de la voluntat i de la consciència del subjecte en totes les seves fases. Les estructures neuroanatòmiques en les quals es recolza són més antigues filogenèticament parlant que les que són subjacents a la memòria explícita, la qual cosa la fa més resistent davant d'alteracions que que es presenten amb dèficit de memòria.

b) *Memòria explícita*

Emmagatzematge i/o recuperació conscient de la informació. La característica fonamental de la memòria explícita és el seu caràcter voluntari i conscient, és a dir, el subjecte té intenció de recordar el material que es presenta i també té intenció de recuperar-lo.

Hi ha diferències considerables entre la memòria explícita i la memòria implícita. Una d'elles fa referència al grau de vulnerabilitat davant de l'envelliment normal i d'estats patològics. La memòria explícita és molt vulnerable a tots dos, mentre que la memòria implícita és molt resistent a la deterioració, i pot restar preservada fins i tot en estadis avançats de malalties degeneratives. Quant a l'efecte que té el pas del temps sobre la memòria, és important assenyalar que l'augment en l'interval de temps transcorregut entre la presentació de la informació i el moment en el qual cal recordar-la afecta notablement la memòria explícita, i com més gran és l'interval temporal, més baix és el rendiment. Per contra, la memòria implícita no sembla veure's afectada per això, o almenys no en la mateixa mesura.

4.3. Classificació en funció del temps

La memòria també pot ser dividida en memòria prospectiva i retrospectiva, segons si la informació que s'ha de recuperar fa referència a un fet passat o futur.

a) *Memòria prospectiva*

Fa referència a la memòria de les activitats o plans d'acció que han de ser dutes a terme en un futur proper o llunyà. Recordar que es té cita amb el metge el dilluns a les deu, que a les vuit del vespre cal trucar a un familiar o que el dia 15 de juliol és l'aniversari del teu promès són exemples d'aquest tipus de memòria. La memòria prospectiva implica el record del moment i la situació concrets en els quals ha de dur-se a terme l'activitat, a més del record de l'activitat en si. La quantitat d'informació retinguda és baixa i és molt vulnerable a l'oblit.

b) *Memòria retrospectiva*

Es refereix al record d'accions o esdeveniments que han succeït en el passat. Igual que la memòria prospectiva, implica el record del moment i situació concrets en els quals es va produir el fet. La quantitat d'informació recollida en la memòria retrospectiva és enorme, molt superior a la de la memòria prospectiva, i a més, és menys vulnerable a l'oblit.

5. Classificació integradora de l'aprenentatge i la memòria

Tal com hem vist en l'apartat anterior, al llarg dels anys s'han anat proposant diferents criteris per a la taxonomia de l'aprenentatge i la memòria. Si prenem com a base criteris qualitius, podem diferenciar entre processos d'aprenentatge i memòria explícits (també denominats conscients o declaratius) i processos implícits (no declaratius o inconscients). La principal característica dels primers és que la informació és accessible a la consciència i és susceptible de ser verbalitzada. La informació aquí continguda és relativament fàcil de modificar, de manera que pot canviar al llarg del temps. Per contra, l'aprenentatge implícit és difícilment expressable a través del llenguatge i posseeix un alt grau de rigidesa, la qual cosa en dificulta la modificació.

Hi ha altres grans diferències entre els processos explícits i implícits. Una d'elles fa referència al grau de vulnerabilitat enfront de l'envelliment normal i a l'afectació en diversos estats patològics. La memòria explícita és molt vulnerable a tots dos, mentre que la memòria implícita és més resistent a la deterioració, i es pot mantenir preservada fins i tot en estadis avançats de malalties neurodegeneratives. Quant a l'empremta que deixa el pas del temps en la memòria, és important assenyalar que l'augment en l'interval de temps transcorregut entre la presentació de la informació

i el moment en què s'ha de recordar afecta notablement la memòria explícita, i com més gran és l'interval temporal, més baix és el rendiment. Per contra, la memòria implícita no es veu afectada per aquesta demora en la mateixa mesura. En la taula 3 podeu analitzar les principals diferències entre tots dos sistemes de memòria.

Taula 3. Diferències entre memòria explícita i implícita.

Memòria explícita	Memòria implícita
Caràcter voluntari i intencional de la retenció i la recuperació de la informació	Caràcter involuntari i no intencional de la retenció i la recuperació de la informació
Avaluació mitjançant mesures directes de memòria	Avaluació mitjançant mesures indirectes de memòria. Efecte <i>priming</i>
Estructures neuroanatòmiques més recents filogenèticament	Estructures neuroanatòmiques més antigues filogenèticament
Molt vulnerable a la deterioració	Poc vulnerable a la deterioració

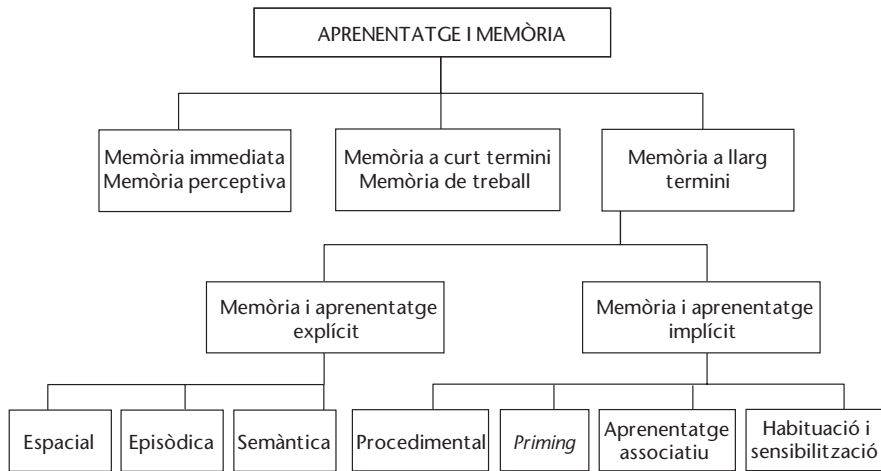
Traduït de González Rodríguez i Muñoz Marrón, 2008.

Malgrat tractar-se de dos processos ben diferenciats i amb característiques molt desiguals, estan íntimament relacionats i són suport l'un de l'altre. Molts aprenentatges i memòries comencen sent processos conscients –és a dir, explícits–, però amb el temps, amb l'evocació o amb la pràctica repetida del seu contingut, acaben convertint-se en processos implícits, inconscients. A més, moltes vegades el coneixement es pot adquirir de manera implícita o explícita, cadascuna de les quals requereix regions cerebrals diferents i origina memòries amb propietats també diferents. Però el més freqüent és que l'aprenentatge o l'adquisició d'informació nova es duu a terme gràcies a la intervenció de totes dues menes de processos, els quals interactuen i es proporcionen ajuda mútua. Això fa que sigui summament difícil separar completament tots dos tipus de memòria, ja que són processos que interactuen i s'influeixen mútuament per formar memòries i aprenentatges coherents i significatius.

D'altra banda, si els criteris de classificació són de caràcter temporal, la memòria pot ser classificada en memòria immediata, memòria a curt termini i memòria a llarg termini. Aquesta classificació és molt útil a l'hora de comprendre el procés de consolidació de l'aprenentatge i la memòria.

Intentant conjuminar aquests dos criteris es proposa la classificació següent, que considerem molt completa i integradora i de gran ajuda per a l'estudi de l'aprenentatge i la memòria tant en animals com en humans (figura 3). És possible que en el futur es generin nous coneixements que donin lloc a altres categories o a denominacions més d'acord amb les noves troballes experimentals i clíniques.

Figura 3. Classificació de l'aprenentatge i la memòria tenint en compte criteris temporals i qualitius.



6. Aprenentatge i memòria explícita o declarativa

L'aprenentatge i la memòria explícita o declarativa fan referència al coneixement general i personal que posseïm cadascun de nosaltres. Aquesta memòria està formada per continguts adquirits de manera conscient, que poden ser fàcilment expressats i avaluats en humans mitjançant el llenguatge, per la qual cosa també és denominada memòria declarativa. Què és un cavall?, quina és la capital de la Xina?, què vaig fer el diumenge passat?, o com va ser el dia de les meves noces?, són exemples de coneixements declaratius.

La memòria declarativa constitueix l'aprenentatge de gran quantitat d'informació de molt diversa índole, la qual pot ser adquirida de manera molt ràpida, fins i tot a partir d'una única experiència, sobretot si aquesta té una alta càrrega emocional, o de forma gradual. La representació de la informació de la memòria explícita és abstracta i posseeix un alt grau de flexibilitat, per la qual cosa pot expressar-se en situacions i maneres diferents de com va ser apresada.

Al seu torn, la memòria i l'aprenentatge explícits poden dividir-se en dues categories: semàntica, que inclou informació de caràcter general deslligada del context (com els dos primers exemples), i episòdica, la qual està subjecta a paràmetres espaciotemporals (com el record de què vaig fer el diumenge passat o el dia de les meves

noces). Per tant, l'aprenentatge episòdic es refereix a la capacitat d'adquisició d'informació que té un origen específic temporal o que queda relacionada amb circumstàncies de la vida d'una persona (memòria autobiogràfica).

L'aprenentatge semàntic es refereix a la capacitat d'adquisició de la informació que implica fets sobre el món, sobre nosaltres mateixos i sobre el coneixement que compartim amb una comunitat. Aquesta mena d'informació és relativament independent del context temporal i espacial en el qual ha estat adquirida. Es tracta, doncs, d'una informació que fa referència al coneixement compartit amb uns altres. No s'organitza entorn d'un període temporal específic i resulta menys susceptible a l'oblit que la informació episòdica. Les memòries formades mitjançant aquest tipus d'aprenentatge proporcionen una sensació de coneixement més que un record conscient d'una informació específica o d'una vivència.

Per la seva banda, la informació episòdica és altament dependent del context en què s'ha adquirit respecte al temps, l'espai o les relacions amb altres persones. Les memòries formades mitjançant aquest tipus d'aprenentatge són recordades d'una manera conscient, de tal forma que sembla que som capaços de tornar-les a experimentar. Es tracta d'un tipus d'aprenentatge molt susceptible a l'oblit.

Va ser Endel Tulving l'autor que, en 1972, va establir per primera vegada la distinció entre memòria episòdica i memòria semàntica, i a partir d'aquest moment l'evidència experimental de l'existència d'aquests dos tipus de memòria explícita no ha fet més que augmentar. En la taula següent queden resumides les principals diferències entre ambdues categories.

Taula 4. Diferències entre memòria semàntica i episòdica.

Memòria semàntica	Memòria episòdica
Els continguts inclouen significats conceptuals i la seva relació. Són coneixements de caràcter general, la validesa del qual resulta independent del succés particular en què s'apliquin.	Els continguts són esdeveniments, successos o episodis, entenent aquests termes en sentit ampli.
L'organització dels continguts segueix una pauta conceptual.	L'organització dels continguts és de tipus espaciotemporal.
Pot manejar informació que no hagi après mai explícitament, però que està implícita en els seus continguts.	Conté esdeveniments que han estat explícitament codificats.
És poc vulnerable a l'oblit.	És vulnerable a l'oblit.

Traduït de González Rodríguez i Muñoz Marrón, 2008.

EXERCICI

Des d'un punt de vista clínic, hi ha diverses maneres d'analitzar l'afectació de tots dos sistemes de memòria explícita amb preguntes quotidianes. A continuació s'exposen una sèrie de preguntes emprades amb aquest fi. Intenteu indicar el sistema de memòria responsable del seu emmagatzematge, tenint en compte les característiques distintives de tots dos sistemes descrites prèviament:

- Què és un altaveu?
- On vas comprar el teu primer cotxe?
- Quin és el teu número de telèfon?
- On vas comprar el teu telèfon mòbil?
- Qui va inventar la impremta?
- Quina pel·lícula van passar ahir a la nit a la televisió?
- Com es diu el dictador que va governar Espanya?
- Quants estats formen els Estats Units d'Amèrica?
- Què és una neurona?
- Quan va ser l'última vegada que vas anar al cinema?
- Com va ser el teu últim dia de col·legi a la primària?

I: Episòdica / S: Semàntica

Solució: S, I, S, I, S, I, S, S, I, I.

Noteu que alguns dels coneixements emmagatzemats en la memòria semàntica prèviament han passat per la memòria episòdica, fins que perden els seus referents espaciotemporals i passen a ser un coneixement semàntic. Aquest és el cas de conceptes acadèmics (qui va inventar la impremta o què és una neurona), els quals en algun moment vam poder indicar quan i com van ser apresos.

6.1. Memòria episòdica

Com hem assenyalat abans, la memòria episòdica fa referència a la capacitat per a recordar conscientment experiències passades, ja que és un sistema en el qual s'emmagatzema informació relacionada amb fets marcats temporalment i espacialment. Respon a les preguntes de quines, quan i on es va produir un fet determinat. Per tant, aquest sistema emmagatzema informació sobre experiències registrant l'ordre en què succeeixen, per la qual cosa la informació aquí contin-

guda posseeix una organització temporal. És un tipus de memòria altament dependent del context i està molt influenciada per l'estat emocional present en el moment que va passar el fet. A causa d'aquesta exigència de referències espacials i temporals, la informació episòdica és més vulnerable a la interferència i a l'oblit que la informació de caràcter semàntic. L'aprenentatge episòdic es produeix amb una única experiència, i la informació adquirida a través de diferents episodis viscuts es pot anar descontextualitzant i generalitzant, donant lloc a coneixements semàntics, els quals s'aniran enriquint progressivament amb experiències posteriors.

Una gran quantitat de treballs d'investigació ha tractat de dilucidar si l'activació de l'hipocamp és major quan una persona està aprenent o recordant informació episòdica o semàntica. Diversos estudis han trobat que hi ha una activació selectiva de l'hipocamp quan la persona recorda experiències personals, però no quan es recorden esdeveniments públics, amb una menor implicació personal, en els quals un coneixement general és suficient. Els casos de pacients amb amnèsia també han posat de manifest que un dany limitat a l'hipocamp pot fer que la memòria episòdica es vegi alterada, mentre que la capacitat per a adquirir coneixements semàntics pot preservar-se.

6.2. Memòria semàntica

La memòria semàntica constitueix un extens magatzem de coneixement general sobre un gran nombre d'àmbits. És la memòria que ens permet saber quina és la capital d'Àustria, com es diuen els nostres nebots, qui era Cervantes, quines característiques té un gos o quina és la neuroanatomia de la memòria. Es tracta, doncs, d'una informació referida al coneixement compartit amb uns altres i ens proporciona una sensació de coneixement (de l'anglès, *feeling of knowing*), més que de record. Aquesta informació no té referències espaciotemporals específiques, fet pel qual és molt improbable que es recordi el moment i el lloc on va ser adquirida, és de fàcil accés i està més organitzada conceptualment, que per l'ordre temporal de la seva adquisició. Aquesta organització de caràcter conceptual fa que els continguts aquí emmagatzemats es relacionin els uns amb els altres en funció del seu significat, formant una immensa xarxa de coneixement, la qual posseeix una estructura jeràrquica. A més, aquest sistema de memòria és capaç de generar nova informació a través d'inferències, és a dir, crea nous conceptes, que no han estat apresos explícitament, a partir de la informació de què disposa.

L'aprenentatge i la integració d'informació semàntica sol produir-se gradualment, ja que a partir de experiències concretes anem generant coneixement sobre les constàncies i regularitats sobre el món que ens envolta.

7. Aprenentatge i memòria implícita

L'aprenentatge implícit és un procés inconscient, en què el subjecte no recorda conscientment haver adquirit un determinat coneixement o destresa, però, tot i això, demostra amb la seva conducta que sí que ho ha après. És un aprenentatge difícil d'expressar verbalment, però que es pot mostrar conductualment de manera bastant automàtica. La seva adquisició sol ser gradual i s'aprèn i perfecciona a través del modelatge i la pràctica. El modelatge és un procés d'aprenentatge per observació en el qual la conducta d'un individu o un grup actua com a estímul per generar conductes semblants en altres individus que observen l'actuació del model (o demostrador).

L'aprenentatge implícit (també denominat no declaratiu o inconscient) no depèn de la voluntat ni de la consciència del subjecte, encara que en alguna de les fases de l'aprenentatge sigui necessària la intervenció de processos conscients, i la seva adquisició sol ser gradual. La memòria implícita és més rígida i difícilment modificable que la memòria explícita, i té un caràcter més durador que aquesta, amb més resistència a les alteracions que cursen amb dèficit de memòria o a l'envelliment normal.

L'aprenentatge implícit constitueix una categoria molt heterogènia dins la qual s'inclouen diferents formes d'aprenentatge que són independents de la consciència i que podem agrupar en: aprenentatge no associatiu (habitució i sensibilització), *priming*, aprenentatge associatiu (condicionament clàssic i condicionament instrumental) i aprenentatge i memòria procedimental.

7.1. Aprenentatge no associatiu: habitució i sensibilització

L'aprenentatge no associatiu engloba les formes més senzilles d'aprenentatge: l'habitució i la sensibilització. Aquestes formes d'aprenentatge es produeixen per la simple exposició a estímuls, sense que hi intervingui cap procés associatiu entre els mateixos estímuls o entre les accions i les seves conseqüències. Encara que són els tipus d'aprenentatge més bàsics, tenen una importància vital, ja que ens perme-

ten percebre i adaptar-nos al mitjà d'una manera molt eficaç i molt ràpida. El fet que l'aprenentatge associatiu es doni en tots els animals, des dels organismes més simples fins a nosaltres, els humans, posa de manifest la importància que té.

L'habitució i la sensibilització modifiquen la intensitat de la resposta davant determinats estímuls, encara que en sentit oposat. L'habitució consisteix en la reducció de la magnitud de la resposta conductual davant un estímulo, o conjunt d'estímuls, generalment innocus, que es repeteixen sovint en un període de temps breu. Per exemple, imagineu-vos que esteu a classe i salta l'alarma d'un cotxe al carrer. En els primers moments, aquest fet us cridarà l'atenció, però si es manté en el temps, i el volum us permet seguir les explicacions del professor, deixareu de parar esment al so de l'alarma i us centrareu a atendre el docent. L'habitució és l'aprenentatge que fa que deixem d'esglaiar-nos quan sentim sorolls intensos amb els quals ja estem familiaritzats. Per contra, la *sensibilització* és el procés que provoca que la resposta a un estímulo, normalment intens, nociu o que provoca por, sigui més intensa del normal, per haver-se presentat anteriorment un estímulo que ha causat un sobresalt inicial. Per exemple, vas caminant per un carreró fosc; de sobte sents un soroll estrany i et sobresaltes perquè penses que pot haver-hi algú amagat que pretén robar-te o fer-te mal; al final descobreixes que era un gat, però en sortir del carreró una persona et toca l'espatlla i et pregunta l'hora. En aquest cas, el teu sobresalt serà molt superior al normal, ja que la por que has passat en el carreró davant el soroll provocat pel gat t'ha sensibilitzat.

Encara que en tots dos casos es tracta d'aprenentatges no associatius, hi ha grans diferències entre els dos processos. L'habitució és específica tant dels estímuls que l'han originat com de la resposta comportamental que s'ha vist reduïda. En canvi, la sensibilització té un caràcter inespecífic, és general a una gran varietat d'estímuls i respostes. A més, l'habitució es produeix després de l'exposició repetida a l'estímulo, mentre que la sensibilització ocorre després de l'aparició única d'un estímulo amb un gran impacte emocional. Finalment, tots dos processos difereixen en la durada, ja que l'habitució pot perllongar-se en el temps i la sensibilització, normalment, es limita a un curt període temporal.

7.2. *Priming*

El *priming* és un tipus d'aprenentatge implícit que facilita el processament d'un material específic al qual hem estat exposats abans. És a dir, millora el rendiment en una tasca, sigui en precisió, en velocitat o en tots dos, quan s'ha tingut una experiència prè-

via amb estímuls relacionats d'alguna manera amb els presentats en la tasca que s'ha d'exercir. Per tant, el *priming* facilita la detecció o identificació d'estímuls iguals o similars als anteriorment presentats, d'únicament a causa d'aquesta presentació prèvia.

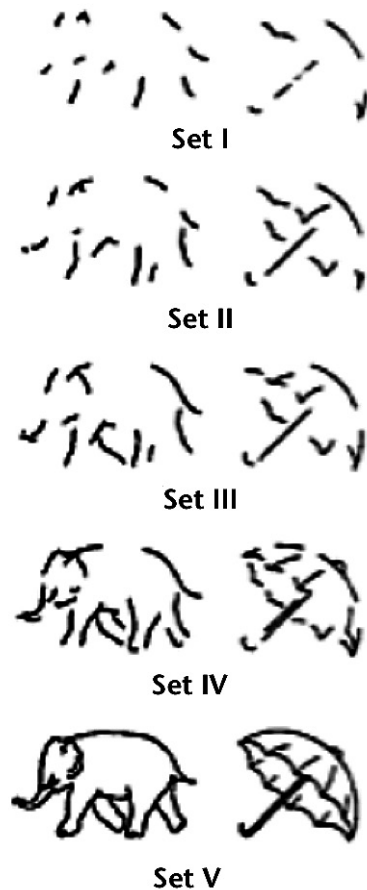
Aquest tipus d'aprenentatge es forma i s'evoca automàticament, sense que sigui necessària la intervenció de processos conscients com en l'aprenentatge explícit. És un aprenentatge molt efectiu i durador, que fa més ràpida i precisa la nostra percepció i comprensió de determinats estímuls. La percepció del nostre entorn i dels estímuls que el componen fa que es generi una petjada mnèsica d'aquest entorn i, posteriorment, aquesta petjada és activada per estímuls iguals o similars als processaments, i això fa que la informació prèvia sigui recuperada facilitant el processament tant d'informació nova com de la ja familiar.

El *priming* perceptual reflecteix el processament previ dels aspectes perceptuals de l'estímul, i és fàcilment observable en proves de memòria indirectes, en les quals el processament de la informació està guiat per les propietats físiques de l'entorn i no pel seu significat. Aquesta mena de proves solen consistir en la presentació d'una sèrie d'estímuls d'una determinada modalitat (paraules, dibuixos d'objectes, fotografies de cares, etc.), per a després tornar a presentar aquests estímuls molt breument, o fragments d'aquests estímuls, i comprovar la millora en l'eficàcia del subjecte en la detecció dels ítems en aquesta segona exposició.

La tasca de Gollins (*Gollins partial picture task*) és una de les proves paradigmàtiques emprades en l'avaluació del *priming*. Aquesta tasca consisteix a identificar objectes quotidians representats en figures progressivament menys degradades (figura 4). La primera figura que es mostra és la més incompleta; si el subjecte no és capaç d'identificar l'objecte, es presenta la següent, i així successivament, fins que aconsegueix identificar-lo. Després d'una tasca distractora, es torna a repetir la tasca. Aquesta vegada, el subjecte és capaç d'identificar les figures quan són presentades molt més incompletes que en la primera sèrie. A més, aquesta millora s'aprecia fins i tot en pacients amnèsics, que no recorden explícitament haver realitzat la primera fase de la prova.

Un altre procediment paradigmàtic en l'estudi del *priming* perceptiu són els tests en els quals s'han de completar paraules (de l'anglès, *word-stem completion test*). Els subjectes han de llegir una llista de paraules; posteriorment se'ls presenta una llista amb només les tres primeres lletres d'una paraula, que han de completar. Aquestes tres lletres poden formar diverses paraules diferents, però els subjectes presenten una tendència a completar-les amb una paraula de la llista llegida prèviament. Per exemple, les lletres C-A-S poden donar lloc a les paraules casa, casada o casella, però si la paraula cascavell es trobava en la llista inicial, serà més probable que les lletres C-A-S siguin completades fins a formar la paraula 'cascavell'.

Figura 4. Exemple de figures de la tasca de Gollins.



EXERCICI

Per exemplificar l'efecte de *priming* us presentem una tasca clàssica amb material verbal. Podeu fer l'exercici vosaltres mateixos o aplicar-lo a algú.

Instruccions:

A continuació llegiràs una llista de paraules. La tasca consisteix simplement a llegir aquesta llista:

Casa, rosa, abella, llibre, sofà, ventall, telèfon, truita, llapis, taula, os, timbre, finestra, guitarra, carpeta, ratolí.

Ara completa les següents síl·labes amb la primera paraula que et vingui al cap:

Ab		To	
Em		La	
Ca		Hu	
Gu		Ra	
Tu		Ca	
Veü		Li	
Ab		Sota	
Ro		Et	

Quin efecte hauria de produir el *priming*? Es ha fet palès en el teu cas?

Per la seva banda, el *priming* semàntic es posa de manifest en tasques de memòria també indirectes en les quals cal dur a terme un processament conceptual dels estímuls, tenint en compte la seva organització semàntica i sense que tinguin una especial rellevància els seus aspectes físics. Per exemple, si una persona llegeix una llista de paraules en la qual s'inclou la paraula 'lleó', aquesta provocarà l'efecte de *priming* sobre el processament posterior de la paraula 'tigre', en pertànyer ambdues a la mateixa categoria semàntica.

Tots dos tipus de *priming* ens permeten formar memòries després d'una única exposició a l'estímul, i a més, és possible que es generalitzi a altres estímuls similars. Aquest aprenentatge té un caràcter automàtic, és molt efectiu i durador, i fa més ràpida i precisa la nostra percepció i comprensió de determinats estímuls. Encara que el *priming* és més eficaç quan els estímuls presentats en ambdues ocasions són de la mateixa modalitat sensorial, també es produeix *priming* quan els estímuls pertanyen a modalitats diferents.

7.3. Aprenentatge associatiu

Una forma més complexa d'aprenentatge i memòria és la que requereix l'establiment d'una associació entre dos estímuls o entre la resposta emesa davant un estímul i les conseqüències d'aquesta resposta. El primer cas és el denominat condicionament clàssic i el segon és conegut com a condicionament instrumental o operant.

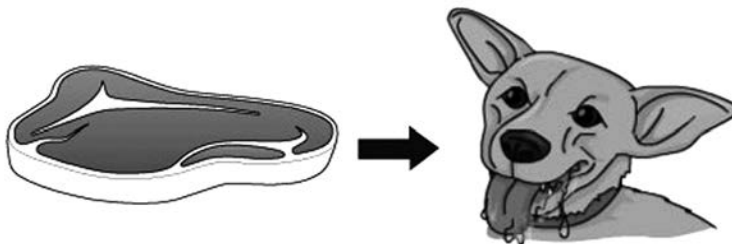
7.3.1. Condicionament clàssic

En el condicionament clàssic, l'associació entre un estímul neutre, és a dir, que no provoca per si mateix cap reacció en l'individu, i un estímul que sí que és capaç de provocar una resposta determinada en el subjecte per ell mateix (estímul incondicionat), fa que el primer provoqui la resposta (resposta condicionada) generada espontàniament pel segon (resposta incondicionada), després de la presentació conjunta repetida de tots dos. El condicionament clàssic ens permet predir la seqüència de fets que és probable que es produeixi en un ambient determinat i aquest coneixement ens permet actuar donant respostes adequades, millorant, així, la nostra adaptació a l'entorn.

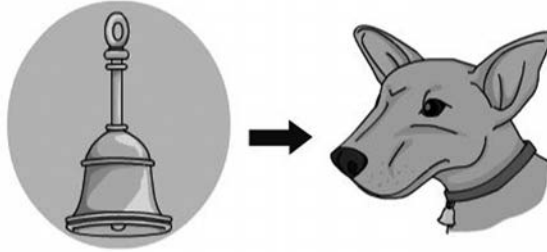
Ivan Pavlov, fisiòleg rus i premi Nobel, és la figura més important en el condicionament clàssic. Pavlov estava duent a terme una investigació sobre la fisiologia del reflex de salivació dels gossos, i va observar que els que havien participat anteriorment en algunes sessions salivaven abans que se'ls servís el menjar. Per conèixer l'explicació a aquest fet va idear els clàssics experiments de condicionament clàssic, en què demostrà que els gossos eren capaços d'associar el so d'un metrònom amb la presentació de menjar, després de la presentació conjunta (sigui simultàniament o seqüencialment) de tots dos moltes vegades, i produïen salivació només de sentir el metrònom, sense necessitat que hi hagués el menjar. En aquest cas el menjar és l'estímul incondicionat (EI), ja que la salivació es produeix davant la seva mera presència, i la salivació és la resposta incondicionada (RI). El so del metrònom és l'estímul condicionat (EC), inicialment neutre, que per associació amb el menjar acaba provocant la mateixa resposta que aquest, és a dir, la salivació, que en aquest cas és la resposta condicionada (RC).

A continuació veurem les tres fases del procés d'adquisició del condicionament:

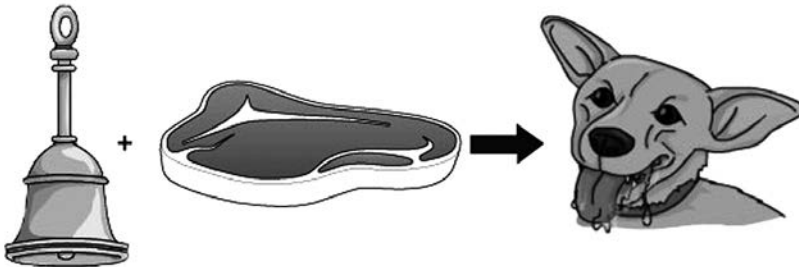
- **Primera fase:** l'EI (menjar) provoca de manera espontània, no apresada, la RI (salivació).



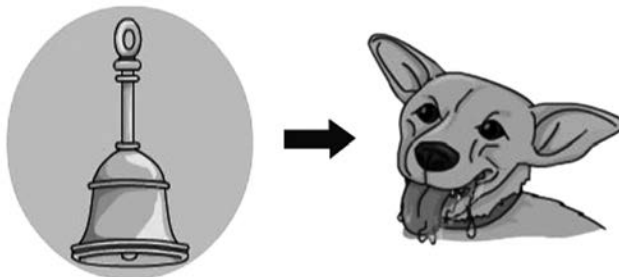
En aquesta primera fase també hi ha l'estímul neutre (EN, el so), que encara no provoca la resposta de salivació en el gos.



- **Segona fase:** en aquesta fase es presentarà de forma repetida l'EN (so) seguit immediatament després de l'EI (menjar), amb la finalitat que el gos aprengui aquesta associació i l'EN generi per si mateix la RI (salivació). En aquesta fase, la RI segueix mostrant-se com a resposta a l'EI, però el gos comença a associar l'EN amb l'EI, cosa que farà que en la fase següent no sigui necessària la presència de l'EI per a generar la resposta.



- **Tercera fase:** en l'última fase del condicionament, el gos ha associat l'EN (que ara es denominarà EC, ja que ja ha estat condicionat) amb el EI, i per tant l'EC provocarà la RI, que passarà a ser RC. D'aquesta manera, davant la presència del so en absència del menjar el gos produirà la resposta de salivació.



L'esquema i representació complets del condicionament clàssic són els següents:

Primera fase:

Estímul incondicionat (EI) → resposta incondicionada (RI)

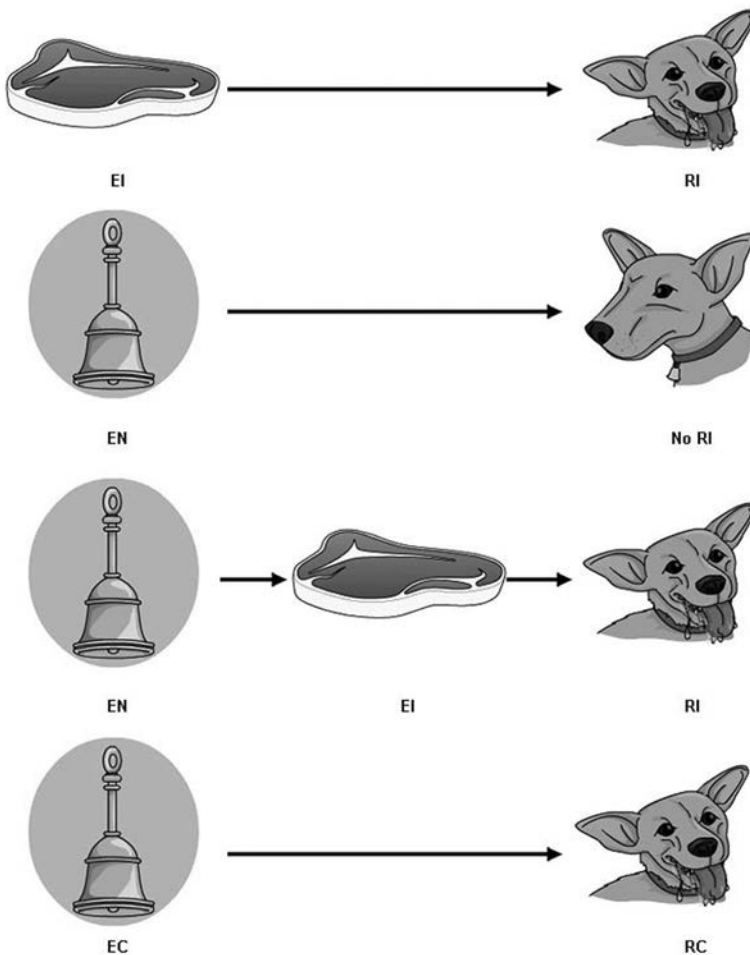
Estímul neutre (EN) → no resposta incondicionada (no RI)

Segona fase:

Estímul neutre (EN) + Estímul incondicionat (EI) → Resposta incondicionada (RI)

Tercera fase:

Estímul condicionat (EC) → Resposta condicionada (RC)



En humans, el condicionament clàssic s'ha estudiat en una gran varietat de situacions de la vida diària, tant en l'entorn personal, com en l'educatiu o laboral. En tots ells s'ha demostrat que és una tècnica de modificació de conducta altament eficaç, i que els nens són molt susceptibles a aquest tipus d'aprenentatge.

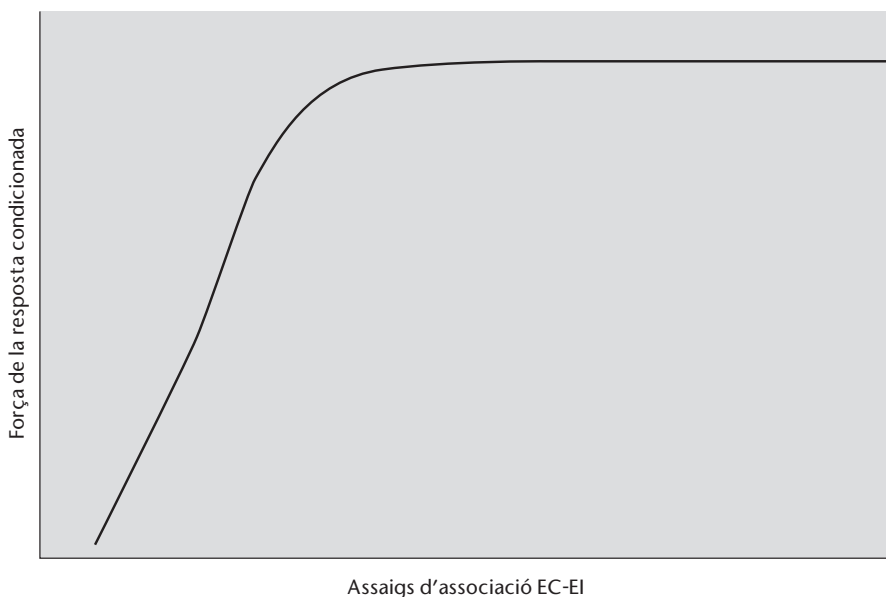
Elements clau en el condicionament clàssic

A l'hora d'estudiar i aplicar el condicionament clàssic a situacions d'aprenentatge cal tenir en compte una sèrie d'elements que determinaran en gran mesura l'eficàcia d'aquest aprenentatge.

Fenòmens bàsics del condicionament clàssic

- **Adquisició:** el condicionament clàssic comença a formar-se amb la fase d'adquisició, en la qual l'EN es converteix en EC. La representació gràfica de l'adquisició és en una corba característica en la qual queda reflectit que els majors increments de la RC es produeixen en els assajos inicials, i disminueixen conforme avança l'aprenentatge fins a aconseguir un nivell asimptòtic (figura 5).

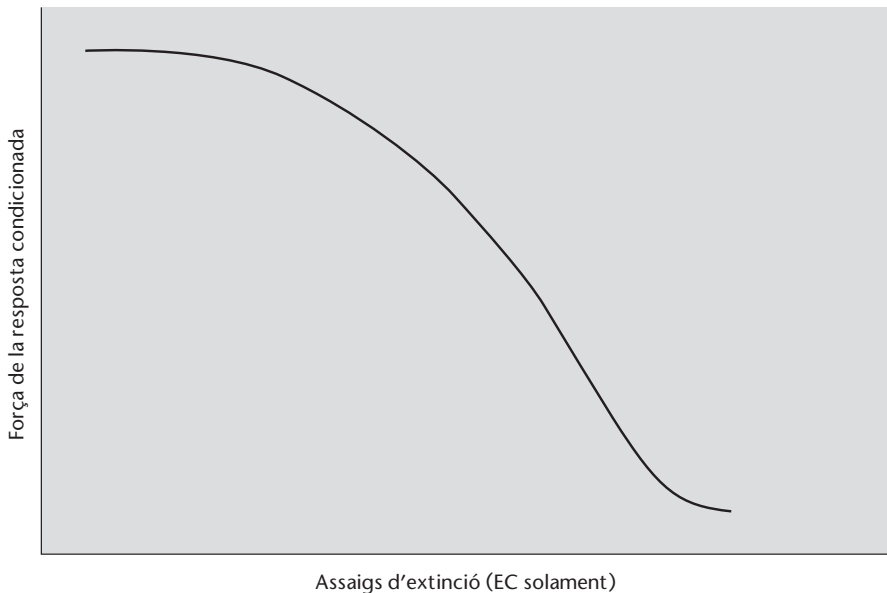
Figura 5. Representació gràfica de la corba d'adquisició.



Aquesta corba d'aprenentatge es troba en la majoria dels aprenentatges; així, per exemple, quan aprenem un idioma nou, els progressos inicials són més ràpids, i cada vegada es fa més difícil continuar progressant.

- **Extinció:** la presentació única de l'EC sense la presència de l'EI fa que l'associació entre tots dos es vagi afeblint, generant el procés d'extinció. Així, la força de la RC serà cada vegada menor, i arribarà fins i tot a desaparèixer. De la mateixa manera que hi ha estímuls que són més fàcilment condicionables, hi ha RC que són altament resistent a l'extinció. Aquest procés és especialment útil en la seva aplicació pràctica, i és emprat molt sovint en la modificació de conducta, ja que permet reduir, de vegades fins a la desaparició total, conductes inadequades o indesitjables.

Figura 6. Representació gràfica de la corba d'extinció.



- **Recuperació espontània:** si després del condicionament d'un EC i la seva posterior extinció hi ha un període de temps en el qual no es reforça aquesta extinció, és probable que davant la nova aparició de l'EC es torni a produir la RC. Aquest procés és conegut com a recuperació espontània.
- **Generalització:** dos estímuls poden ser considerats similars i englobar-los dins d'una mateixa categoria, fins i tot tractant-se de dos estímuls molt diferents.

Així, la generalització és la tendència a respondre de la mateixa manera davant estímuls considerats similars a l'EC. Com és lògic, com més semblats siguin dos estímuls, més fàcil serà generalitzar l'aprenentatge obtingut amb un a l'altre, i més difícil serà que es produeixi discriminació.

- **Discriminació:** contràriament al que succeeix en la generalització, dos estímuls poden ser considerats diferents, tot i haver-hi grans semblances entre ells. La discriminació afavoreix que es respongui d'una manera diferent a estímuls considerats diferents. La discriminació es produirà més fàcilment com més diferents siguin dos estímuls, i la generalització serà més difícil en aquest cas.

Eficàcia dels estímuls

L'eficàcia tant dels EI com dels EC depèn de diferents factors, que veurem a continuació:

- **Novetat:** que un estímul sigui eficaç per a provocar aprenentatge depèn en part que sigui nou o causi sorpresa en el subjecte. Els estímuls familiars, aquells als quals estem acostumats, no solen provocar respostes tan intenses com els nous i l'atenció que se'ls presta és menor. Per tant, l'aprenentatge serà més feble o trigarà més temps a produir-se.
- **Intensitat:** generalment els estímuls intensos es condicionen d'una manera més ràpida que els estímuls febles. Tot i això, una intensitat excessiva pot dificultar l'aprenentatge.
- **Rellevància de l'associació:** l'associació EC - EI ha de ser rellevant o pertinent. Aquesta rellevància està relacionada en gran mesura amb la manera com els estímuls tendeixen a associar-se en l'entorn, raó per la qual hi ha estímuls que s'associen més fàcilment entre si que uns altres.
- **Força biològica:** en general, els EC provoquen inicialment respostes menys intenses que els EI, ja que no són respostes determinades biològicament.

Diferents denominacions dels estímuls

Els estímuls implicats en el procediment d'aprenentatge per condicionament reben diferents noms en funció del tipus de resposta que provoquen o del paper que fan dins del procés:

- **Estímul apetitiu:** és aquell que provoca unes conseqüències agradables per al subjecte.

- Estímul aversiu: és aquell que provoca unes conseqüències desagradables per al subjecte.
- Estímul senyal, desencadenant o elicitant: és aquell que provoca una resposta innata, no apresada en el subjecte.
- Estímul retroalimentador: és aquell que ha estat provocat com a conseqüència d'una resposta donada pel subjecte.
- Estímul discriminatiu: és aquell que assenyalava quan el reforç està o no disponible.

Contigüïtat i contingència

La contigüïtat i la contingència són dos conceptes clau en l'aprenentatge associatiu i que estan relacionats amb la presentació temporal dels estímuls i les respostes que es desitgen condicionar. Sempre que dos estímuls es presenten junts en el temps podem dir que entre ells hi ha contigüïtat. Però que es presentin alhora no és suficient perquè es produeixi condicionament. Caldrà que entre ells hi hagi contingència. El concepte de contingència fa referència al fet que l'EC ha de ser un bon predictor de l'aparició de l'EI (condicionament clàssic excitatori) i de l'absència de l'EI (condicionament inhibitori).

La relació de contingència pot tenir diferents graus; és a dir, no és una relació de tot o res. Per exemple, no sempre que està ennuvolat plou, encara que la presència de núvols sol ser un bon predictor de l'aparició de pluja. Per tant, la capacitat que té un EC per a predir la presència d'un EI dependrà de la quantitat de vegades que l'EC es presenti abans de l'EI i del nombre de vegades que es presenti sense ell (Rescorla, 1967). Així, la contingència entre dos estímuls ve determinada per una equació de probabilitat amb valors entre -1 i 1: és la diferència entre la probabilitat que l'EC es presenti juntament amb l'EI [$p(EI/EC)$] i la probabilitat que l'EI es presenti en absència de l'EC [$p(EI/noEC)$].

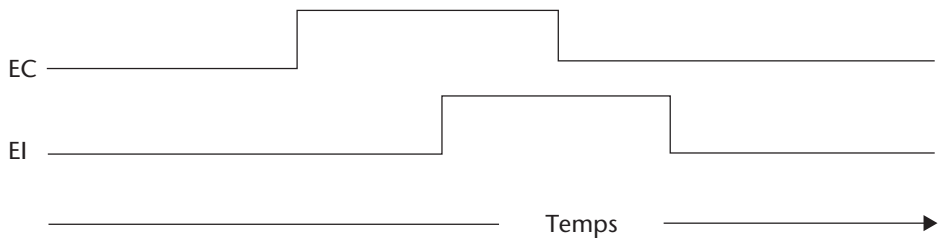
$$\text{Contingència} = p(EI/EC) - p(EI/noEC)$$

Segons el valor de la contingència, el condicionament pot ser:

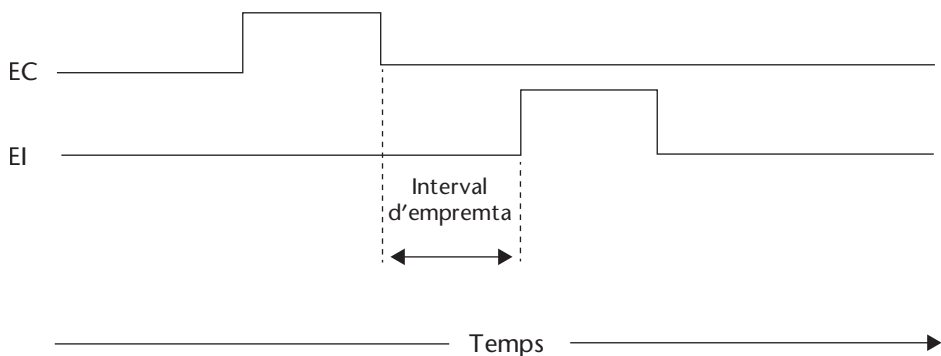
- Condicionament clàssic excitatori: valor positiu, és a dir, $p(EI/EC) > p(EI/noEC)$. En aquest cas la presència de l'EC prediu la presència de l'EI.
- Condicionament clàssic inhibitori: quan el valor és negatiu, és a dir, $p(EI/EC) < p(EI/noEC)$ l'EC prediu l'absència de l'EI.
- Absència de condicionament: amb valor igual a zero no es produeix condicionament, ja que no hi ha cap relació de contingència entre EC i EI.

Fins ara hem estudiat el procediment bàsic del condicionament clàssic, en el qual l'EC es presenta alhora que l'EI o seguit per ell (aquesta última situació produeix un millor aprenentatge). Però hi ha diferents presentacions temporals que també produeixen condicionament, fins i tot quan la separació temporal és d'hores o dies. A continuació veurem, breument, alguns dels procediments de condicionament que difereixen en la presentació temporal dels estímuls:

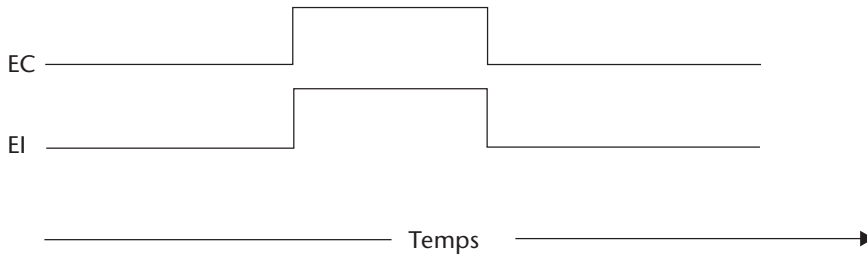
- **Condicionament de demora:** l'EC es presenta una mica abans que l'EI (com en el procediment general) i abans que desaparegui, apareix l'EI. L'esquema seria el següent:



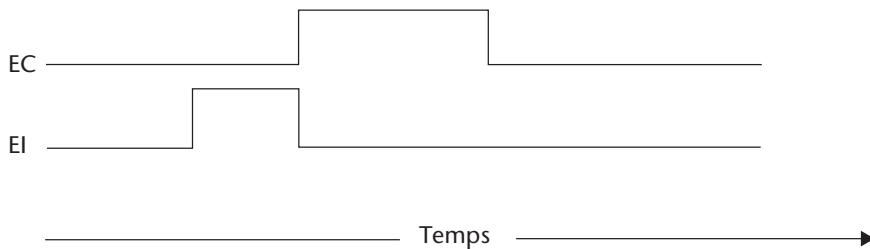
- **Condicionament d'empremta:** l'EC es presenta abans que l'EI, i una vegada que l'EC ha desaparegut apareix l'EI, de manera que tots dos estímuls no coincideixen en el temps. El temps que transcorre entre la desaparició de l'EC i l'aparició de l'EI es denomina interval d'empremta. El condicionament de demora es més efectiu que el d'empremta perquè com més gran és l'interval d'empremta, més baixa és la intensitat del condicionament.



- **Condicionament simultani:** l'aparició de l'EC i l'EI coincideixen totalment en el temps, apareixent i desapareixent tots dos alhora. L'eficàcia d'aquest procediment no és tan alta com en els dos casos anteriors.



- **Condicionament cap enrere:** l'EI es presenta abans que l'EC, de manera que l'EC informa de la desaparició de l'EI. Aquest procediment és molt útil per al condicionament inhibitori, encara que també pot produir condicionament excitatori.



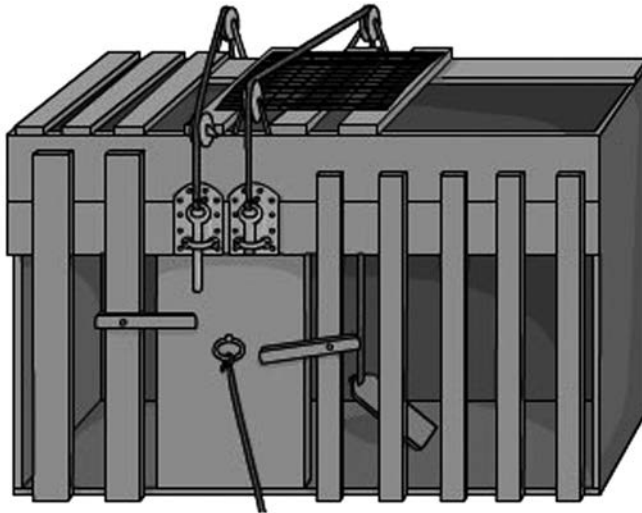
7.3.2. Condicionament instrumental

Fins ara hem vist com el condicionament clàssic ens permet anticipar la presència o absència d'un succés, atès que la presència o absència d'un estímul manté una relació de contingència amb aquest succés. Per contra, en el condicionament instrumental, també denominat condicionament operant, la conducta que realitzem farà que un estímul determinat aparegui o desaparegui. Així, mentre que el condicionament clàssic ens permet predir el nostre entorn, el condicionament instrumental ens permet modificar-lo.

El condicionament instrumental és un tipus d'aprenentatge associatiu en el qual la conseqüència d'una resposta donada pel subjecte determina la probabilitat que aquesta resposta es torni a produir. En aquest cas l'associació es produeix entre una acció i les seves conseqüències, i no entre dos estímuls, com en el cas del condicionament pavlovà.

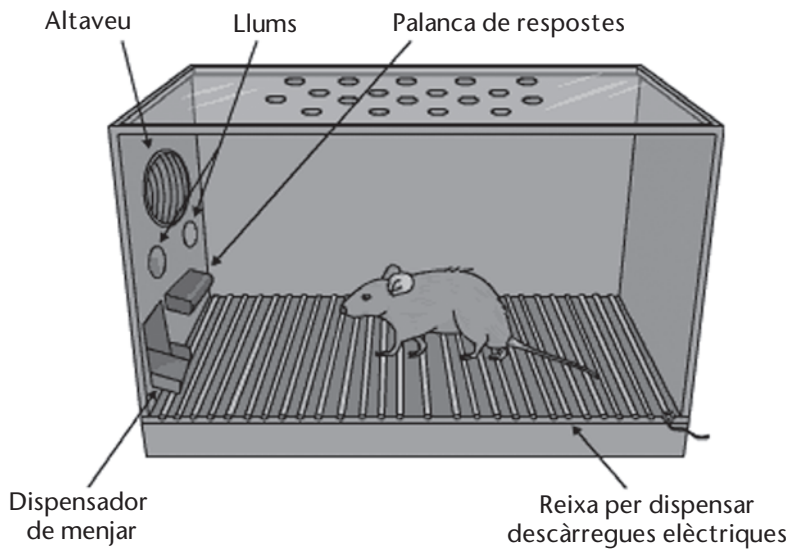
Thorndike va ser el primer investigador que es va centrar en l'estudi del condicionament instrumental, per al qual emprà les denominades «caixes problema» ideades per ell mateix (figura 7). Les bestioles famolenques que hi introduïa en podien sortir i accedir al menjar fent una acció determinada. Al principi no sabien com es podien escapar, però quan s'enfrontaven a la caixa problema repetides vegades, el temps que necessitaven per a sortir-ne era cada vegada menor. Així, la reducció d'aquest temps indicava que les bestioles havien après quines eren les conductes que havien de tenir per a aconseguir el menjar. Perquè la bestiola pogués aprendre quines eren les accions més eficaces, calia que adoptés diferents conductes per a comprovar quina d'elles li permetia resoldre el problema. L'execució de moltes conductes resulta ineficaç, però alguna és encertada, de manera que aquesta és la que es perpetua i no les altres.

Figura 7. Representació gràfica de la caixa problema de Thorndike.



Un altre dels màxims representants del condicionament instrumental és el conductista americà B. F. Skinner, que investigà fonamentalment amb colomes (també amb rates), introduint-les famolenques en l'anomenada caixa de Skinner (figura 8).

La caixa de Skinner disposa d'una palanca que, en ser pressionada, fa que surti menjar a la menjadora situada al costat. La bestiola (inicialment privada de menjar i, per tant, famolenca) apren que, en prémer la palanca té menjar disponible, la qual

Figura 8. Representació gràfica de la caixa de Skinner.

cosa fa que la taxa de pressió de la palanca sigui molt més elevada que si no hi hagués la recompensa del menjar. Així, el menjar actuaria com un reforçador de la conducta de pressionar la palanca. Una vegada la bestiola ha après aquesta associació entre la resposta de pressionar la palanca i l'obtenció d'un reforçador (menjar), és possible modificar la seva conducta. Per exemple, si de forma sostinguda no es torna a presentar el reforçador, la taxa de resposta de pressió de la palanca es veurà reduïda i arribarà fins a la mateixa eliminació o extinció de la conducta. En general, el condicionament instrumental permet augmentar la probabilitat que sorgeixi una determinada resposta quan va seguida d'un reforçador, o disminuir-la si s'elimina el reforçador o si va seguida d'un càstig, tal com veurem en apartats posteriors.

En l'enllaç següent podeu veure un vídeo que il·lustra els experiments duts a terme per Skinner. <http://www.youtube.com/watch?nr=1&v=SUwCgFSb6Nk>

Elements clau en el condicionament instrumental

Igual que en el cas del condicionament clàssic, en el condicionament operant cal tenir en compte diferents conceptes cognitius que actuen sobre l'eficàcia de l'aprenentatge.

Fenòmens bàsics del condicionament instrumental

- **Adquisició:** és el procés mitjançant el qual s'aprèn que una acció determinada (resposta instrumental) produirà unes conseqüències concretes (aparició o desaparició del reforçador).
- **Extinció:** l'absència del reforçador esperat després de l'execució d'una determinada conducta provoca l'extinció de la resposta instrumental. Aquest procés serà més o menys ràpid, entre altres coses, en funció del programa de reforçament emprat (veurem els diferents programes en un apartat posterior). A més de fer disminuir o desaparèixer la conducta apresada, l'extinció pot tenir altres efectes, com ara l'augment de la variabilitat de la conducta (és a dir, adoptar diferents variacions de la conducta que prèviament havíem après que era efectiva per a la consecució del reforçador) o l'aparició de frustració i fins i tot de conductes agressives.
- **Generalització i discriminació:** de la mateixa manera que el condicionament clàssic, en el condicionament operant es pot produir generalització i discriminació, considerant dos estímuls o situacions diferents com si fossin iguals, i, per tant, emetent la mateixa resposta (generalització), o responnent de forma diferent a dos estímuls (discriminació).

Contigüïtat i contingència

Els principis de contigüïtat i contingència en el condicionament operant són determinants a l'hora d'explicar per què dos successos queden associats. Igual que en el condicionament clàssic, la contigüïtat temporal entre l'execució d'una conducta i la presència d'un reforçador no és una condició suficient, ni necessària, perquè es produeixi aprenentatge, sinó que és necessària una relació causal entre tots dos. Per tant, el que és realment important en l'adquisició del condicionament instrumental és la relació de contingència. Aquest fet queda patent en les situacions en què hi ha un temps de demora entre la conducta i la recompensa; encara que després de realitzar una acció determinada (menjar-nos el menjar que els nostres pares ens han preparat) no se'ns proporcioni la recompensa de manera immediata (anar a jugar al parc), sinó amb una demora (no anirem al parc fins a les sis de la tarda) som capaços d'aprendre la relació entre la nostra conducta i el reforçador. És habitual que els temps de demora llargs facin que el condicionament sigui més difícil d'aconseguir, per la qual cosa en els primers assajos és recomanable que el temps de demora sigui tan breu com sigui possible.

Procediments de condicionament instrumental

Tal com hem vist, el procediment bàsic del condicionament instrumental és l'aparició d'un reforçador (o estímul apetitiu o agradable) després de l'execució d'una resposta determinada donada pel subjecte. Però aquest procediment no és l'únic que produeix condicionament operant, tal com veurem a continuació.

- **Reforçament positiu:** es produeix quan la contingència entre una resposta i un estímul apetitiu té un caràcter positiu; és a dir, quan la resposta fa que l'estímul apetitiu aparegui i l'absència de resposta provoca que no aparegui. Aquest tipus de reforçament fa que la probabilitat de l'aparició de la conducta augmenti.

Resposta → Estímul apetitiu
No resposta → No estímul apetitiu

- **Càstig positiu (o simplement càstig):** el càstig fa que la probabilitat de la conducta disminueixi, i fins i tot desaparegui, ja que l'execució de la conducta fa que sorgeixi un estímul aversiu. La relació de contingència en aquest cas també és positiva, ja que davant la conducta es presenta l'estímul aversiu i davant la seva absència l'estímul indesitjat no apareix.

Resposta → Estímul aversiu
No resposta → No estímul aversiu

- **Reforçament negatiu:** la relació de contingència conducta-estímul és negativa, ja que l'aparició d'una resposta determinada fa que un estímul aversiu desaparegui. Dins del reforçament negatiu podem diferenciar entre procediment d'escapada i procediment d'evitació. En el primer, l'execució d'una resposta fa que l'estímul aversiu desaparegui (l'estímul hi és i la resposta fa que deixi de ser-hi), mentre que en el segon, la resposta evita l'aparició de l'estímul aversiu (l'estímul aversiu no arriba mai a ser-hi).

Escapada
Resposta → Desaparició d'estímul aversiu
No resposta → Manteniment d'estímul aversiu
Evitació
Resposta → No aparició d'estímul aversiu
No resposta → Aparició d'estímul aversiu

- **Càstig negatiu (o entrenament d'omissió):** en aquest cas hi ha una relació de contingència negativa entre una conducta i un estímul apetitiu, de manera que si es produeix la conducta, es retira un estímul agradable. Com en el cas del càstig positiu, l'entrenament d'omissió fa que la probabilitat de la resposta disminueixi.

Resposta → Retirada d'estímul apetitiu
No resposta → Manteniment d'estímul apetitiu

Tant en el càstig positiu com en el negatiu hi ha factors que n'augmenten l'eficàcia, com la intensitat alta de l'estímul, la contigüitat temporal resposta-estímul, l'existència d'alternatives o un programa de càstig continu. També han de tenir-se en compte els possibles efectes secundaris que poden sorgir amb l'aplicació de càstig, entre els quals es troben l'aparició de determinades reaccions emocionals i conductuals negatives, com la por, l'enuig o conductes agressives, i la supressió d'altres conductes diferents de les que es castiga. En general, es considera que el càstig no és una bona opció per a eliminar una conducta indesitjable, especialment si hi ha tècniques basades en l'estimulació apetitiva que permeten obtenir els mateixos resultats.

És important veure clar el concepte dels termes positiu i negatiu, ja que no fan referència a valoracions, sinó al tipus de contingència que hi ha entre una resposta donada i l'estímul associat a ella. A més, és fonamental saber que tot reforçament farà que la probabilitat de la conducta augmenti, mentre que el càstig produirà una disminució de la resposta.

En la taula següent es poden veure resumits els quatre procediments del condicionament instrumental:

Taula 5. Procediments del condicionament instrumental.

		Conseqüència	
		Apetitiva	Aversiva
Correlació resposta-conseqüència	Positiva	Reforçament positiu	Càstig positiu
	Negativa	Càstig negatiu o entrenament d'omissió.	Reforçament negatiu: evitació / escapada

Programes de reforçament

Hi ha diferents programes de reforçament que difereixen en els criteris que determinen quan una conducta anirà seguida d'un reforçador o no. Aquests criteris

s'estableixen, bàsicament, en funció del nombre de respostes necessàries perquè aparegui el reforçador o de quant de temps ha de transcórrer des de l'últim reforçador perquè el següent estigui disponible.

- **Programes de reforçament continu:** en aquest tipus de programes sempre que es dona la resposta operant apareix el reforçador.
- **Programes de reforçament intermitent:** quan l'execució de la resposta no sempre va seguida del reforçador parlem de programes de reforçament parcial o intermitent, de manera que no cal que el reforçador aparegui sempre que realitzem una acció determinada perquè aquesta acció es mantingui.
- **Programes de raó:** el criteri que defineix els programes de raó és el nombre de vegades que s'ha d'emetre la resposta abans que es proporcioni el reforçador. Si aquest nombre és constant parlem de programes de raó fixa, mentre que si aquest nombre va variant al llarg de l'aprenentatge parlem de programes de raó variable. Combinant els dos programes anteriors i els programes de raó fixa podem tenir dos tipus de programes: a) Programes continus de raó fixa, quan el reforçador hi és sempre que sorgeix la resposta (raó=1); b) Programes intermitents de raó fixa, en els quals només cal realitzar una vegada la conducta perquè aparegui el reforçador, però no apareix sempre (raó=1).
- **Programes d'interval:** en aquests programes el requisit per a obtenir el reforçador no és el nombre de respostes donades, sinó el temps transcorregut entre l'obtenció d'un reforçador i el següent, de manera que és necessari executar la resposta instrumental i que hagi transcorregut un període de temps concret. Els programes d'interval també poden ser fixos (quan el període temporal entre la disponibilitat d'un reforçador i el següent és constant) o variables (quan el període temporal varia). Aquest últim provoca que la resposta es produeixi amb més freqüència.

Els programes de raó generen un patró de taxa de resposta diferent del generat pels programes d'interval, i és molt més alta la taxa en el cas dels primers, perquè l'obtenció del reforçador depèn únicament de l'actuació, i no de variables incontrolables com el pas del temps. Així, com més s'executi la conducta, més reforçadors s'aconseguiran, mentre que en els programes d'interval no es reben més reforçadors per a adoptar més vegades la conducta, sinó per a adoptar-la en el moment adequat. Després de l'obtenció del reforçador, en tots dos programes s'observa una pausa en la taxa de resposta.

7.4. Aprenentatge i memòria procedimental

L'aprenentatge i la memòria procedimental fan referència a l'adquisició de destreses, repertoris conductuals o procediments amb un alt component motor. És la memòria de com es fan les coses i gràcies a ella som capaços d'aprendre com es munta una bicicleta, com es condueix un cotxe, com es fa un llit o com es prepara un te. Els procediments o repertoris conductuals són adquirits fonamentalment a través de l'execució repetida, acompanyada d'una adequada retroalimentació, per la qual cosa el seu aprenentatge sol ser lent i gradual. Si la pràctica va acompanyada d'instruccions adequades, o de l'observació i imitació d'un model, l'adquisició de destreses es potencia en gran mesura. Hi ha diferents variables que influeixen en l'aprenentatge procedimental, com són la quantitat de temps emprat a practicar els repertoris, el tipus d'entrenament realitzat, les instruccions rebudes o la presència de models, entre altres, les quals modulen la velocitat i la precisió de l'aprenentatge.

Entre les tasques clàssiques que han estat dissenyades per a valoració de les habilitats procedimentals hi ha les següents:

- **Tasques de dibuix en mirall:** En aquesta tasca es valora la capacitat per a aprendre una habilitat motora específica, la qual requereix una gran coordinació oculomanual. L'objectiu és que el participant sigui capaç de repassar el contorn d'un estel, però les referències visuals de què disposa són el reflex d'aques-

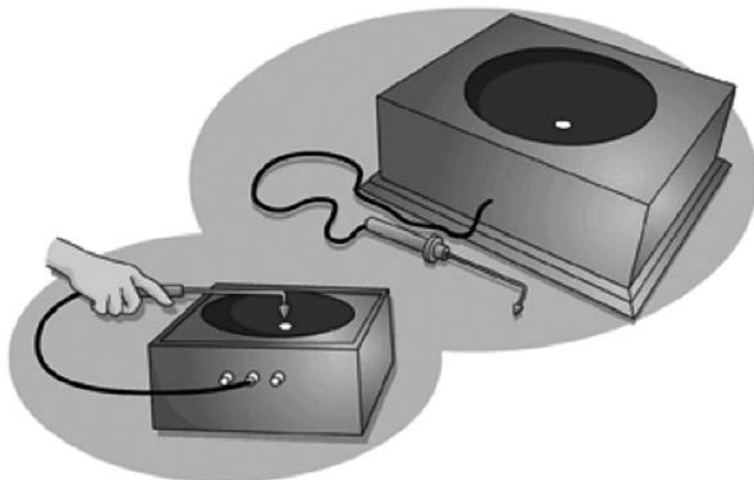
Figura 9. Exemple de tasca de dibuix en mirall.



ta imatge en un mirall. Al principi es cometen molts errors, però progressivament aprenem el control visual dels moviments manuals a través del mirall. Mitjançant la repetició, el nombre d'errors en una execució normal es va reduint progressivament. S'ha comprovat que participants amb Alzheimer no són capaços de recordar la tasca ni tan sols les instruccions per a fer-la, però la millora en les habilitats d'execució es mantenen a llarg termini.

- **Tasques d'escriptura en mirall:** Similar a la tasca anterior, però l'objectiu de l'activitat consisteix en l'escriptura de paraules, i l'únic *feedback* rebut sobre l'execució és el reflex de les lletres que es van escrivint en un mirall, les quals es mostren girades. Igual que en la tasca anterior, les habilitats d'execució van millorant progressivament.
- **Tasca de persecució rotatòria:** En aquest cas, la tasca es compon d'un plat giradiscos, amb un punt de metall, i una vareta metàl·lica. L'objectiu consisteix a intentar situar la vareta de metall en el punt durant tanta estona com sigui possible, tenint en compte que la peça giratòria fa un moviment circular que cal seguir.

Figura 10. Figura il·lustrativa de la tasca de persecució rotatòria.



8. Memòria de treball

La memòria de treball constitueix una forma particular de memòria explícita, i per tant conscient, però que no s'engloba dins la memòria a llarg termini. La me-

mòria de treball, també denominada memòria operativa, es defineix com el manteniment temporal i la manipulació d'informació recentment percebuda o recuperada de la memòria a llarg termini quan ja no està disponible per als sentits, però que és necessària per a dirigir la nostra conducta encaminada a la consecució d'un objectiu. Aquest manteniment i manipulació és fonamental per a dur a terme processos cognitius complexos, com són la resolució de problemes, la planificació de tasques, el raonament o la presa de decisions. Per tant, la memòria de treball constitueix un sistema de control cognitiu i de processament executiu que té com a fi guiar adequadament el nostre comportament. A més, la memòria de treball està estretament relacionada amb altres processos cognitius i forma part de les denominades funcions executives.

Al llarg dels anys s'han anat desenvolupant diferents models teòrics sobre la memòria de treball. Un dels que han tingut més rellevància en la neurociència cognitiva és el model proposat per Alan Baddeley i Graham Hitch en 1974 (descriu en un apartat anterior), autors que van proposar l'existència d'aquest tipus de memòria, ja que la concepció de memòria a curt termini que es tenia no era capaç d'explicar la conducta dels humans en moltes tasques mnèsiques. Malgrat les diferents teories sobre aquest tipus de memòria, els diferents autors estan d'acord en moltes de les propietats de la memòria de treball. Una de les qüestions compartides més rellevants és el fet de considerar que la funció principal de la memòria de treball és el manteniment i manipulació de la informació en estat actiu durant un determinat període de temps. A més, hi ha acord a considerar que la seva capacitat és limitada, tant en temps (passats uns segons la informació ha de ser actualitzada i no pot mantenir-se durant més d'uns minuts) com en amplitud d'emmagatzematge (entorn de set unitats d'informació).

La memòria de treball ha estat àmpliament estudiada en el seu vessant verbal a causa de la importància que posseeix per a la comprensió i producció del llenguatge, capacitat tan rellevant per a l'ésser humà, encara que el material estimular amb el qual opera la memòria de treball pot pertànyer a qualsevol modalitat (visual, auditiva, etc.).

EXERCICI

Per exemplificar com funciona la memòria de treball amb material verbal exposem la següent tasca.

Instruccions: *A continuació diré una paraula, la tasca consisteix a lletrejar inversament les lletres de la paraula:*

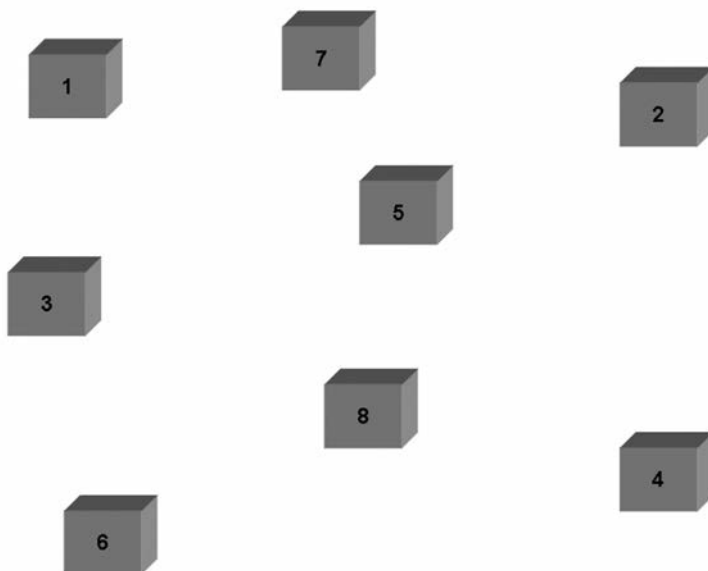
CASA: A-S-A-C
MENJAR: R-A-J-N-E-M
PASTÍS: S-Í-T-S-A-P
COL·LEGI: I-G-E-L-L-O-C

Noteu que per a fer correctament aquesta tasca, no n'hi ha prou amb retenir la paraula que s'ha de lletrejar (memòria a curt termini), sinó que també cal manipular la informació mentalment amb la finalitat de lletrejar la paraula en ordre invers.

EXERCICI

Per a analitzar la manera com podem valorar la memòria operativa visual, un exemple clàssic és la reproducció de seqüències de moviments inversos als realitzats per un avaluador.

Instruccions: *A continuació tocaré alguns dels quadrats següents. La tasca és que hauràs de repetir els moviments en ordre invers als que jo hagi fet. La numeració de les galledes es mostra amb finalitats didàctiques i per a exemplificar l'exercici, per a valorar aquest sistema de memòria no s'han de veure aquests números, ja que la informació podria ser codificada a partir de la informació verbal administrada, és a dir, els números.*



Exemple de seqüències de moviments:

Seqüència 1: 7-2

Seqüència 2: 2-5-1

Seqüència 3: 7-4-5-3

Seqüència 4: 5-7-2-6-4

Seqüència 5: 3-5-8-1-4-8

Seqüència 6: 3-5-3-2-5-1-7

Seqüència 7: 4-6-1-7-8-2-4-1

Seqüència 8: 5-2-7-8-4-6-1-4-3

9. Bibliografia

Bibliografia recomanada

BADDELEY, A. (1998). *Memoria humana. Teoría y práctica*. Madrid: McGraw-Hill.

ORMROD, J. I. (2005). *Aprendizaje humano* (4ª edició). Madrid: Pearson.

POU, J. I. (2008). *Aprendices y maestros: la psicología cognitiva del aprendizaje*. Madrid: Alianza.

Referències bibliogràfiques

ATKINSON, R. C., i SHIFFRIN, R. M. (1968). *Human memory. A proposed system and its control processes*. Dins K. W. SPENCE i J. T. SPENCE (eds.), *The psychology of learning and motivation, vol. 2* (pàgs. 89-195). New York: Academic Press.

BADDELEY, A. D., i HITCH, G. (1974). *Working memory*. Dins G. A. BOWER (De.), *Advances on Learning and Motivation, vol. 8* (pàgs. 47-90). New York: Academic Press.

CRAIK, F. I. M. i LOCKHART, R. S. (1972). Levels of processing: a framework for memory research. *Journal of Verbal Learning and Verbal behavior*, 11, 671-684.

GONZÁLEZ RODRÍGUEZ, B. i MUÑOZ MARRÓN, I. (2008). *Estimulación de la memoria en personas mayores*. Madrid: Editorial Síntesis.

MUÑOZ MARRÓN, I. i GONZÁLEZ RODRÍGUEZ, B. (2008). *Estimulación cognitiva y rehabilitación neuropsicológica de la memoria*. Dins MUÑOZ MARRÓN, I. (ed.) (2009). *Estimulación cognitiva y rehabilitación neuropsicológica*. Barcelona: Editorial UOC.

PAVLOV, I. P. (1927). *Conditioned reflexes* (translated by G.V. Anrep). Londres: Oxford University Press.

RESCORLA, R. A. (1967). Pavlovian conditioning and its proper control procedures. *Psychological Review*, 74, 71-80.

SKINNER, B. F. (1938). *The behavior of organisms: an experimental analysis*. Oxford, England: Appleton-Century.

THORNDIKE, I. L. (1911). *Animal Intelligence. Experimental Studies*. Oxford, England: Macmillan.

Glossari

Aprenentatge no associatiu: aprenentatge que es produeix per la simple exposició a estímuls, sense que operi cap procés associatiu entre els mateixos estímuls o entre les accions i les seves conseqüències.

Càstig negatiu (o entrenament d'omissió): situació en la qual hi ha una relació de contingència negativa entre una conducta i un estímulo apetitiu, de manera que si es produeix la conducta, es retira un estímulo agradable.

Càstig positiu (o simplement càstig): el càstig fa que la probabilitat de la conducta disminueixi, i fins i tot desaparegui, ja que l'execució de la conducta comporta que sorgeixi un estímulo aversiu. La relació de contingència en aquest cas també és positiva, ja que davant la conducta sorgeix l'estímulo aversiu i en la seva absència l'estímulo indesitjat no.

Condicionament clàssic: aprenentatge associatiu mitjançant el qual l'associació entre un estímulo neutre i un estímulo incondicionat fa que el primer provoqui la resposta generada espontàniament pel segon, després de la presentació conjunta repetida de tots dos.

Condicionament instrumental: aprenentatge associatiu en el qual la conseqüència d'una resposta donada pel subjecte determina la probabilitat que aquesta resposta torni a produir-se.

Discriminació: tendència a respondre de manera diferent a estímuls considerats diferents.

Efecte de posició serial: fenomen pel qual recordem amb més facilitat els primers i els últims elements d'un contingut determinat, que els que es presenten en posicions intermèdies.

Estímulo apetitiu: aquell que provoca unes conseqüències agradables per al subjecte.

Estímulo aversiu: aquell que provoca unes conseqüències desagradables per al subjecte.

Estímulo condicionat (EC): estímulo que no provoca per si mateix cap reacció en l'individu, però que és capaç de provocar una resposta per la seva associació amb un estímulo incondicionat.

Estímulo discriminatiu: aquell que assenyalava quan el reforç està disponible o no.

Estímulo incondicionat (EI): estímulo capaç de provocar una resposta determinada en el subjecte per si mateix.

Estímulo neutre: estímulo que no provoca per si mateix cap reacció en l'individu.

Estímulo retroalimentador: aquell que ha estat provocat com a conseqüència d'una resposta donada pel subjecte.

- Estímul senyal, desencadenant o elicitant:** aquell que provoca una resposta innata, no apresada en el subjecte.
- Extinció:** reducció o eliminació de la resposta condicionada després de la presentació aïllada de l'EC sense l'EI.
- Generalització:** tendència a respondre de la mateixa manera davant estímuls considerats similars.
- Habitució:** aprenentatge no associatiu consistent en la reducció de la magnitud de la resposta conductual davant un estímul, o conjunt d'estímuls, generalment innocuus, que es repeteixen sovint en un breu període de temps.
- Interferència proactiva:** dificultat en l'adquisició d'un nou aprenentatge a causa de la presència d'un aprenentatge anterior.
- Interferència retroactiva:** oblit o dificultat d'accés a una informació prèviament adquirida degut a un nou aprenentatge.
- Memòria a curt termini (MCP):** sistema de memòria transitori amb una capacitat limitada i una permanència de la informació breu. En la MCP, la informació és analitzada, interpretada i organitzada per al seu posterior emmagatzematge en la memòria a llarg termini.
- Memòria a llarg termini (MLP):** dipòsit permanent d'informació, de capacitat il·limitada i llarga durada. La MLP es divideix en dos grans subsistemes: memòria declarativa i memòria procedimental o no declarativa.
- Memòria declarativa:** magatzem de coneixement general i personal, format per continguts adquirits de manera conscient que poden ser representats amb paraules i que són fàcilment expressats i avaluats en humans mitjançant el llenguatge. La memòria declarativa es divideix en memòria semàntica i memòria episòdica.
- Memòria episòdica:** continguts subjectes a paràmetres espaciotemporals, com ara esdeveniments, successos o episodis.
- Memòria explícita:** emmagatzematge i/o recuperació conscient de la informació. La característica fonamental de la memòria explícita és el seu caràcter voluntari i conscient.
- Memòria implícita:** emmagatzematge i/o recuperació no intencional o inconscient de la informació. És un tipus de memòria independent de la voluntat i de la consciència del subjecte en totes les seves fases.
- Memòria operativa:** magatzem dinàmic d'informació capaç de retenir i operar activament amb informació rellevant per a la resolució d'una tasca o problema.
- Memòria procedimental:** recull i emmagatzema informació relacionada amb procediments i habilitats motores i repertoris conductuals.

Memòria prospectiva: fa referència a la memòria de les activitats o plans d'acció que han de ser dutes a terme en un futur proper o llunyà.

Memòria retrospectiva: record d'accions o fets que han succeït en el passat.

Memòria semàntica: inclou contingut de caràcter general deslligat del context, així com les relacions entre els diferents continguts.

Memòria sensorial (MS): registre mnèsic de gran capacitat, d'escassa durada (entorn dels 250 mil·lisegons), de caràcter automàtic i espontani, és a dir, sense mediació de la consciència. La informació retinguda en la MS es pot perdre o pot ser transferida a la memòria a curt termini.

Priming: aprenentatge implícit que facilita el processament d'un material específic al qual hem estat exposats anteriorment. Millora el rendiment en una tasca, sigui en precisió, en velocitat o en tots dos, quan s'ha tingut una experiència prèvia amb estímuls relacionats d'alguna manera amb els presentats en la tasca que s'ha d'exercir.

Recuperació espontània: reaparició de la RC (prèviament extingida) davant la nova aparició de l'EC.

Reforçament negatiu: la relació de contingència conducta-estímul és negativa, ja que l'aparició d'una resposta determinada fa que un estímul aversiu desaparegui.

Reforçament positiu: es produeix quan la contingència entre una resposta i un estímul apetitiu té un caràcter positiu; és a dir, quan la resposta fa que l'estímul apetitiu aparegui i l'absència de resposta provoca que no aparegui. Aquest tipus de reforçament fa que la probabilitat de l'aparició de la conducta augmenti.

Resposta condicionada (RC): resposta generada davant un EC, a causa de la seva associació amb un EI.

Resposta incondicionada (RC): resposta generada espontàniament per un estímul incondicionat.

Sensibilització: aprenentatge no associatiu que provoca que la resposta a un estímul, normalment intens, nociu o que provoca por, sigui més intensa del normal, per haver-se presentat anteriorment un estímul que ha causat un sobresalt inicial.

Autoavaluació

1. L'efecte de primàcia fa referència al fet que recordem amb més facilitat els primers elements d'un contingut determinat que aquells que ocupen posicions finals i intermèdies. V F
2. Explica breument en què consisteixen i quins són les principals diferències de la memòria semàntica i la memòria episòdica.
3. Segons el model de memòria operativa de Baddeley i Hitch (1974), el component del bucle fonològic de la memòria operativa és el centre de control de tot el sistema de memòria operativa. Planifica, organitza i controla el funcionament i les activitats que realitzen els altres dos subsistemes. V F
4. En la memòria implícita, l'emmagatzematge i/o recuperació de la informació es realitza de manera no intencional o inconscient. V F
5. Explica breument en què consisteixen l'habitució i la sensibilització.
6. El *priming* és un tipus d'aprenentatge implícit que facilita el processament d'un material específic al qual no hem estat mai exposats. V F
7. Exposar l'esquema general del condicionament clàssic amb totes les seves fases i els elements que hi intervenen.
8. Explica breument i dibuixa el gràfic al qual dona lloc el procés d'extinció en l'aprenentatge associatiu.
9. L'eficàcia en el condicionament tant dels EI com dels EC depèn de diferents factors. Cita'n i explica'n breument almenys tres.
10. Defineix breument els termes següents:
 - Estímul apetitiu.
 - Estímul aversiu.
 - Estímul senyal, desencadenant o elicitant.
 - Estímul retroalimentador.
 - Estímul discriminatiu.

- | | |
|---|-----|
| 11. La contigüïtat temporal de dos estímuls és una condició necessària i suficient perquè es produeixi condicionament. | V F |
| 12. Explica breument i representa gràficament el condicionament clàssic d'empremta. | |
| 13. En el condicionament instrumental la conducta que adoptem farà que un estímulo determinat aparegui o desaparegui, per la qual cosa ens permet modificar el nostre entorn. | V F |
| 14. Quin és la diferència entre els programes de reforçament continu i els programes de reforçament intermitent? | |
| 15. En els programes de reforçament de raó és imprescindible que passi un temps determinat perquè el subjecte obtingui la recompensa. | V F |

Respostes d'autoavaluació

1. V

2.

Memòria semàntica	Memòria episòdica
Continguts conceptuals i la seva relació Coneixements generals amb validesa independent del succés en què s'utilitzin	Continguts d'esdeveniments, successos o episodis
Organització de continguts segons criteris conceptuals	Organització de continguts segons criteris espaciotemporals
Pot manejar informació que no s'ha après explícitament, però que es troba implícita en els seus continguts	Esdeveniments codificats explícitament
Baixa vulnerabilitat a l'oblit	Alta vulnerabilitat a l'oblit

3. F

4. V

5. L'habituaçió i la sensibilització constitueixen els tipus d'aprenentatge més bàsics, però resulten de vital importància, ja que ens permeten percebre i adap-

tar-nos al mitjà d'una manera molt eficaç i molt ràpida. L'habitució i la sensibilització modifiquen la intensitat de la resposta davant determinats estímuls, encara que en sentit oposat. L'habitució consisteix en la reducció de la magnitud de la resposta conductual davant un estímulo, o conjunt d'estímuls, generalment innocu, que es repeteixen sovint en un breu període de temps.

Per contra, la *sensibilització* és el procés que provoca que la resposta a un estímulo, normalment intens, nociu o que provoca por, sigui més intensa del normal, per haver-se presentat anteriorment un estímulo que ha causat un sobresalt inicial.

Encara que en tots dos casos es tracta d'aprenentatges no associatius, hi ha grans diferències entre els dos processos. L'habitució és específica tant dels estímuls que l'han originat com de la resposta comportamental que s'ha vist reduïda. Per contra, la sensibilització té un caràcter inespecífic, és general a una gran varietat d'estímuls i respostes. A més, l'habitució es produeix després de l'exposició repetida a l'estímulo, mentre que la sensibilització ocorre després de l'aparició única d'un estímulo amb un gran impacte emocional. Finalment, tots dos processos difereixen en la durada, ja que l'habitució pot perllongar-se en el temps i la sensibilització, normalment, es limita a un curt període de temps.

6. F

7. Primera fase:

Estímulo incondicionat (EI) → resposta incondicionada (RI)

Estímulo neutre (EN) → no resposta incondicionada (noRI)

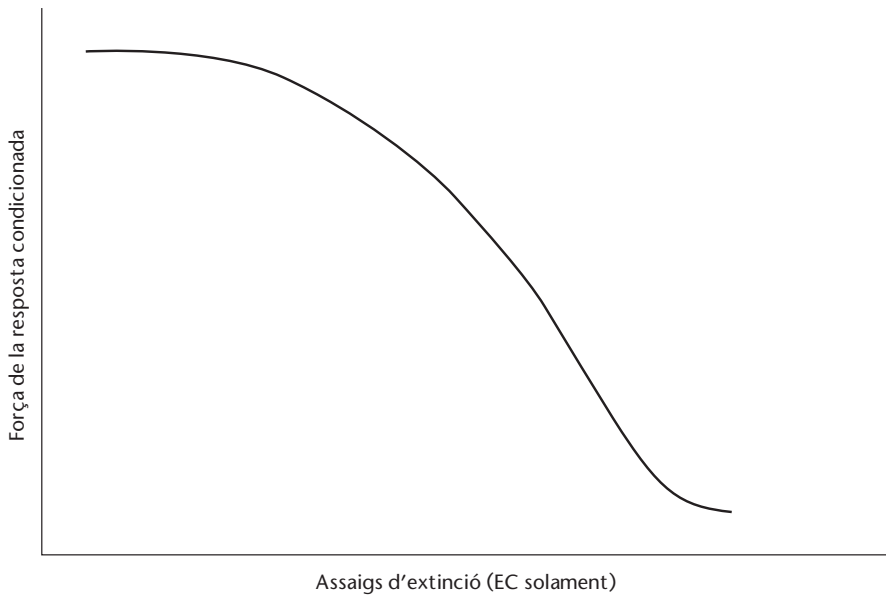
Segona fase:

Estímulo neutre (EN) + Estímulo incondicionat (EI) → Resposta incondicionada (RI)

Tercera fase:

Estímulo condicionat (EC) → Resposta condicionada (RC)

8. La presentació única de l'EC sense la presència de l'EI fa que l'associació entre tots dos es vagi afeblint i es generi el procés d'extinció. Així, la força de la RC serà cada vegada menor i arribarà fins i tot a desaparèixer. Aquest procés és especialment útil en la seva aplicació pràctica, i és emprat molt sovint en la modificació de conducta, ja que permet reduir, de vegades fins a la desaparició total, conductes inadequades o indesitjables.



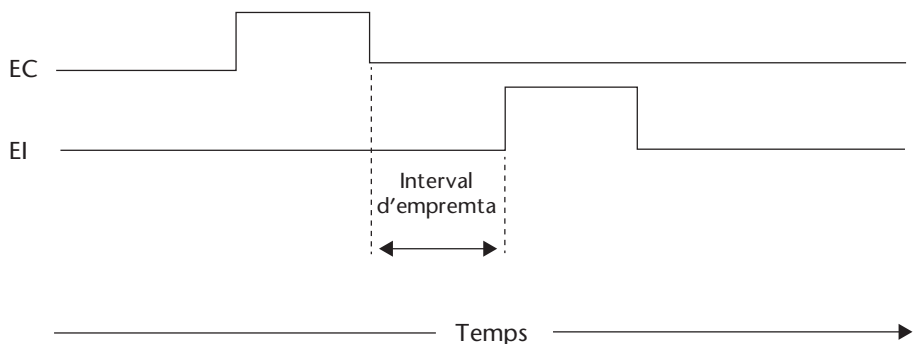
9. Novetat: que un estímul sigui eficaç per a provocar aprenentatge depèn en part que sigui nou o causi sorpresa en el subjecte. Els estímuls familiars, aquells als quals estem acostumats, no solen provocar respostes tan intenses com els nous i l'atenció que se'ls presta és menor. Per tant, l'aprenentatge serà més feble o trigarà més temps a produir-se.
- Intensitat: generalment els estímuls intensos es condicionen d'una manera més ràpida que els estímuls febles. Tot i això, una intensitat excessiva pot dificultar l'aprenentatge.
 - Rellevància de l'associació: l'associació EC - EI ha de ser rellevant o pertinent. Aquesta rellevància està relacionada en gran mesura amb la manera com els estímuls tendeixen a associar-se en l'entorn, per la qual cosa hi ha estímuls que s'associen més fàcilment entre ells que uns altres.
 - Força biològica: en general, els EC provoquen inicialment respostes menys intenses que els EI, ja que no són respostes determinades biològicament.
10. Estímul apetitiu: és aquell que provoca unes conseqüències agradables per al subjecte.
- Estímul aversiú: és aquell que provoca unes conseqüències desagradables per al subjecte.
 - Estímul senyal, desencadenant o elicitant: és aquell que provoca una resposta innata, no apresada en el subjecte.

- Estímul retroalimentador: és aquell que ha estat provocat com a conseqüència d'una resposta realitzada pel subjecte.
- Estímul discriminatiu: és aquell que assenjala quan el reforç està disponible o no.

11. F

12. En el condicionament d'empremta l'EC es presenta abans que l'EI, i una vegada que l'EC ha desaparegut, sorgeix l'EI, de manera que tots dos estímuls no coincideixen en el temps. El temps que transcorre entre la desaparició de l'EC i l'aparició de l'EI es denomina interval d'empremta. El condicionament de demora i el d'empremta són els més eficaços, i el primer és una mica més efectiu, ja que com més gran sigui l'interval d'empremta, més baixa serà la intensitat del condicionament.

13. V



14. En els programes de reforçament continu sempre que es dóna la resposta operant sorgeix el reforçador, mentre que en els programes de reforçament intermitent la resposta no sempre va seguida del reforçador, de manera que no és imprescindible la presència del reforçador sempre que realitzem una acció determinada perquè aquesta acció es mantingui.

15. F

Capítol II

Bases neuroanatòmiques de l'aprenentatge i la memòria

Elena Muñoz Marrón, Daniel Adrover Roig, Ignacio Sánchez-Cubillo, Rubén Miranda i José Antonio Periañez Morales

Objectius

Els objectius d'aquest capítol són els següents:

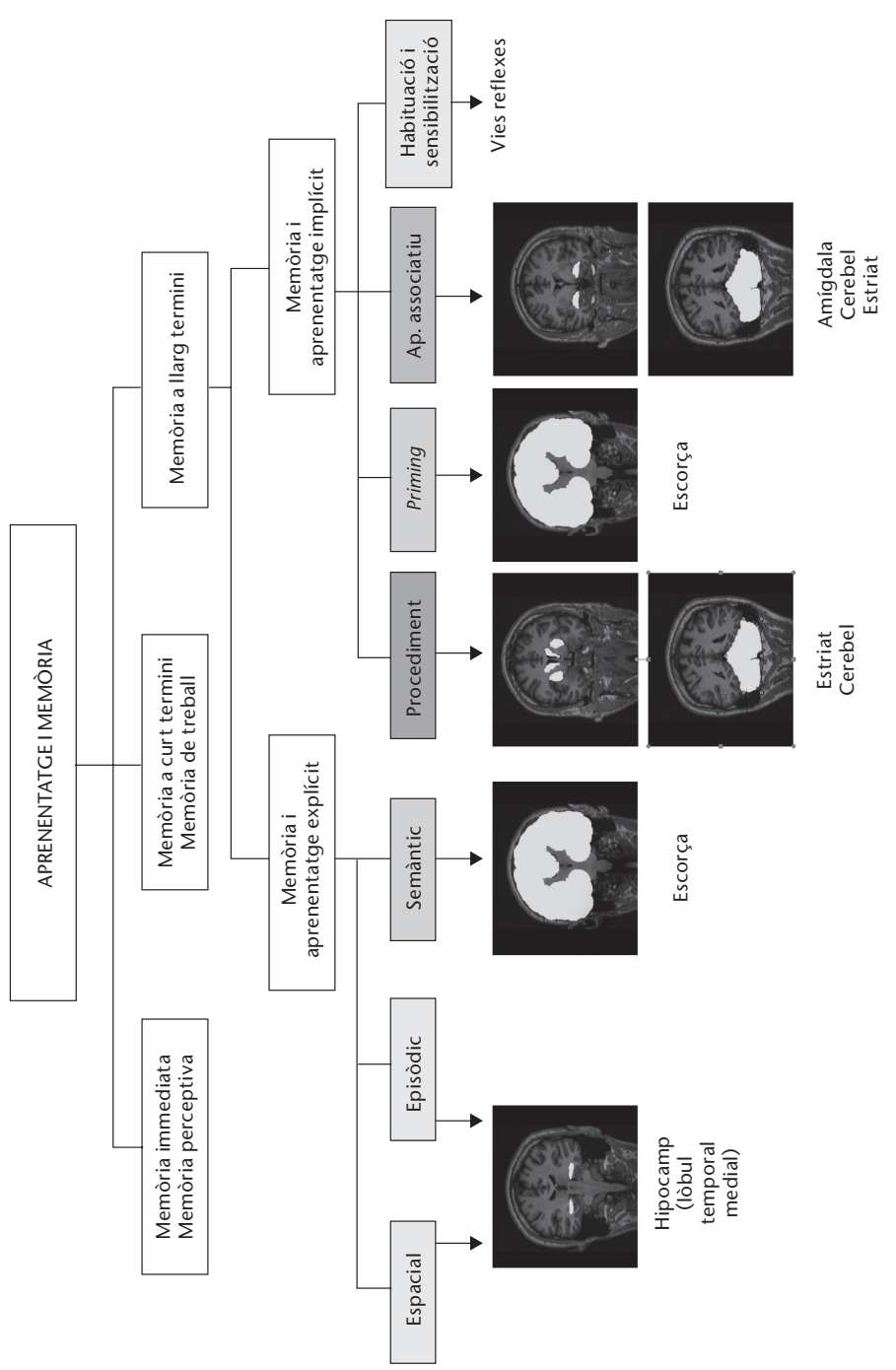
1. Distingir els sistemes neurals responsables de la memòria implícita i explícita.
2. Conèixer el substrat neural dels processos d'aprenentatge no associatiu i del *priming*.
3. Conèixer el substrat neural dels processos del condicionament clàssic i el condicionament instrumental.
4. Aprendre els processos neurobiològics involucrats en la memòria procedimental i la formació d'hàbits.
5. Aprendre el paper del lòbul temporal medial en la formació de nous records.
6. Conèixer els diferents sistemes neuroanatòmics implicats en la memòria episòdica i semàntica.
7. Estudiar la implicació de l'escorça prefrontal en la dimensió temporal de la memòria.

1. Introducció

La investigació de l'aprenentatge i la memòria des de la neurociència cognitiva ha revelat l'existència de múltiples sistemes, els quals es poden dividir en relació a categories funcionals (per exemple, declarativa enfront de procedimental), pel que respecte a la seva seu neural (dependent o no dependent de l'hipocamp) o mitjançant l'adopció de criteris temporals (immediata, a curt termini i a llarg termini).

En l'actualitat sabem que diferents regions cerebrals tenen un paper diferencial en diferents tipus de memòria i aprenentatge, i en diferents estadis del procés. Per exemple, el sistema neural del lòbul temporal medial –compost per l'escorça entorrinal, perirrinal, parahipocàmica i hipocamp– és crític per a la codificació i la con-

Figura 1. Classificació integradora de l'aprenentatge i la memòria, i les principals àrees cerebrals implicades en aquests processos



solidació de la informació accessible a la consciència i que, per tant, es pot explicitar. Tanmateix, no és en aquest sistema on s'emmagatzema permanentment l'aprenentatge i tampoc no sembla que sigui necessari per a la codificació i consolidació d'un altre tipus de memòries, com, per exemple, el coneixement que tenim de com es condueix un cotxe.

Tal com hem comentat en capítols anteriors, és possible dividir els sistemes d'aprenentatge i memòria tenint en compte diferents perspectives, les quals hem intentat conjuminar en una única classificació integradora. En la figura 1 podeu veure les principals àrees cerebrals implicades en els diferents aprenentatges i memòries.

2. Aprenentatge i memòria implícita

L'aprenentatge implícit constitueix una categoria molt heterogènia dins la qual s'inclouen diferents formes d'aprenentatge, totes elles independents de la consciència i de la integritat del lòbul temporal medial (àrea fonamental per a la memòria explícita, com veurem més endavant). Per tant, aquest aprenentatge es basa en estructures i circuits cerebrals diferents dels que són subjacents en la memòria explícita (i més antics filogenèticament parlant), per la qual cosa el dany en les estructures rellevants per a la memòria declarativa (hipocamp, escorça parahipocàmica, etc.) deixa intacta la capacitat d'aprendre d'una manera inconscient.

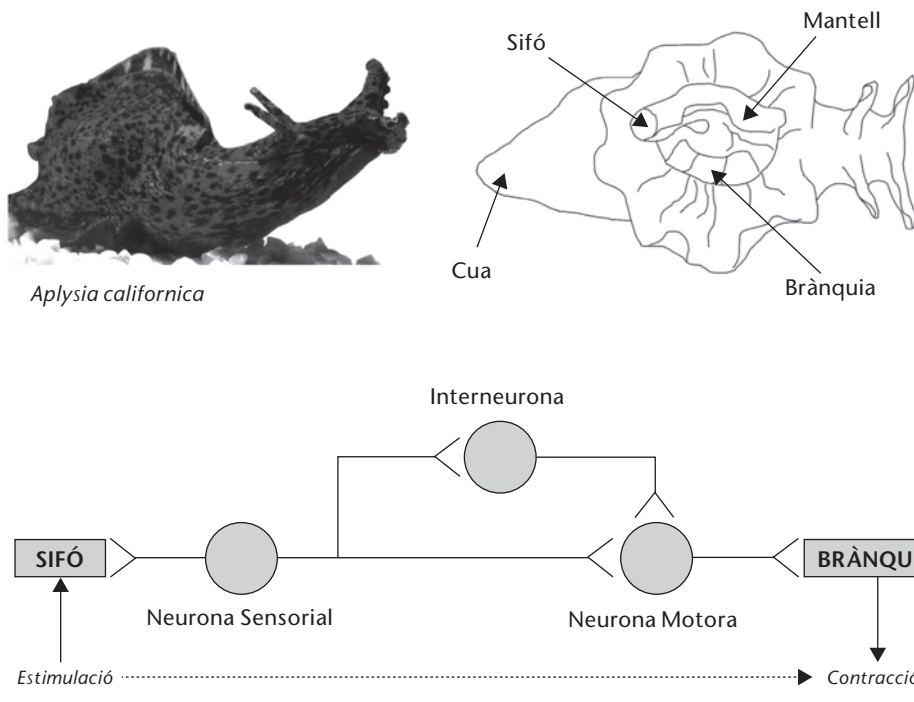
2.1. Aprenentatge no associatiu: habituació i sensibilització

Gran part del nostre coneixement sobre els mecanismes fisiològics implicats en la formació de l'habituació i sensibilització deriva d'experiments realitzats sobre el caragol marí *Aplysia californica*. El motiu de l'elecció d'aquest invertebrat és la simplicitat del seu sistema nerviós, ja que amb prou feines compta amb 20.000 neurones centrals i de grans dimensions, cosa que facilita la tasca d'estudiar cèl·lules individuals i seguir les seves modificacions durant el curs de l'adquisició de nous aprenentatges.

El sistema més estudiat és el reflex de retirada de la brànquia, el qual pot modificar-se per diferents formes d'aprenentatge implícit no associatiu –com la sensibilització– o associatiu –com el condicionament clàssic. Tal com podeu veure en la figura 2, en l'*Aplysia* l'òrgan respiratori (brànquia) està connectat amb un sífo (que

expulsa l'excés d'aigua marina) per un senzill circuit que implica neurones sensorials que intervenen en el procés d'estimulació del sífó i connecten amb interneurons que fan d'estació de pas per a conduir la informació sensitiva fins a les motoneurons que controlen el moviment de la brànquia. Una breu estimulació tàctil del sífó provoca la retracció reflexa de la brànquia. Si es presenta repetidament el mateix estímul, la resposta de retirada de la brànquia disminueix i es produeix habituació.

Figura 2. Representació gràfica de l'*Aplysia californica* i el reflex de retirada de la brànquia.

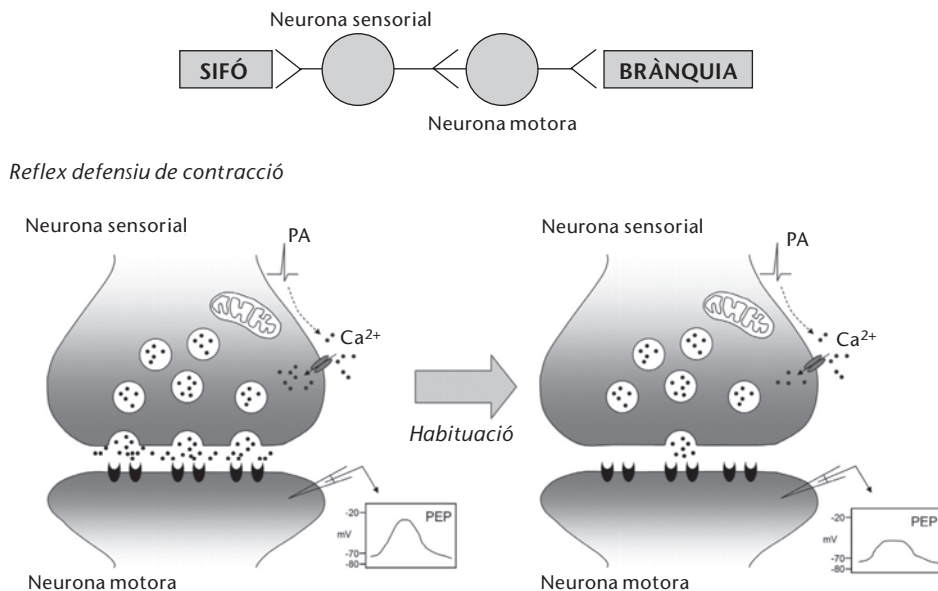


D'altra banda, el reflex de retirada de la brànquia es pot tornar més intens per un procés de sensibilització. Sempre que s'experimenta que un estímul és nociu, es produeix un augment de les respostes reflexes defensives, que es pot generalitzar a altres estímuls innocus o igualment nocius. Així, per exemple, n'hi ha prou amb aplicar una descàrrega elèctrica a la cua d'*Aplysia*, aparellada amb una estimulació no nociva i moderada del sífó, per a observar un increment en la resposta de contracció de la brànquia que sorgirà davant una repetició de l'estimulació no nociva del sífó. Tant l'aprenentatge per habituació com per sensibilització es

poden perllongar en el temps durant uns quants minuts i fins i tot durant diversos dies i setmanes.

Els mecanismes fisiològics de l'habitució i sensibilització en l'*Aplysia* van ser estudiats per Eric Kandel (premi Nobel de Fisiologia o Medicina l'any 2000, al costat d'Arvid Carlsson i Paul Greengard). D'una banda, l'habitució s'associa amb una depressió de l'activitat presinàptica, i implica una reducció en l'alliberament de neurotransmissors. Una breu estimulació de les neurones sensibles del sífó en l'*Aplysia* produeix potencials postsinàptics excitatoris en les interneurons i motoneurons que controlen l'activitat muscular de la brànquia, ocasionant-ne la contracció. Amb l'estimulació repetida del sífó es redueix l'entrada de Ca^{2+} en els terminals presinàptics de les neurones sensorials. Atès que el Ca^{2+} actua com a senyal per desencadenar el procés d'exocitosi, la disminució de la concentració intracel·lular de Ca^{2+} produeix un decrement en l'alliberament de neurotransmissor, fet que explicaria la reducció en la resposta de retirada de la brànquia (figura 3).

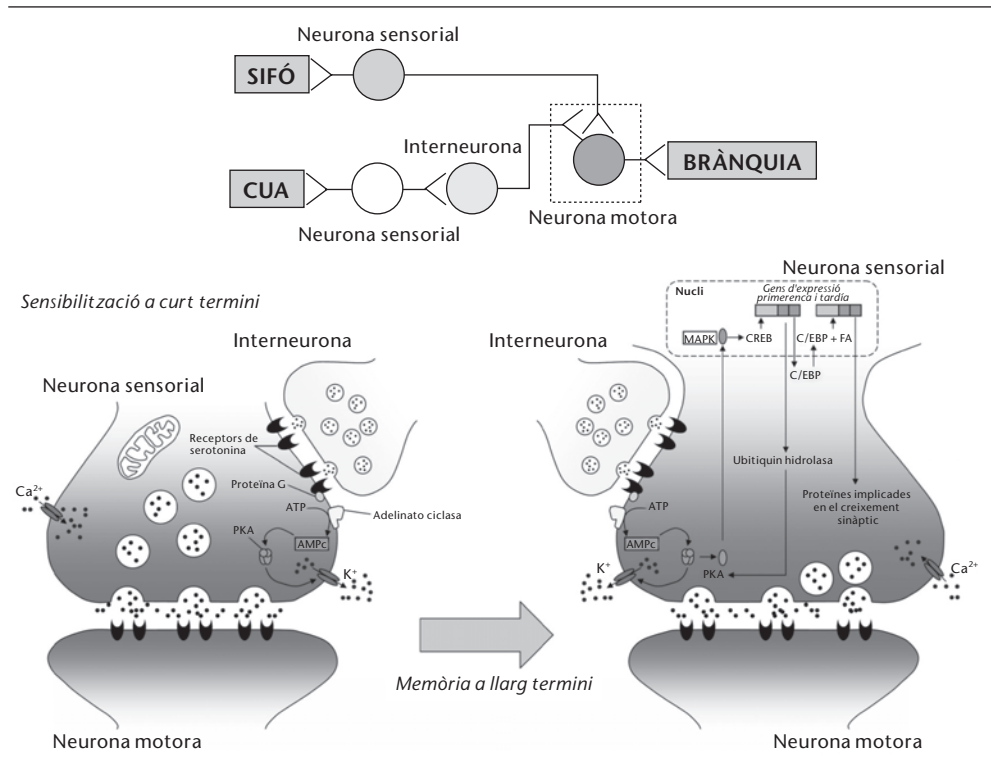
Figura 3. Representació gràfica del procés fisiològic d'habitució.



Per la seva banda, la sensibilització s'associa amb un augment de la transmissió sinàptica per un mecanisme de facilitació heterosinàptica (vegeu nota al peu). L'estimulació aversiva de la cua d'*Aplysia* activa un grup de neurones sensorials

que connecten amb interneurons serotoninèrgics facilitadores de l'activitat de les neurones sensorials del sífó, les quals es troben connectades amb les motoneurons que regulen la contracció de la brànquia. L'increment de l'alliberament de serotonina en les sinapsis axoaxòniques produeix un augment en la concentració del segon missatger AMP cíclic (AMPC) en les neurones¹ sensorials del sífó. Entre els diversos efectes de l'activitat fosforilant de l'AMPC trobem el tancament de canals de K^+ , que afavoreix la retenció de ions K^+ en el terminal presinàptic augmentant la durada del potencial d'acció. Finalment, amb l'augment del potencial d'acció, es perllonga l'obertura dels canals de Ca^{2+} provocant un increment de la concentració de Ca^{2+} intracel·lular, la qual cosa facilita l'alliberament del neurotransmissor (figura 4).

Figura 4. Representació gràfica del procés fisiològic de sensibilització.



1. La facilitació heterosinàptica implica, d'una banda, un augment de la força sinàptica o enfortiment sinàptic (facilitació) i, de l'altra, que l'augment en la resposta a l'excitació d'una via depèn de l'estimulació d'una via diferent (heterosinàptica).

Els investigadors Craig Bailey i Mary Chen van demostrar que tant l'habitució com la sensibilització es troben associats amb canvis en la densitat sinàptica. L'habitució a llarg termini es relaciona amb disminució del nombre de contactes sinàptics entre les cèl·lules sensorials i les motoneurons, fet que demostra que la depressió o absència de la funció sinàptica pot determinar una pèrdua selectiva de sinapsi. Per contra, la sensibilització a llarg termini es veu relacionada amb un increment del nombre de sinapsi. Això suggereix que augments en la resposta a l'estimulació sinàptica poden estar determinats per una major densitat de contactes sinàptics.

En els següents enllaços s'expliquen amb detall l'estudi de l'aprenentatge i la memòria amb l'*Aplysia* i un exemple d'aprenentatge no associatiu (habitució) en rosegadors.

<http://www.youtube.com/watch?v=-vowoxystds>

<http://go.owu.edu/deswartz/videos/habituation.mov>

2.2. Aprenentatge i memòria perceptiva: *priming*

L'aprenentatge per *priming* genera canvis neurals en el neocòrtex i és independent del lòbul temporal medial. La intervenció de diferents àrees corticals en el *priming* depèn de la mena d'estímul amb els quals s'estigui generant, tal com posen de manifest diferents investigacions dutes a terme amb diferents tipus de *priming* i amb diferent material estimular. Estudis realitzats amb tècniques de neuroimatge han mostrat que el *priming* produeix un augment (davant estímuls nous) o bé una disminució (davant estímuls familiars) de l'activitat neural de la regió implicada en el processament dels estímuls presentats. Aquesta disminució de l'activitat cerebral davant estímuls familiars pot ser deguda al fet que la nova entrada d'informació enriqueix la representació creada en el neocòrtex la primera vegada que es va processar la informació, la qual cosa faria que s'activés únicament un grup selectiu de neurones més reduït, però més eficaç funcionalment. Per contra, quan no hi ha una representació prèvia de la informació entrant en el neocòrtex, l'activitat neural a la regió implicada en el processament és més alta, ja que no es produeix una activació selectiva eficaç. Així, en una tasca d'identificació de paraules a partir de presentar-ne un fragment, s'ha observat que són les regions cerebrals posteriors les que es troben més implicades. Més concretament, es produeix una activació occipitotemporal quan els estímuls són presentats visualment i inferotemporal si la presentació és auditiva.

L'activació cerebral en el *priming* semàntic involucra regions diferents de les del *priming* perceptiu; en el primer hi estan més implicades regions anteriors de l'escorça i, en el segon, àrees més posteriors. En una tasca de classificació semàntica en la qual s'han de classificar els estímuls en funció de la seva relació semàntica amb uns altres, s'ha comprovat que es produeix una activació de l'escorça temporal anterior esquerra. En tasques de caràcter més conceptual (que reflecteixen el que alguns autors denominen *priming* conceptual), en què s'han de jutjar aspectes conceptuals de l'estímul, com decidir si una paraula és abstracta o no, és l'escorça prefrontal inferior esquerra la que té més implicació. En aquesta regió, igual que en les àrees implicades en el *priming* perceptiu, s'observa el patró d'activació-desactivació descrit anteriorment.

L'explicació del fet que el *priming* perceptual estigui controlat per les àrees posteriors de l'escorça, mentre que el *priming* semàntic té una major implicació anterior és una visió simplificada d'un procés tan complex com el *priming*, per la qual cosa la investigació continua en aquesta àrea.

2.3. Aprenentatge associatiu: condicionament clàssic i condicionament instrumental

Un dels dissenys experimentals més utilitzats en l'estudi de les bases neuronals del condicionament clàssic és el condicionament palpebral. En aquest tipus de condicionament l'EI és una ràfega d'aire dirigida a l'ull, que fa que es produeixi la resposta automàtica de parpelleig del subjecte (RI). Tal com hem vist en el capítol «Bases cognitives de l'aprenentatge i la memòria», l'EI es pot presentar després de l'aparició de l'EC (un so) (condicionament de demora) o després de la finalització de l'EC (condicionament d'empremta). La distinció entre aquests dos tipus de procediments no és pas irrellevant, ja que diferents àrees cerebrals són subjacents a tots dos processos. Tant estudis experimentals lesionals com tècniques de neuroimatge han posat de manifest que el cerebel és l'estructura principal en el condicionament de demora, mentre que en el condicionament d'empremta, a més de la implicació del cerebel és fonamental la participació de la formació hipocàmica, la qual sustenta la relació temporal entre l'EC i l'EI. La implicació de l'hipocamp en el condicionament d'empremta sembla explicar-se pel fet que cal que hi hagi una empremta mnèsica del so (EC), ja que quan es presenta l'EI, el so (EC) ja ha desaparegut, mentre que en el cas del condicionament de demora tots dos estímuls es donen al mateix temps.

Diferents estructures cerebrals sustenten el condicionament instrumental, i el cos estriat és una de les més rellevants. Tant l'associació entre la conducta i les seves conseqüències com l'establiment de la relació causal entre ambdues, depenen de l'activitat de l'estriat dorsomedial (que inclou el nucli caudat i el putamen). A més d'aquestes estructures, en aquest tipus d'aprenentatge també hi estan implicats els circuits corticoestriatotalamocorticals, dins els quals l'escorça prefrontal té un paper molt rellevant. Aquesta implicació prefrontal és lògica, ja que és precisament l'escorça prefrontal la que orienta i dirigeix la nostra conducta vers els objectius. En el cas del condicionament instrumental, la funció de l'escorça prefrontal facilita l'automatització de les nostres accions d'acord amb les conseqüències que ja hem viscut, de manera que en trobar-nos de nou davant la situació viscuda o una de similar no esgotem recursos raonant sobre com hauríem d'actuar, sinó que ja tenim una resposta automatitzada.

El condicionament de la por és un tipus paradigmàtic de condicionament, l'adquisició i expressió del qual és altament dependent de l'amígdala. Aquest tipus d'aprenentatge ha permès aprofundir en el coneixement de les bases neurals de l'aprenentatge per condicionament.

2.4. Aprenentatge i memòria procedimental

Per a dur a terme qualsevol acte motor cal, en primer lloc, elaborar un programa motor, i és el còrtex prefrontal qui realitza aquesta tasca comptant amb la informació que li proporcionen les diferents àrees associatives corticals. Una vegada desencadenat l'acte motor, va rebent *feedback* sobre l'adequació del seu desenvolupament, a partir del qual pot anar corregint els possibles errors, cosa que condueix a l'elaboració de conductes fines i ben articulades conforme a les circumstàncies contextuals.

Dins les àrees cerebrals implicades en l'aprenentatge i la memòria procedimental, les connexions corticoestriocorticals i corticocerebel·locorticals hi tenen un paper determinant. Els ganglis basals estan compostos per diferents elements, dels quals el nucli caudat i el putamen formen l'estriat (figura 5). L'estriat és una estructura cerebral clau per a l'aprenentatge motor, ja que rep aferències de l'escorça frontal i parietal i posseeix eferències als nuclis del tàlem i a les àrees corticals implicades en el moviment. A més de l'estriat, el cerebel és fonamental per a l'aprenentatge motor. Ambdues estructures són considerades els centres moduladors del control motor; controlen i modulen l'activitat motora que s'inicia en l'escorça facilitant els

moviments voluntaris des de la planificació fins a la terminació, passant per l'execució i coordinació.

Hi ha una gran evidència empírica, tant en animals com en humans, de la implicació de l'estriat en la memòria procedimental, i, per tant, en la formació d'hàbits de comportament. En humans, els estudis amb pacients amb lesions cerebrals són els que han proporcionat més informació sobre les funcions de les diferents àrees cerebrals. Les malalties d'Huntington i Parkinson aporten molta informació en aquest sentit. La primera afecta de manera especial les neurones de l'estriat, i les persones que la pateixen mostren grans dificultats a l'hora d'aprendre conductes motores associades amb un estímul, la qual cosa posa de manifest la importància d'aquesta estructura en l'aprenentatge procedimental i en l'adquisició d'hàbits. Les lesions que provoquen alteracions en la memòria procedimental (com les lesions de l'estriat) solen fer que romangui inalterada la memòria declarativa, fet que sembla indicar que la memòria procedimental es recolza en circuits cerebrals diferents dels de la memòria explícita. La malaltia de Parkinson és un trastorn neurodegeneratiu crònic causat per la destrucció de les neurones pigmentades de la substància negra. Aquesta destrucció provoca la pèrdua de cèl·lules que sintetitzen el neurotransmissor dopamina, crucial tant per al control del moviment com en els sistemes d'aprenentatge procedimental i els sistemes reforç.

Per la seva banda, el cerebel, estructura situada en la fossa posterior del crani, exerceix un paper crític en l'aprenentatge i l'execució d'hàbits motors. La seva funció principal és la coordinació del moviment i l'aprenentatge motor. Estudis animals han demostrat que després de l'entrenament per a desenvolupar habilitats motores complexes s'evidencien modificacions cerebel·loses de caràcter morfològic, troballes que estan en la mateixa línia que els resultats optinguts amb tècniques de neuroimatge funcional, que posen de manifest modificacions de l'activitat del cerebel durant l'aprenentatge de destreses motores (per exemple, tasques de dibuix, aprenentatge de seqüències motores, etc.). Igual que en el cas de les lesions en els ganglis basals, pacients amb lesions cerebel·loses mostren una marcada deterioració en l'aprenentatge procedimental.

Aquests dos circuits, el que involucra els ganglis basals i el circuit cerebel·lós, són subjacents tant a l'aprenentatge com al record de les destreses motores, encara que no tenen la mateixa implicació durant tot el procés d'adquisició i millora d'una nova destresa. Quan aprenem, les àrees cerebrals que s'activen són el cerebel, el còrtex cingulat anterior i les àrees premotors, però la seva participació és menor a mesura que es va millorant i automatitzant l'execució de la tasca. En canvi, l'activació dels ganglis basals, l'àrea motora suplementària i l'escorça prefrontal ventro-

lateral es manté al llarg de tot el procés d'aprenentatge i estan involucrades en l'adaptació motora.

Tal com es posa de manifest moltes vegades en la vida diària, els aprenentatges procedimentals són relativament fàcils d'automatitzar. El procés d'automatització progressiva va lligat a una disminució en la participació d'àrees corticals, especialment prefrontals, donant pas a un major control subcortical dels procediments. Per exemple, quan aprenem a conduir, l'escorça prefrontal avalua constantment la nostra execució amb la finalitat de poder-la anar adaptant i millorant en funció dels errors detectats. A mesura que es va consolidant el nostre aprenentatge, aquesta àrea cerebral anirà disminuint l'activació, deixant que el cerebel i els ganglis basals hi prenguin un paper més actiu, sense tanta supervisió cortical.

3. Aprenentatge i memòria explícita

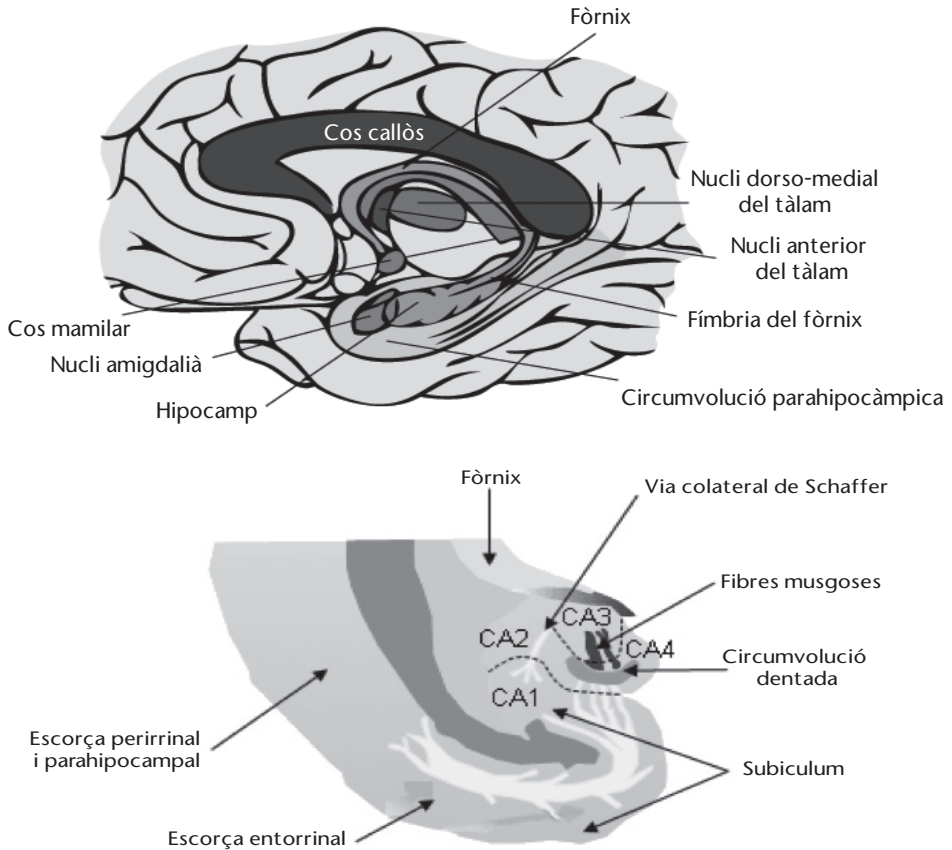
La memòria explícita es deriva de l'aprenentatge de gran quantitat d'informació de molt diversa índole, que pot ser adquirida d'una manera molt ràpida, fins i tot a partir d'una única experiència, sobretot si aquesta té una alta càrrega emocional, o de forma gradual. La representació de la informació de la memòria explícita és abstracta i posseeix un alt grau de flexibilitat, per la qual cosa es pot expressar en situacions i de maneres diferents de com va ser apresada. Des que Tulving establí per primera vegada la distinció entre memòria episòdica i memòria semàntica fa quatre dècades, l'evidència experimental de l'existència d'aquests dos tipus de memòria explícita no ha fet més que augmentar.

3.1. Memòria relacional dependent de l'hipocamp

El lòbul temporal medial és l'estructura cerebral subjacent a l'aprenentatge explícit, i aquest sistema també intervé en l'aprenentatge espacial, és a dir, l'aprenentatge de les relacions entre els diferents estímuls que es troben en un context espacial determinat. Això ha fet que s'hagi proposat un nou marc explicatiu dins l'estudi de la memòria: la memòria relacional dependent de l'hipocamp. Sota aquesta nomenclatura es poden incloure tant les memòries basades en l'establiment de relacions entre esdeveniments temporalment relacionats (memòria episòdica), com entre conceptes (memòria semàntica) i entre elements d'un context espacial (memòria espacial).

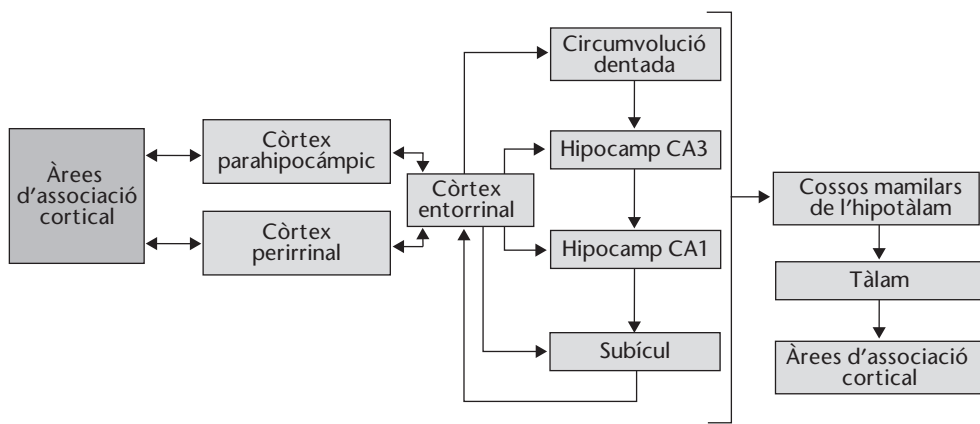
L'hipocamp és l'estructura cerebral més directament relacionada amb l'aprenentatge i la memòria explícita. Aquesta estructura, localitzada en el pol temporal medial, té un paper determinant en l'adquisició de nova informació, intervé tant en la codificació com en la consolidació de nous continguts i possibilita la transferència d'aquest material de la memòria a curt termini a la memòria a llarg termini. Per tant, sense la intervenció de l'hipocamp, l'emmagatzematge a llarg termini de la informació és improbable. Cal recordar que, com hem assenyalat a l'inici del capítol, l'hipocamp no funciona aïlladament, sinó que forma part del sistema neural del lòbul temporal medial –compost per l'escorça entorrinal, perirrinal, parahipocàmica i l'hipocamp. En les figures 5 i 6 veureu dues il·lustracions de les estructures implicades en l'aprenentatge i la memòria explícita en diferents talls cerebrals.

Figures 5 i 6. Estructures cerebrals implicades en l'aprenentatge i la memòria explícita.



Per a comprendre el funcionament del procés de memòria és necessari tenir una visió global de la funció de cadascuna d'aquestes estructures i les relacions que hi ha entre elles (figura 7). El procés d'adquisició i consolidació de la memòria comença amb el registre i processament dels estímuls que ens arriben de l'exterior, en una de les àrees d'associació heteromodal de l'escorça cerebral o en diverses, les quals codifiquen i integren informació de totes les modalitats sensorials. La informació aquí sintetitzada és enviada a l'escorça parahipocàmpica i perirrinal, a través de rutes descendents corticohipocàmiques, i arriba posteriorment a l'escorça entorrinal, la més important porta d'entrada a l'hipocamp. Des d'aquí es projecta, a través de la via perforant, a la circumvolució dentada (o gir dentat, GD), per a arribar finalment a l'hipocamp. A més, l'hipocamp també rep informació procedent de l'amígdala, que té un paper modulador sobre l'aprenentatge, potenciant els aprenentatges declaratius dels estímuls i les situacions amb càrrega emocional.

Figura 7. Esquema general del procés de memòria, en el qual s'expliciten les estructures cerebrals implicades i la relació entre elles.



Una vegada que el procés de codificació dut a terme per l'hipocamp ha finalitzat, la informació és enviada de nou a l'escorça cerebral. El camp CA1 de l'hipocamp i el subícul són les principals estructures encarregades de generar aquestes eferències. D'una banda, envien la informació a l'escorça a través de l'escorça entorrinal, des d'on es dirigeix, en un viatge de tornada, a l'escorça parahipocàmpica i l'escorça perirrinal, i finalitza a les àrees d'associació polimodal de l'escorça cerebral en les quals es va originar el procés. A més, des de la formació hipocàmpica també s'envia informació, a través del fòrnix, als cossos mamil·lars de l'hipotàlem. Posteriorment, la informació és remesa al tàlem posterior, des d'on viatja a les àrees d'associació de

l'escorça cerebral, per a ser finalment emmagatzemada. Per tant, cal posar l'accent en la funció que compleixen les estructures temporals medials, ja que encara que resulten imprescindibles per a la consolidació i l'emmagatzematge de la informació a llarg termini, és a les regions de l'escorça d'associació, en les quals la informació s'havia processat per primera vegada, en les quals s'emmagatzemarà definitivament.

Totes les estructures estudiades fins ara són fonamentals per a la formació de nous coneixements, però el paper de cadascuna d'elles difereix tant funcionalment com en importància. Gràcies a l'estudi de casos de pacients amb dany cerebral i a la investigació amb tècniques modernes de neuroimatge, ha estat possible aprofundir en la funció de cadascuna de les estructures implicades en l'aprenentatge i la memòria. Quant a la primera aproximació, s'ha comprovat que les lesions que es limiten a una única estructura provoquen una menor alteració que quan la lesió compromet dues àrees o més, sempre depenent de la gravetat de les lesions i de l'àrea lesionada. Així, per exemple, les lesions limitades a l'hipocamp, encara que són suficients per a provocar greus alteracions mnèsiques, provoquen alteracions de menor gravetat que quan el dany s'estén també a les estructures parahipocàmiques.

Entre els estudis realitzats amb pacients amb dany cerebral, el cas més paradigmàtic és el d'un pacient conegut com a H. M., el qual va sofrir greus alteracions de memòria després d'una operació per a tractar una epilèpsia farmacoresistent. Amb la finalitat d'intentar posar fre a les severes crisis que patia es va proposar la resecció quirúrgica dels lòbuls temporals medials; aquesta resecció implicà la pèrdua d'aproximadament dos terços de l'hipocamp i l'amígdala. La intervenció quirúrgica va tenir el seu efecte positiu en reduir les seves crisis epilèptiques, però com a conseqüència de la lesió la memòria d'H. M. va resultar devastada. L'avaluació neuropsicològica realitzada per la Dra. Brenda Milner va revelar un quadre profund d'amnèsia anterògrada.

En l'enllaç següent podeu veure un interessant reportatge sobre Brenda Milner i els seus estudis sobre la memòria.

http://www.youtube.com/watch?v=jliczina__y

La memòria a curt termini d'H. M. semblava preservada, però la seva memòria a llarg termini estava molt deteriorada, si bé encara mantenia records remots previs a la intervenció. H. M. era incapaç de formar nous records, fet que li feia viure les experiències de cada dia com una cosa sempre nova. Tanmateix, malgrat les seves dificultats d'aprenentatge, H. M. era capaç d'adquirir nous hàbits i millorar en tas-

ques que implicaven destreses manuals, perceptives o cognitives. Al marge dels seus problemes de memòria, altres funcions cognitives com la intel·ligència, percepció, motivació o personalitat quedaren intactes.

Com a resultat d'aquesta avaluació i la comparació amb altres pacients amb lesions similars, es van poder establir un certs principis bàsics de l'organització de la memòria.

- Primer, la memòria és una funció cerebral sustentada per circuits cerebrals diferents dels implicats en processos cognitius com la percepció, la motivació o la personalitat.
- Segon, la informació pot ser mantinguda en una memòria a curt termini abans de convertir-se en una memòria a llarg termini.
- Tercer, el lòbul temporal medial no és el repositori últim de les memòries a llarg termini.
- Finalment, s'arribaria a dissociar una memòria per a fets i successos (memòria declarativa) d'una memòria per a hàbits i destreses (memòria implícita), independent de la funció del lòbul temporal medial.

En un intent d'esclarir el substrat neuroanatòmic específic de la memòria es van començar a fer importants esforços en laboratori per trobar un model animal apropiat que pogués explicar l'amnèsia en humans. Tradicionalment, es considerava que el responsable de les alteracions mnèsiques era l'hipocamp, però a partir de casos com el d'H. M. es va observar que les lesions limitades a l'hipocamp únicament afectaven l'emmagatzematge de records nous a llarg termini. D'això es va deduir que l'hipocamp té un paper fonamental en l'emmagatzematge inicial de la memòria a llarg termini, però que aquesta implicació és temporal i que es produeix a l'inici d'aprenentatge, ja que l'emmagatzematge de la informació es transfereix posteriorment a altres regions corticals. Així, els pacients amb una lesió hipocàmica poden, en general, recordar o aprendre fets recents, encara que són incapaços de formar noves memòries a llarg termini. Per tant, sembla que el problema és que no són capaços de *transferir* la informació des dels sistemes de memòria a curt termini als sistemes mnèsics a llarg termini, i això afecta la consolidació de la memòria. Per aquest motiu, els records que han estat emmagatzemats abans no es perden quan hi ha una lesió hipocàmica, és a dir, no es produeix amnèsia retrògrada, la qual cosa posa de manifest que l'hipocamp no és un magatzem permanent d'informació.

Avui dia sembla haver-hi un acord entre la comunitat científica sobre les estructures necessàries per a la formació de la memòria explícita a llarg termini, que abas-

ten la formació hipocàmica (que inclou el gir dentat, el subicle, la fímbria o fòrnix i l'hipocamp pròpiament dit) i el gir parahipocàmpic (format per l'escorça entorri-
nal, l'escorça perirrinial i l'escorça parahipocàmpica) (figura 8).

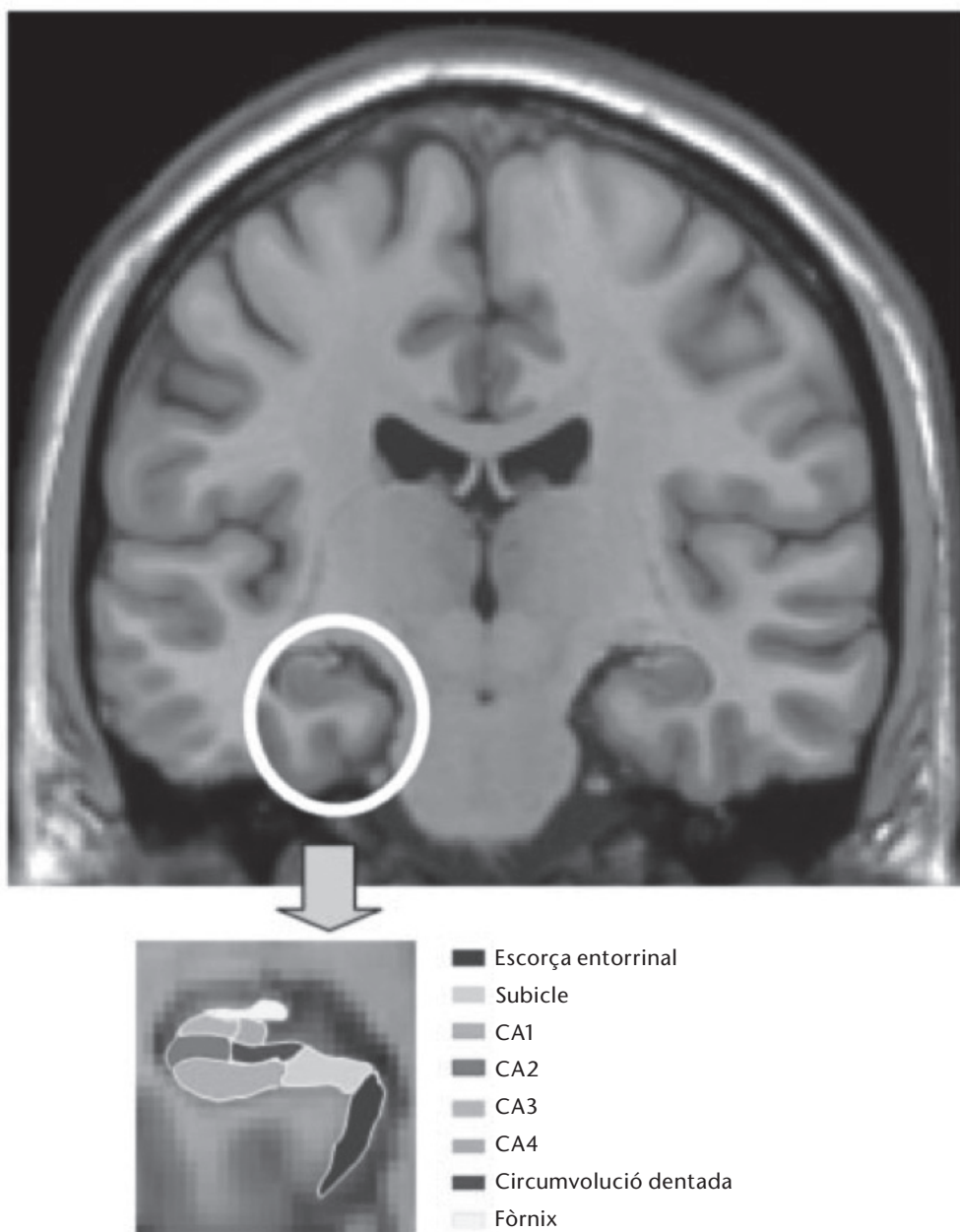
Pel que fa al paper que té l'escorça cerebral en el procés d'aprenentatge, és fonamental conèixer que els records sorgeixen de l'activitat de xarxes neuronals àmpliament distribuïdes per tota l'escorça cerebral. Aquestes xarxes formen les denominades empremtes mnèsiques, i es formen per l'estimulació conjunta de diferents neurones a partir d'un mateix esdeveniment (seguint el principi d'Hebb), de manera que queden interconnectades a través de sinapsi formant una xarxa. Així, una neurona, o un grup de neurones, pot formar part de diferents xarxes neuronals i, per tant, pot estar implicada en diferents records, la qual cosa facilita que siguem capaços de canviar d'un record a un altre àgilment, sigui de manera conscient o inconscient.

Per tant, encara que és en el lòbul temporal medial on es duen a terme els processos de transferència de la informació per al posterior emmagatzematge a llarg termini, és en l'escorça cerebral on es produeix l'emmagatzematge permanent. Aquesta transferència d'informació es fa de manera relativament lenta, la qual cosa permet que les dades noves s'assimilin amb la informació ja existent.

Com que les àrees d'associació corticals són els magatzems de la memòria explícita a llarg termini, una lesió en aquestes àrees pot produir una alteració del coneixement explícit adquirit abans del dany. Per aquest motiu, els pacients amb dany en les àrees d'associació solen presentar dificultats a l'hora de reconèixer objectes quotidians, llocs familiars o rostres de persones conegudes, entre altres alteracions.

En aquest punt, és important assenyalar les diverses funcions en les quals se centren les diferents regions de l'escorça cerebral i la seva relació amb els processos mnèsics. L'escorça posterior o postrolàndica es troba principalment implicada en el processament perceptiu, i té un paper determinant en l'emmagatzematge dels records que s'adquireixen per qualsevol dels nostres sentits. Per la seva banda, l'escorça frontal o prerolàndica té, entre altres funcions, com són el processament i representació de les accions motores, el raonament i la producció del llenguatge. L'escorça temporal (excloent les regions medials estudiades anteriorment) sembla que és determinant en el manteniment de la memòria a llarg termini, ja que les lesions en aquesta zona es manifesten amb amnèsia retrògrada. Així mateix hi ha una especialització hemisfèrica: l'hemisferi dret està més relacionat amb material no verbal i l'esquerre amb material de caràcter verbal. A més de la seva implicació en l'emmagatzematge del coneixement semàntic, l'escorça parietal, sobretot de l'hemisferi dret, sembla estar implicat en el record de la disposició espacial d'objectes i persones.

Figura 8. Estructures cerebrals implicades en l'aprenentatge i la memòria explícita a llarg termini.

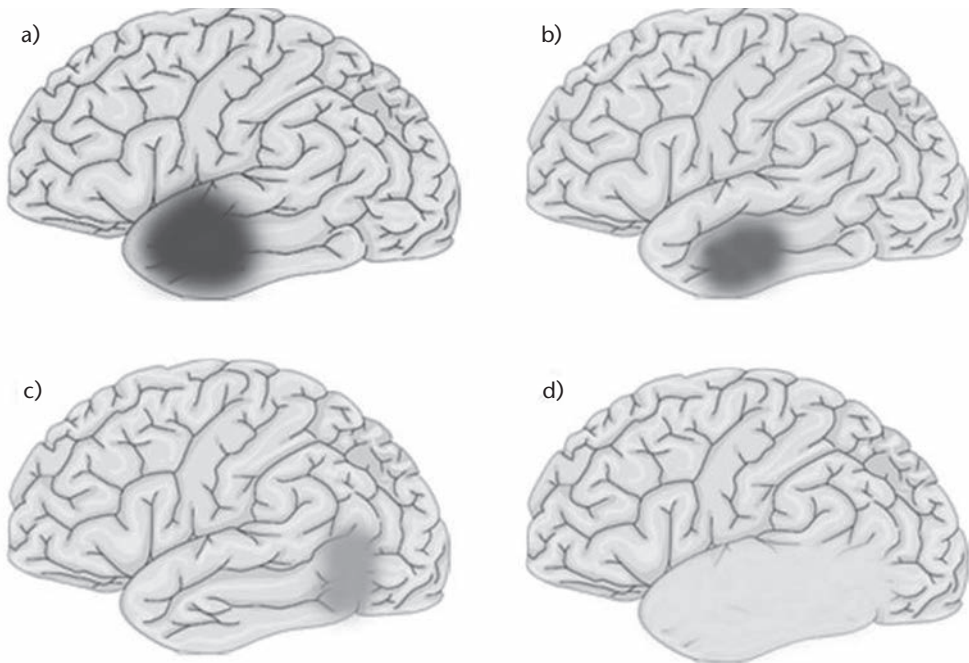


Pel que fa al lòbul frontal, l'àrea més estudiada i més ben coneguda funcionalment és l'escorça prefrontal, la qual està especialitzada en el manteniment temporal de la informació explícita al llarg del procés d'establiment i consolidació de la memòria, així com en la discriminació i organització temporal dels records. Els pacients amb patologia prefrontal no mostren una síndrome amnèsica clàssica, sinó que presenten una dificultat o incapacitat per manejar temporalment els records d'una manera eficaç, per ordenar-los cronològicament i per recordar com i quan van adquirir una determinada informació (amnèsia de la font). Una altra de les implicacions d'aquestes lesions és la dificultat que poden tenir aquests pacients a l'hora de realitzar tasques o activitats que impliquin una seqüència de respostes en un ordre determinat. A més, l'escorça prefrontal resulta crucial per a la memòria de treball, la qual estudiarem en apartats posteriors del present capítol.

3.2. Aprenentatge i memòria episòdica i semàntica

El coneixement semàntic està representat en xarxes neuronals que impliquen tota l'escorça cerebral. És també a partir de l'estudi de casos de subjectes amb alteracions en la memòria semàntica i amb les modernes tècniques de neuroimatge que s'han pogut identificar les àrees cerebrals més implicades en la memòria semàntica. Gràcies a aquests estudis s'han identificat diferents àrees corticals amb papers diferents en el processament d'informació de categories específiques. Per exemple, en estudis amb pacients afàsics s'ha constatat que molts presenten dificultats a l'hora d'anomenar colors, parts del cos, menjars o diferents utensilis. Aquestes observacions van portar a la hipòtesi que diferents àrees corticals representen diferents categories semàntiques, una idea que fou sistemàticament investigada per Elisabeth K. Warrington i Tim Shallice, ja el 1984. En estudis més recents, Antonio Damasio i els seus col·laboradors (1996) van estudiar pacients afàsics i subjectes sans amb tècniques de neuroimatge per aprofundir en aquesta idea. Aquests autors trobaren que els pacients que tenien problemes a l'hora d'anomenar persones mostraven alteracions en el pol temporal esquerre, mentre que en aquells que tenien dificultat per anomenar animals la lesió es trobava en l'escorça temporal anteroinferior esquerra. A més, aquelles persones amb dificultat a l'hora de nomenar eines presentaven dany en l'escorça parietal i temporal posterior esquerra (figura 9). Aquests resultats van ser corroborats amb estudis de neuroimatge amb subjectes sans, els quals mostren activació a les mateixes àrees quan havien d'anomenar els ítems de les diferents categories semàntiques.

Figura 9. Alteració cortical de pacients amb alteracions en: a) denominació de persones, b) denominació d'animals, c) denominació d'eines i d) en les tres categories.



Adaptada de Eichenbaum (2008). «Learning and memory».

En un altre estudi dedicat a conèixer les àrees específiques de l'escorça implicades en una determinada informació semàntica es va trobar que és l'escorça occipital lateral dreta l'encarregada del processament de la informació de les parts del cos. Aquesta àrea es mostrava més activada quan els subjectes veien o dibuixaven parts del cos que quan els estímuls eren objectes inanimats o parts d'aquests. Aquesta especialització funcional implica que hi ha una àmplia xarxa cortical que participa en el processament de la informació que adquirim al llarg de la vida.

A més, el grup de Nancy Kanwisher ha identificat una àrea en l'escorça temporal ventral (el gir fusiforme) que s'activa amb el processament de cares, que és precisament l'àrea que tenen danyada els pacients que pateixen prosopagnòsia. La prosopagnòsia comporta una impossibilitat per al reconeixement de rostres, tant del propi com del dels altres. Per això, sol ser causa de la falta de reconeixement de les persones que coneixem.

L'hipocamp, per la seva banda, té un paper essencial en el procés d'aprenen-

tatge semàntic, ja que permet la integració de la informació emmagatzemada en diferents xarxes semàntiques, la qual cosa permet que el coneixement que es va adquirint al llarg de diferents experiències pugui ser emprat tant per a solucionar problemes nous com per a afrontar noves situacions. En conclusió, sembla que l'escorça cerebral pot intervenir en l'adquisició del coneixement semàntic, mentre que l'hipocamp duu a terme un processament addicional que contribueix a la construcció de xarxes de memòria cortical, establint relacions entre les diferents empremtes mnèsiques d'acord amb les seves característiques comunes. Per tant, és possible l'existència de memòria semàntica sense la intervenció de l'hipocamp, fet que s'ha pogut constatar en persones amb greus amnèsies degudes a lesions hipocàmiques que són capaces d'adquirir alguns coneixements semàntics.

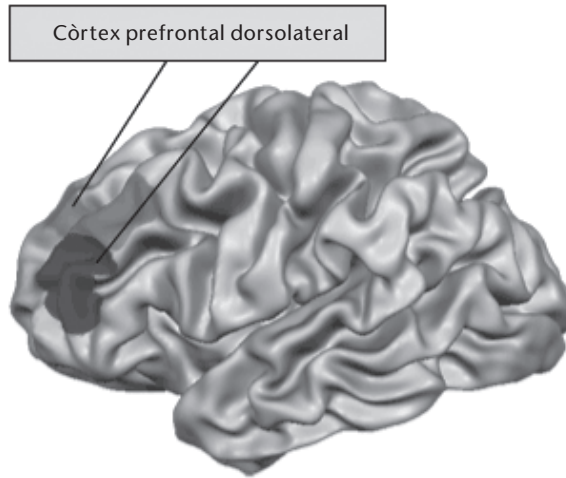
4. Memòria de treball

La implicació cerebral en la memòria de treball és molt extensa, ja que aquesta funció compromet diferents àrees cerebrals, tant anteriors com posteriors. Sembla cada vegada més clar que són les regions posteriors les que s'encarreguen del manteniment temporal de la informació, mentre que la manipulació de la memòria de treball és duta a terme per àrees anteriors. A més de l'interès suscitat pel coneixement del substrat neural en funció del tipus de procés dut a terme (manteniment o manipulació), el coneixement de les àrees cerebrals implicades en la memòria de treball segons el tipus d'informació ha constituït una important font d'investigació. Amb l'objectiu de facilitar la comprensió al lector, en el present apartat es tracta de forma separada la implicació de les àrees anteriors i posteriors del cervell, i dins de les segones, s'aborda de manera diferenciada la memòria de treball verbal i visual.

4.1. Escorça prefrontal i memòria de treball

L'escorça prefrontal dorsolateral és la regió que assumeix el control general sobre les operacions de memòria de treball en totes les modalitats sensorials, i la seva implicació ha estat demostrada tant en estudis lesionals (tant en animals com en humans) com en investigació realitzada amb diverses tècniques de neuroimatge en subjectes sans (figura 10).

Figura 10. Escorça prefrontal dorsolateral esquerra (àrees 9 i 46 de Brodmann, en verd i blau, respectivament).



Imatge creada a partir del programari lliure: Brain Voyager (Brain Voyager Tutor):
<http://www.brainvoyager.com/products/braintutor.html>.

En investigació amb humans sans, un dels paradigmes més emprats en l'estudi de la memòria de treball és la tasca de resposta demorada, en la qual és necessari memoritzar temporalment una informació determinada que permetrà respondre adequadament més tard. Gràcies a la resolució espacial de les tècniques de neuroimatge modernes és possible distingir l'activitat cerebral al llarg del procés complet de memòria a curt termini, és a dir, durant la codificació de la informació, el seu manteniment (període de demora, del qual s'encarregaria la memòria de treball) i la resposta donada pel subjecte. En diferents estudis s'ha trobat activitat neural en diferents regions cerebrals durant el període de demora, entre les quals sembla d'especial rellevància el còrtex prefrontal dorsolateral, però que es produeix també en regions cerebrals posteriors. Aquesta activitat cerebral sembla subjacent al manteniment actiu de la informació dins la memòria de treball, i sembla perllongar-se al llarg de tot el període de demora, és a dir, durant tot el temps que la memòria operativa està treballant. El nivell d'activitat cerebral durant aquest període augmenta quan la quantitat d'informació que s'ha de manipular és abundant i, a més, correlaciona positivament amb el rendiment en tasques de memòria de treball.

Entre els treballs més rellevants és important conèixer els estudis realitzats amb primats de Joaquín M. Fuster i Gene Alexander, en què havien de realitzar tasques

de resposta demorada. Les seves troballes han estat corroborades posteriorment en humans en estudis de neuroimatge funcional, en els quals també s'utilitzaren tasques de resposta demorada. En tots dos casos es va observar que és a la regió lateral de l'escorça prefrontal on es mostra una major activació durant el període de manteniment de la informació en la memòria de treball, independentment del tipus de material amb què es treballi.

D'altra banda, la investigació en pacients amb dany cerebral ha mostrat que els pacients amb dany prefrontal tenen més bon rendiment que els pacients amb lesions temporals en tasques simples de memòria, com ara recordar una llista de paraules o d'objectes presentats. Tot i això, quan han de realitzar una tasca de memòria més complexa, en la qual és necessari mantenir una certa informació activa, com en el cas de les tasques de resposta demorada, els pacients amb lesions frontals mostren una marcada deterioració, especialment quan durant el temps d'espera hi ha algun distractor, ja que això implica una major demanda de recursos.

4.2. Regions cerebrals posteriors i memòria de treball

Tal com hem assenyalat anteriorment, la memòria de treball depèn d'una xarxa neural que engloba diferents regions cerebrals, per la qual cosa l'escorça prefrontal no és l'única regió cerebral implicada en la memòria de treball. L'escorça prefrontal funciona com un director d'orquestra cognitiu, i té un paper fonamental en l'organització de la informació en curs de processament; però hi ha moltes altres estructures que intervenen en aquest procés, diferents segons el tipus d'informació que s'ha de mantenir i manipular. Les àrees cerebrals més activades quan treballem amb material verbal impliquen regions temporals, parietals i frontals, i solen estar lateralitzades en l'hemisferi esquerre. En el cas de material visual, la implicació cortical implica tant regions frontals com parietals, occipitals i temporals de l'hemisferi dret i involucra regions diferents en el cas de la memòria espacial o memòria d'objectes.

La memòria de treball verbal ha estat profundament estudiada a causa de la importància que té per a la comprensió i producció del llenguatge, capacitat essencial en l'ésser humà. El model proposat per Baddeley (estudiat en el capítol «Bases cognitives de l'aprenentatge i la memòria») proposa l'existència d'un subsistema en la memòria de treball, denominat bucle fonològic, que s'encarregaria del manteniment i manipulació de la informació fonològica i articulatòria. L'estudi de pacients amb lesions cerebrals ha permès conèixer la base neuroanatòmica d'aquest mecanisme, mostrant la implicació de l'escorça temporal superior esquerra (àrees 22, 39

i 40 de Brodmann, denominada àrea de Wernicke, en referència a Karl Wernicke, que estudià la relació entre aquest àrea i la comprensió del llenguatge, figura 11, panell esquerre) en l'emmagatzematge fonològic i de la part posterior del gir frontal inferior esquerre (àrea 44 de Brodmann) en la manipulació articulatòria (figura 11, panell dret). Aquesta última regió és coneguda com a àrea de Broca, en referència a Paul Pierre Broca, metge anatomista francès del segle XIX que va identificar l'àrea com el centre de la parla mitjançant l'estudi de pacients afàsics.

Figura 11. Escorça parietal inferior esquerra, en marró (àrea de Wernicke, àrea 40 de Brodmann) i gir frontal inferior esquerre, en blau (àrea de Broca, àrea 44 de Brodmann), implicades en el manteniment i manipulació de la informació fonològica.

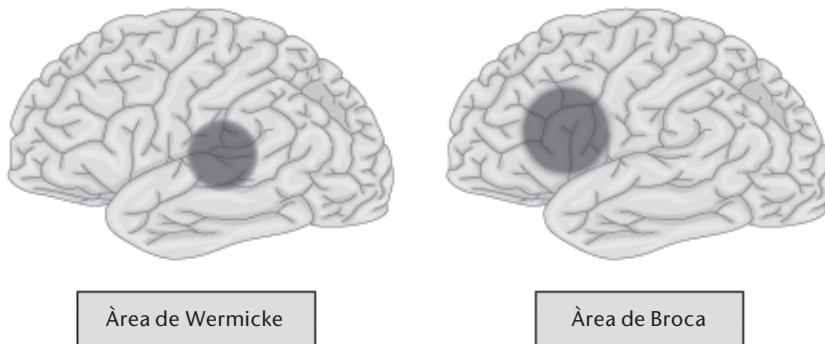
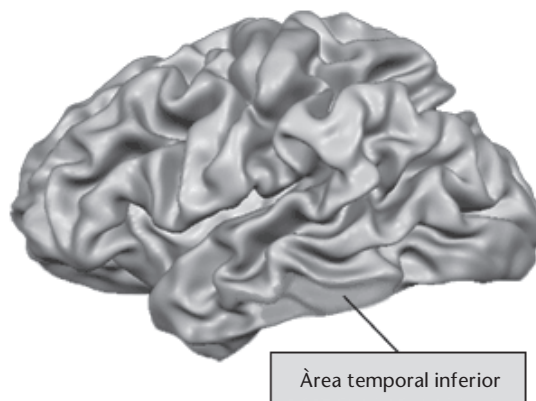


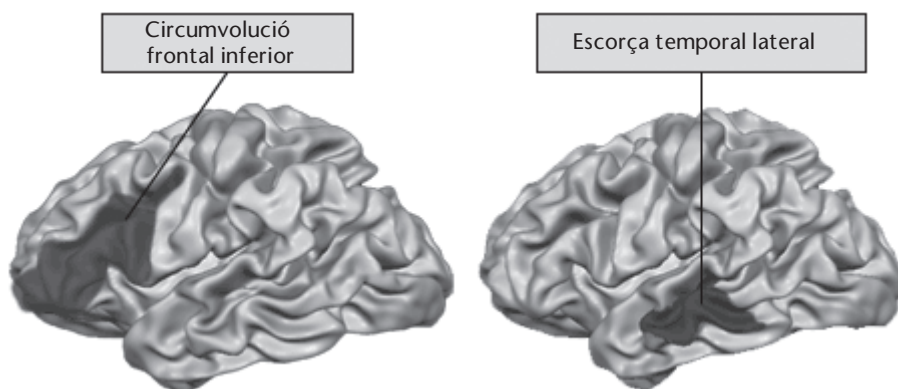
Figura 12. Àrea temporal inferior esquerra (àrea 20 de Brodmann), que sustenta la memòria de treball en el camp gràfic.



D'altra banda, les regions cerebrals que sustenten el manteniment i manipulació de les propietats gràfiques del llenguatge són diferents. Gràcies a estudis realitzats amb tècniques de neuroimatge funcional s'ha arribat a la conclusió que és la regió temporal inferior esquerra (àrea 20 de Brodmann) la que sustenta aquesta activitat (figura 12).

Finalment, les propietats semàntiques del llenguatge són processades per regions frontals i temporals, que inclouen la porció anterior del gir frontal inferior esquerre (àrees 45 i 47 de Brodmann; figura 13) i l'escorça temporal lateral esquerra (àrea 21 de Brodmann; figura 13). Sembla que el primer està més implicat en la manipulació de la informació, mentre que l'àrea temporal en sustenta l'emmagatzematge.

Figura 13. Circumvolució frontal inferior esquerra (en granat), la part anterior del qual està implicada en la memòria de treball semàntica, i escorça temporal lateral esquerra (en blau).



Imatge creada a partir del programari lliure: Brain Voyager (Brain Voyager Tutor):
<http://www.brainvoyager.com/products/braintutor.html>

El substrat neural de la memòria operativa quan processem material visual és diferent si treballem amb informació espacial o amb les característiques visuals dels objectes. Pel que fa al processament de la informació espacial, a més de la implicació de l'escorça prefrontal dorsal, es produeix l'activació selectiva d'una xarxa neural de l'hemisferi dret, que inclou el solc intraparietal (àrea 7 de Brodmann), relacionat amb la representació de la localització espacial, i el camp ocular frontal (àrea 8 de Brodmann), associat amb la coordinació oculomotora. De la mateixa manera que en treballar amb material verbal les àrees frontals (àrea de Broca) s'encarregaven de la manipulació de la informació mantinguda a les àrees posteriors (escorça parietal

inferior), quan el material és de caràcter visual, el camp ocular frontal duu a terme les funcions de manipulació, mentre que el solc intraparietal (àrea posterior) és subjacent al manteniment de la informació espacial.

Finalment, és important assenyalar que la memòria de treball d'altres modalitats sensorials tendeix a implicar l'escorça prefrontal dorsolateral i les regions sensorials unimodals que sustenten el processament de la informació de cada modalitat, com, per exemple, l'escorça auditiva en el cas de l'audició o l'escorça somatosensorial en el cas del tacte.

5. Bibliografia

- BAILEY, CH., CHEN, M. Morphological basis of long-term habituation and sensitization in *Aplysia*. *Science*. 1983; 220(4592):91-3.
- FUSTER, J. i ALEXANDER, G. E. Neuron activity related to short term memory. *Science*. 1971; 173: 652-654.
- KANDEL, E. R. The molecular biology of memory storage: a dialogui between gens and synapses. *Science*. 2001; 294(5544):1030-8.
- MILNER, B., SQUIRE L. R., KANDEL, E. R. Cognitive neuroscience and the study of memory. *Neuron*. 1998; 20(3):445-68.
- KANWISHER, N., YOVEL, G. The fusiform face area: a cortical region specialized for the perception of façs. *Philos Trans R Soc Lond B Biol Sci*. 2006; 29(1476):2109-28.
- DAMASIO H., GRABOWSKI, T. J., TRANEL, D., HICHTWA, R. D., DAMASIO, A. R. A neural basis for lexical retrieval. *Nature*. 1996 380(6574):499-505.
- WARRINGTON, E. K., SHALLICE, T. Category specific semantic impairments. *Brain*. 1984;107:829-54.

Glossari

Amígdala: conjunt de nuclis situats a l'interior del lòbul temporal que forma part del sistema límbic, i que es relaciona, principalment, amb processos emocionals.

Àrea de Broca: àrea del cervell localitzada en la tercera circumvolució frontal (àrea 44 de Broadman) de l'hemisferi esquerre. Estretament relacionada amb l'àrea de Wernicke, hi connecta a través del fascicle arquejat. És una regió crucial en la producció del llenguatge.

Àrea de Wernicke: àrea del cervell situada en la circumvolució temporal superior (àrees 22, 39 i 40 de Broadman) fonamental per a la comprensió del llenguatge. El fascicle arquejat la connecta amb l'àrea de Broca.

Cerebel: part de l'encèfal situada dorsalment al bulb raquidi i a la protuberància del tronc cerebral, composta per dos hemisferis, que consten d'escorça i àrea subcortical.

Condicionament parpebral: es tracta d'un dels dissenys experimentals més utilitzats en l'estudi de les bases neurals del condicionament clàssic. En aquest tipus de condicionament l'EI és una ràfega d'aire dirigida a l'ull, la qual cosa fa que es produeixi la resposta automàtica de parpelleig del subjecte (RI).

Escorça prefrontal: àrea d'associació cortical localitzada a la part més anterior del lòbul frontal i anterior a l'àrea promotora (àrees 9, 10, 11, 12, 44, 45, 46 i 47 de Broadman).

Cos estriat: principal via d'entrada dels ganglis basals. Està format pel nucli caudat i el nucli lenticular (format, al seu torn, pel putamen i el globus pàl·lid).

Malaltia de Parkinson: trastorn neurodegeneratiu crònic causat per la destrucció de les neurones pigmentades de la substància negra. Aquesta destrucció provoca la pèrdua de cèl·lules que sintetitzen el neurotransmissor dopamina, crucial tant per al control del moviment com en els sistemes d'aprenentatge procedimental i els sistemes reforç. Entre els símptomes principals es troben la rigidesa muscular, lentitud de moviments, tremolors de repòs i la inestabilitat postural.

Malalties d'Huntington: malaltia progressiva causada per la degeneració del nucli caudat i el putamen, principalment de les neurones GABA èrgiques i colinèrgiques. La simptomatologia consisteix en l'aparició de moviments incontrolats que semblen fragments de moviments amb una finalitat, però que ocorren de manera involuntària.

Formació hipocàmica: estructura prosencefàlica del lòbul temporal medial que constitueix una part important del sistema límbic. Inclou, a més de l'hipocamp pròpiament dit, la circumvolució dentada, el subicle i la fimbria o fòrnix.

Ganglis basals: grup de nuclis subcorticals del telencèfal que inclouen el nucli caudat, el globus pàl·lid, el putamen, la substància negra i el nucli subtalàmic. Són una part fonamental del sistema motor extrapiramidal.

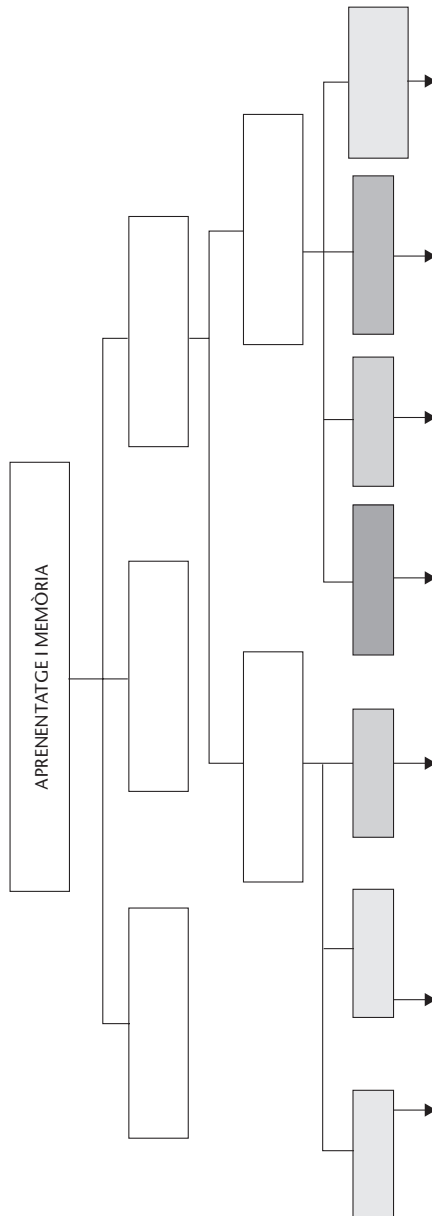
Hipocamp: estructura cerebral del prosencefàl situada a la regió anterior del lòbul temporal que forma part del sistema límbic. Fonamentalment es compon de dues estructures, el gir o fàscia dentada i la banya d'Ammon.

Sistema límbic: conjunt de regions cerebrals que inclou els nuclis anteriors del tàlem, l'amígdala, l'hipocamp, l'escorça límbica i part de l'hipocamp.

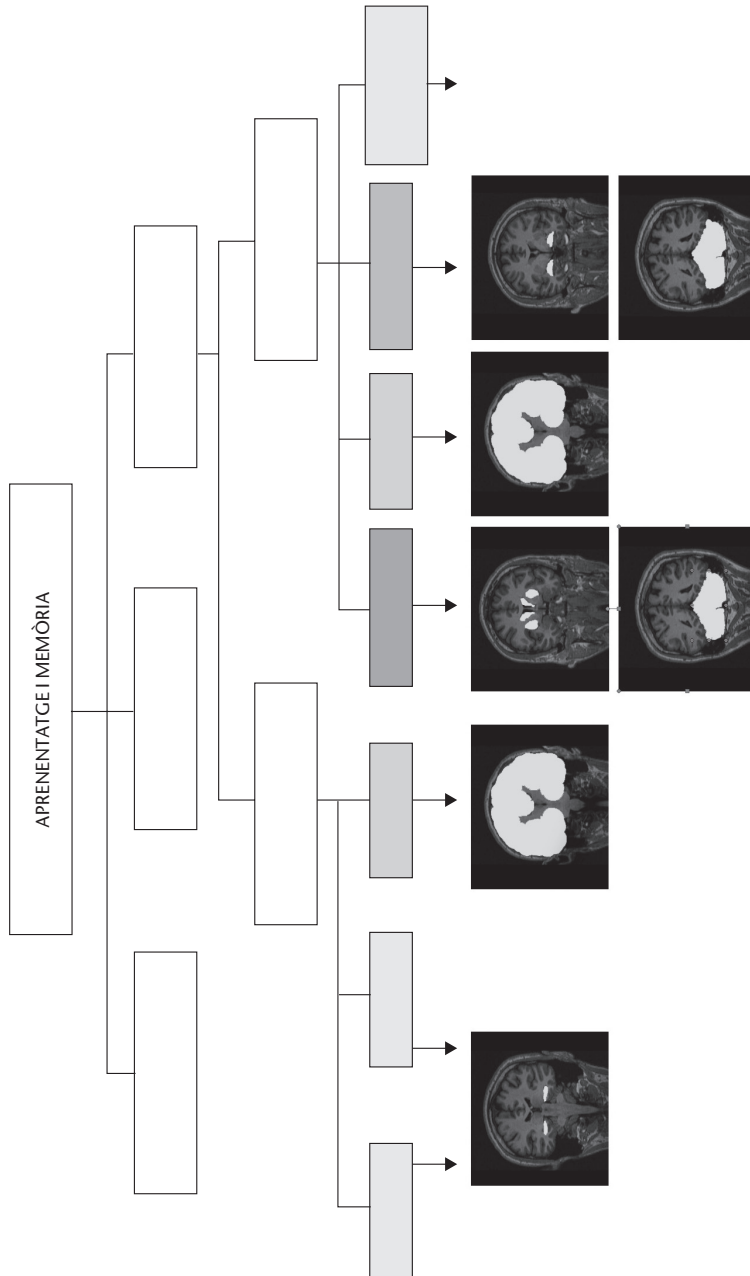
Tàlem: àrea cerebral més gran del diencèfal situada per sobre de l'hipotàlem. Està format per una sèrie de nuclis que projecten informació a regions específiques de l'escorça cerebral, de la qual rep també informació.

Preguntes d'autoavaluació

1. Completa la taula següent amb la classificació integradora de l'aprenentatge i la memòria.



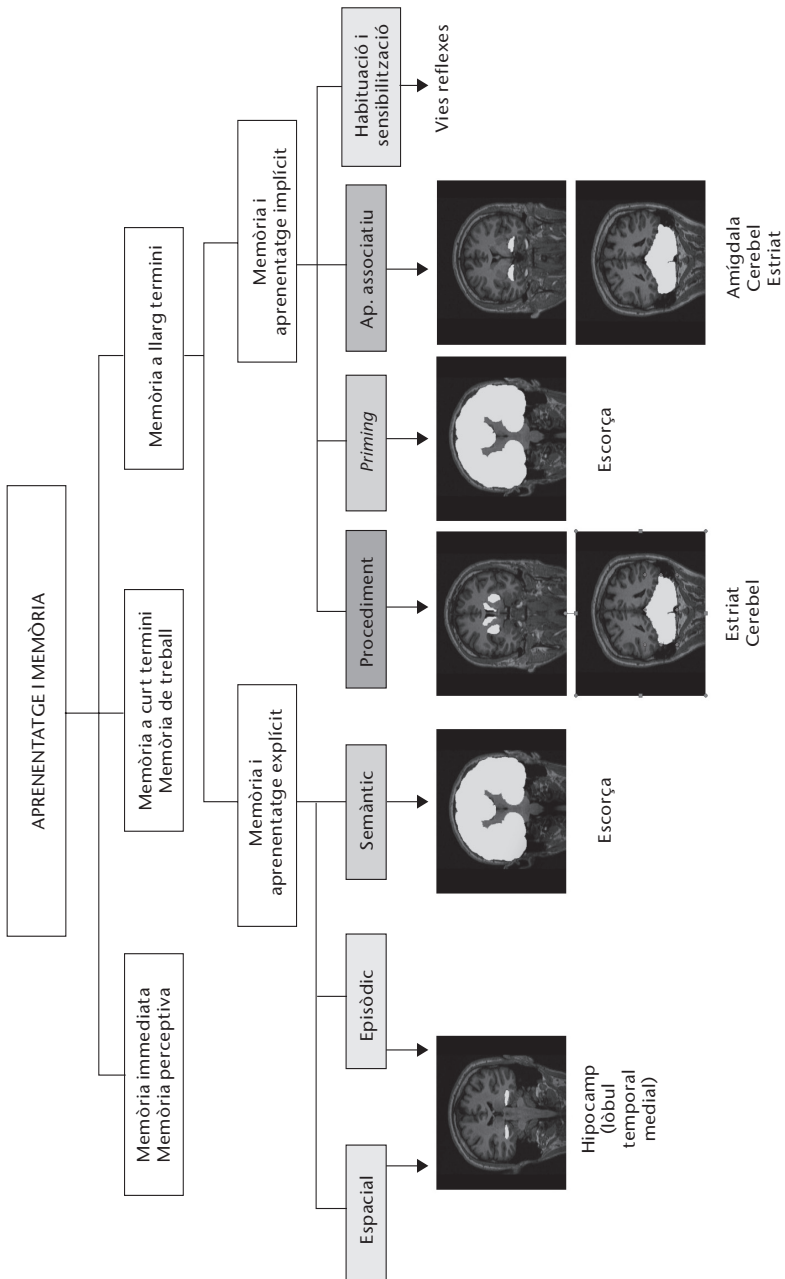
2. Completa la taula següent amb les principals àrees cerebrals implicades en cadascun dels tipus d'aprenentatge i memòria proposats en la classificació integradora.



- | | |
|--|-----|
| <p>3. Dins les àrees cerebrals implicades en l'aprenentatge i la memòria procedimental, les connexions que tenen un paper determinant són dues (completa l'element que falta):</p> <p style="padding-left: 40px;">Cortico_____corticals</p> <p style="padding-left: 40px;">Cortico_____corticals</p> | |
| <p>4. L'estructura cerebral principalment implicada en la memòria relacional és l'hipocamp</p> | V F |
| <p>5. Dibuixa i explica breument l'esquema general del procés de memòria, basant-te en les estructures cerebrals que hi ha implicades i la relació entre elles.</p> | V F |
| <p>6. És en el lòbul temporal medial on es produeix l'emmagatzematge d'informació a llarg termini.</p> | V F |
| <p>7. En la memòria de treball hi estan implicades tant àrees cerebrals anteriors com posteriors.</p> | V F |
| <p>8. L'escorça prefrontal dorsolateral és la regió que assumeix el control general sobre les operacions de memòria de treball en totes les modalitats sensorials.</p> | V F |
| <p>9. El substrat neural de la memòria operativa és el mateix tant si processem material visual com verbal.</p> | V F |
| <p>10. L'aprenentatge per <i>priming</i> no requereix implicació del lòbul temporal medial.</p> | V F |
| <p>11. En el condicionament clàssic d'empremta les estructures decerals principalment implicades són el cerebel i _____.</p> | |
| <p>12. El còrtex prefrontal és l'àrea cerebral que s'encarrega de programar l'acte motor en l'aprenentatge procedimental.</p> | V F |
| <p>13. L'àrea cerebral més involucrada en la memòria implícita és el lòbul temporal medial.</p> | V F |
| <p>14. Els pacients amb lesió hipocàmica no són capaços de formar memòries a llarg termini.</p> | V F |
| <p>15. En el <i>priming</i>, davant d'estímuls ja presentats anteriorment, l'activitat neural de la regió cerebral implicada en el processament inicial d'aquests estímuls es veu augmentada.</p> | V F |

Respostes d'autoavaluació

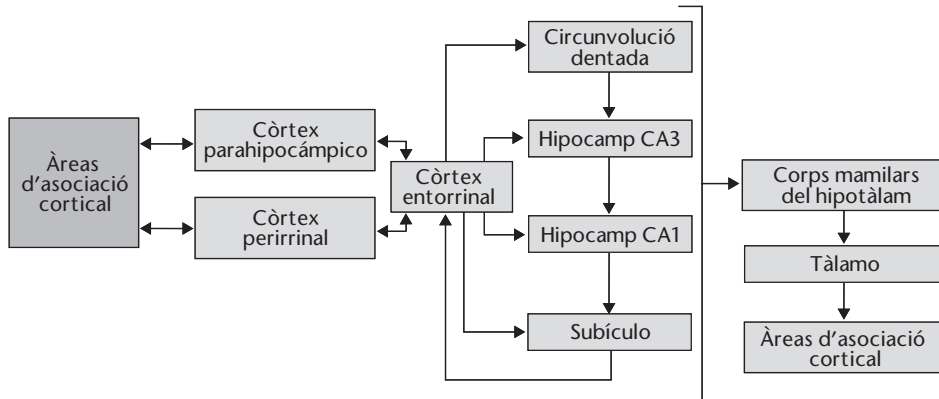
1 i 2.



3. Corticoestriocorticals / Corticocerebel·locorticals

4. V

5.



6. F

7. V

8. V

9. F

10. V

11. La formació hipocàmpica.

12. V

13. F

14. V

15. F

Capítol III

Bases cognitives del llenguatge

José Antonio Periañez Morales i Elena Muñoz Marrón

1. Objectius

Els objectius del present capítol són els següents:

1. Conèixer la definició de la psicologia del llenguatge i identificar els seus objectius i eines de treball.
2. Conèixer el desenvolupament històric recent de la psicologia del llenguatge i les diferents perspectives teòriques que han contribuït a la seva construcció.
3. Descriure els processos de codificació del llenguatge oral i escrit i les diferències entre ambdues modalitats de comprensió.
4. Conèixer els models teòrics de la comprensió de fonemes, paraules oracions i textos.
5. Descobrir la complexitat de l'estudi dels processos de producció del llenguatge i la metodologia que ha guiat l'avenç en aquest àmbit.
6. Comprendre els principals models cognitius de la producció del llenguatge i les fases de processament.
7. Estudiar les característiques del diàleg i els models actuals que tracten d'explicar els factors cognitius específics que intervenen en aquesta modalitat de llenguatge.

1. Concepte i breu revisió històrica de la psicologia del llenguatge

La psicologia del llenguatge o psicolingüística és una disciplina científica jove, canviant i multidisciplinària. D'entre les moltes definicions que n'hi ha, la d'Os-good i Sebeok (1954) és destacable pel fet d'haver nascut arran del seminari que per a molts constitueix l'origen oficial de la disciplina científica que avui coneixem amb el nom de psicologia del llenguatge. Aquest esdeveniment va tenir lloc

a Indiana (EUA) l'any 1953, sota els auspicis del Social Science Research Council i organitzat per aquests mateixos autors.

Per a Osgood i Sebeok la psicolingüística es defineix com «la disciplina que s'ocupa en el més ampli sentit de les relacions entre els missatges i les característiques dels individus humans que els seleccionen i interpreten. En un sentit més estricte, la psicolingüística estudia els processos a través dels quals les intencions dels parlants es transformen en senyals segons un codi acceptat culturalment i aquells altres processos pels quals aquests senyals es transformen en interpretacions dels oïdors. En altres paraules, la psicolingüística tracta directament dels processos de codificació i decodificació en tant que relacionen estats de missatges amb estats de comunicants» (Osgood i Sebeok, 1954).

A la llum d'aquesta definició i d'altres de més recents, recollides per Belinchón i col·laboradors (2005), podríem assenyalar que per a la majoria dels autors són, com a mínim, tres els àmbits d'investigació principals en psicologia del llenguatge: adquisició, comprensió i producció del llenguatge. A l'hora de delimitar els aspectes que han de ser tinguts en compte en l'estudi d'aquestes qüestions resulta d'utilitat tenir en compte algunes de les característiques o propietats formals que comparteixen totes les llengües: són sistemes estructurats i simbòlics amb unes regles que regeixen l'ús correcte dels seus subsistemes. Aquests subsistemes comprenen un sistema de sons, o fonologia; regles per a la formació de paraules, o morfologia; un sistema de vocabulari i significat, lèxic i semàntica; normes per a la formació de les oracions o sintaxi; i regles sobre com utilitzar el llenguatge adequadament en contextos socials, o pragmàtica.

Figura 1. Nivells de descripció del sistema lingüístic i unitats bàsiques d'anàlisi.

Nivells	Descripció	Unitat bàsica
Fonològic	Estudia la producció de sons i les seves regles de combinació	Fonema
Lèxic	Sistema de paraules que componen una llengua	Lexema
Morfològic	Conjunt de regles que periten la formació de paraules	Morfema
Sintàctic	Regles que ordenen i combinen paraules per formar oracions	Oració
Semàntic	Representació del coneixement sobre els objectes/ entitats del món, les seves relacions i els fets o esdeveniments que se'ls associen	
Pragmàtic	Variacions del significat en funció del context	

En paraules de Noam Chomsky estudiem el llenguatge pel fet de ser «un mirall de la ment en un sentit profund i significatiu. És un producte de la intel·ligència humana, creat de nou en cada individu mitjançant operacions que es troben més enllà de l'abast de la voluntat o la consciència» (Chomsky, 1975). És per això que potser moltes de les preguntes que actualment es plantegen des de la psicologia del llenguatge ja eren d'interès per a filòsofs, metges, lingüistes i científics d'altres temps. Un exemple paradigmàtic d'aquest interès és citat per Tirapu, Ríos-Lago i Maestú (2008) en el seu *Manual de Neuropsicología*, en referir que hi ha constància en papirs egipcis datats 1.700 anys aC sobre casos de pacients amb alteracions del llenguatge com a conseqüència d'un dany cerebral. La majoria dels autors coincideixen a atribuir a la figura de Wilhem Wundt (1832-1920) una de les primeres teories psicològiques sobre el llenguatge, que va aconseguir una significació paradigmàtica. La seva preocupació per explicar el llenguatge constituí una constant en la seva vida intel·lectual (Blumenthal, 1970). Sota la seva perspectiva estructuralista, Wundt creia possible aplicar els mètodes rigorosos de les ciències naturals a l'estudi de fenòmens mentals com les sensacions, els sentiments o les imatges mentals. En particular, l'autor va identificar en l'estudi del llenguatge una porta oberta per a investigar la naturalesa de la ment. La qualificació de «mestre de la psicolingüística» deriva en bona mesura de les seves aportacions en àmbits com la gramàtica, la fonologia, la comprensió lingüística, l'adquisició del llenguatge, el llenguatge de signes o la lectura, i, per descomptat, el desenvolupament de la que es podria considerar la primera teoria sobre la producció lingüística.

Durant els anys trenta i quaranta destaquen aportacions aïllades com les de Bühler el 1934 amb la seva *Teoria del llenguatge* en l'àmbit europeu (Bühler, 1934), o les de Sapir i Whorf, més interessats pels aspectes antropològics del llenguatge als Estats Units. No obstant això, a principi dels anys cinquanta psicòlegs i lingüistes van començar a reunir-se per discutir si els avenços de la psicologia experimental podien aplicar-se a l'estudi de la comprensió i la producció del llenguatge. En aquest context el paradigma dominant en la psicologia científica era el conductisme i la teoria de l'aprenentatge, representat per figures com Hull, Watson i Skinner, que concebien l'aprenentatge com la conseqüència de successives cadenes de reforçament estímul-resposta. Autors com Osgood (1963) van tractar d'explicar l'aprenentatge sintàctic a partir de les probabilitats de transició (o la probabilitat estadística que una paraula fos a continuació d'una altra). En aquesta mateixa línia, Skinner (1957) va formular explicacions conductuals del funcionament del llenguatge a partir d'un model que tractava de predir les condicions que provocaven l'ús d'una paraula donada. Però, aviat, aquestes concepcions conductistes trobaren limita-

cions en intentar donar compte del processament de frases que contenen elements discontinus (p. ex., clàusules de relatiu), o en intentar predir les fases inicials de l'aprenentatge del llenguatge en nens. Sens dubte, un dels desafiaments més rotunds a l'explicació conductista arribà amb l'aparició del marc de la gramàtica generativa i la crítica de Chomsky al model conductista (Chomsky, 1959, 1965), alterant la manera com psicòlegs i lingüistes abordarien l'estudi del llenguatge durant les dues dècades següents.

El marc de la gramàtica generativa/transformacional va ser utilitzat com a alternativa pels psicòlegs que intentaven determinar en quina mesura les noves teories que descrivien com es formaven les expressions d'una llengua podien ser el reflex de les operacions mentals dutes a terme pels parlants i oïdors en fer ús el llenguatge. En aquest sentit es plantejava, per exemple, si les operacions mentals dels nens en procés d'adquisició d'una llengua, i dels adults en usar-la, depenien de l'aprenentatge de transformacions que operaven en oracions simples adquirides primerencament per crear formes lingüístiques més complexes. La teoria lingüística no va predir encertadament les respostes dels subjectes en les situacions experimentals plantejades pels psicòlegs en el laboratori o els patrons de desenvolupament observat en els nens. En aquest punt, l'evolució de les teories lingüístiques i de la psicologia del llenguatge començaren a separar-se a principis dels anys setanta, fins a aconseguir una diferenciació clara entre els seus objectius i concepcions sobre el llenguatge humà. Així, George Miller, en el seu treball de 1990 titulat *Lingüistes, psicòlegs i ciències cognitives* (Miller, 1990), afirma que mentre els gramàtics estaven més interessats en el que haurien de dir que en el que realment diuen els parlants, irritant així els psicòlegs, aquests insistien a complementar la intuïció amb l'evidència objectiva, irritant els lingüistes. Alhora, es descobriria la importància d'algunes de les aportacions de la psicolingüística europea, especialment l'obra de Lev Vygotsky, el llibre del qual sobre Pensament i Llenguatge va ser traduït a l'anglès el 1962, i aquest autor passà a ser el principal determinant del gir que una part important dels psicòlegs va donar vers l'aspecte comunicatiu i social del llenguatge. La influència de l'escola de Piaget a Ginebra contribuirà també a l'establiment de nous fonaments diferents dels generativistes per a l'estudi de l'adquisició i el desenvolupament del llenguatge.

Durant els anys setanta es començà a explorar la naturalesa de la comprensió sense remetre's a cap teoria gramatical, i es descobriren les interaccions entre els diversos nivells d'anàlisi lingüística i el context situacional durant el processament del llenguatge. Així, autors com Berko-Gleason (2003) afirmen que, si el treball en psicolingüística durant els anys seixanta s'havia centrat en el processament sintàc-

tic, el realitzat durant els setanta se centrà en l'estudi de l'organització del lèxic mental i el processament de textos i del discurs. El nou rumb de la psicologia del llenguatge comença a consolidar-se sota el paradigma del processament de la informació, que concep els éssers humans com a processadors, en què la informació entra a través dels nostres òrgans sensorials i sofreix una sèrie de transformacions, el producte de les quals és incorporat a la memòria permanent i pot ser emprat per a la generació de noves conductes.

La incorporació de mesures, com els temps de reacció, per investigadors com Herbert Clark durant la realització de tasques lingüístiques de diversa índole constituirà una eina de treball habitual per a elucidar la complexitat de les operacions mentals en curs durant el processament lingüístic. En estreta relació amb l'enfocament del processament de la informació, l'estudi dels trastorns del llenguatge pren una gran rellevància en aquest moment, fins al punt de donar lloc al desenvolupament d'una nova disciplina científica denominada neuropsicologia cognitiva del llenguatge o neurolingüística. La figura clau en aquest context, després de les primeres aportacions de Paul Broca a França i Carl Wernicke a Alemanya, fou, sens dubte, la del soviètic Alexander R. Luria, que, a partir de l'examen de nombrosos pacients amb lesions cerebrals, arriba a la conclusió que els processos complexos no estan localitzats en zones específiques del cervell, sinó distribuïts al llarg d'extenses àrees formant sistemes funcionals complexos.

En línies generals, l'evolució de la psicologia del llenguatge en les últimes dècades ha seguit una trajectòria que presenta certes característiques globals. Primer, a mesura que es distancia de la lingüística i va cobrant més importància el component psicològic, s'accentua l'interès pels processos cognitius compromesos en l'ús del llenguatge en detriment dels seus aspectes formals. En segon lloc, s'ha desplaçat la unitat principal d'anàlisi a aspectes més «macroscòpics», com el text, el discurs o fins i tot el diàleg, en detriment d'unitats menors, com les paraules o les oracions. En tercer lloc, molts autors postulen l'especificitat del llenguatge o l'existència d'un processador lingüístic específic i diferenciat d'altres processos cognitius (Carroll, 2006c) (si bé no tots accepten la versió forta de la modularitat fodoriana). Finalment, en els últims temps hi ha hagut una inclinació creixent per l'estudi d'altres aspectes funcionals del llenguatge, com la pragmàtica o els models mentals de situació que elaboren els parlants, el bilingüisme, la lectura, els trastorns del llenguatge o les bases cerebrals dels processos descrits en els models de la psicologia cognitiva. En definitiva, la psicologia del llenguatge del nostre temps és un camp divers en el qual, igual que en psicologia, no es pot afirmar que hi hagi domini d'un punt de vista teòric únic, i on la informació procedent d'altres camps de les ciències cogni-

tives i neurològiques no deixa d'aportar noves perspectives i idees en constant desenvolupament.

2. La comprensió del llenguatge

D'acord amb el que hem exposat sobre el concepte de psicologia del llenguatge, les tasques fonamentals que corresponen a la nostra disciplina són dues: explicar els processos que tenen lloc durant la comprensió i la producció del llenguatge, tant en la modalitat oral com escrita. Referent a això, el llenguatge oral té una sèrie de propietats que el diferencien del llenguatge escrit. Així, mentre el llenguatge oral té una organització temporal, l'escrit la té espacial, la qual cosa fa que la disponibilitat física de la informació difereixi i variï substancialment entre modalitats. Això marcarà diferències importants a l'hora d'abordar l'estudi d'aquests processos entre modalitats, donant lloc a problemes particulars com el de **la segmentació** de les unitats de parla (present en la modalitat oral, però no en l'escrita) o **l'absència d'invariància** en el senyal d'entrada (més gran també en la modalitat oral que en l'escrita).

A més hauré de considerar que el llenguatge, com qualsevol activitat complexa, pot ser examinat des de diferents nivells de descripció. En el nivell més bàsic, el llenguatge és una activitat física que es produeix i rep per estructures anatomicofisiològiques ben definides, com ara l'oïda i el tracte vocal o les mans. El següent pas haurà de descriure el substrat neural que duen a terme els processos cognitius no observables de forma directa i que requeriran un nivell de descripció més abstracte. A la base d'aquesta idea hi ha el concepte de «procés mental» o el conjunt d'operacions que, aplicades sobre un estat mental inicial que serveix d'entrada o *input*, dóna lloc a un estat mental diferent de sortida o *output*. En la comprensió del llenguatge, l'*input* seran els estímuls del llenguatge (oral o escrit), i l'estat final d'*output* serà la construcció d'una representació mental del significat. En la producció lingüística, l'*input* serà la concepció d'un significat que es desitja transmetre, mentre que l'estat de sortida final es compon de l'execució d'una seqüència de moviments articuladoris o manuals. En tots dos casos, entre els dos estats extrems d'*input* i *output* caldrà distingir una sèrie de subprocessos intermedis que succeeixen de forma relativament ràpida, en virtut dels quals es produiran les transformacions que requereix la informació de partida per a obtenir el resultat últim. La caracterització d'aquests processos i la relació entre ells, és a dir, la descripció de l'arquitectura funcional responsable de la comprensió i la producció lingüística, és la principal comesa de la psicologia del llenguatge.

A continuació passarem a considerar per separat cadascun dels principals nivells de processament exposats, a la llum de l'estat del nostre coneixement actual, tal com recullen els manuals de psicologia del llenguatge i la literatura científica recent. Aquesta descripció, lluny de ser exhaustiva, tracta de resumir breument alguns dels principals temes d'investigació que han estat abordats dins de cadascun dels nivells d'anàlisi establerts.

2.1. Percepció del llenguatge

Malgrat que els processos centrals de la comprensió del llenguatge poden considerar-se equivalents per a les modalitats oral i escrita, no hi ha dubte que les primeres etapes corresponents al processament perceptiu són molt diferents depenent del canal d'entrada. Examinarem en primer lloc les propietats de la percepció de la parla o llenguatge oral i continuarem descrivint les pròpies de la lectura o la percepció escrita.

2.1.1. Percepció del llenguatge oral

Malgrat l'aparent simplicitat i passivitat amb la qual percebem el llenguatge parlat, es tracta d'una tasca extraordinàriament complexa per dues raons fonamentals: (a) el soroll del context ambiental sol dificultar la percepció i (b) no hi ha correspondència directa entre les característiques de l'estímul acústic i els sons de la parla que escoltem, és a dir, hi ha absència d'invariància (ja que les característiques acústiques són variables en funció de la veu de la parlant, la velocitat de producció, el context fonètic, etc.). L'estudi dels sons de la parla es denomina **fonètica**. La **fonètica articulatòria** estudia els mecanismes de producció d'aquests sons (lloc d'articulació, forma d'articulació o sonoritat), mentre que la **fonètica acústica** n'estudia les propietats acústiques.

Entre les propietats acústiques dels senyals de la parla destaquen la **transmissió paral·lela**, o fenomen pel qual diferents formes d'una mateixa síl·laba es codifiquen en el senyal de parla simultàniament (en l'espectrograma o representació de l'anàlisi de freqüències d'un so com /pa/ resulta difícil distingir on acaba el so /p/ i on comença el so /a/), i la **variabilitat dependent de context**, o fenomen pel qual l'espectrograma d'un so determinat està lligat al context de parla en què es troba (el so /p/ no es codifica igual en l'espectrograma si el so següent és /a/ que si és /i/). Els

oïdors, per a la resolució del problema de l'absència d'invariància, semblen imposar un reconeixement absolut o categòric als senyals de la parla que processen. En aquest sentit, Liberman i col·laboradors (1967), després de descriure aquesta propietat categòrica del reconeixement (**percepció categòrica**), van formular la teoria motora de la comprensió del llenguatge parlat, que defensa que la comprensió del llenguatge es produeix per referència a la producció. És a dir, donada la complexitat del senyal de la parla i la sovint insuficient informació disponible per a extreure sons lingüístics (fonemes, síl·labes, paraules) a partir de l'anàlisi acústica, els oïdors utilitzarien el seu coneixement articulatori implícit sobre com es produeixen els sons com a ajuda per a la percepció. Entre les proves experimentals que han ajudat a fonamentar aquesta teoria és de destacar l'efecte McGurk (McGurk & MacDonald, 1976), pel qual quan els subjectes visualitzen imatges d'un subjecte pronunciant amb els llavis la síl·laba /ga/, però el so que s'escolta en el vídeo al mateix temps és el so /ba/, el percebut és /da/. Aquest efecte s'ha interpretat com una evidència que, efectivament, per a la comprensió del llenguatge parlat integrem factors acústics i articulatoris. Aquesta idea de la importància dels factors articulatoris en la comprensió també troba suport en fenòmens quotidians, com el fet que parlar per telèfon en una llengua que estem aprenent resulta molt més complicat que fer-ho cara a cara, o també la constatació que aprendre a pronunciar els sons d'una segona llengua millora substancialment la seva comprensió.

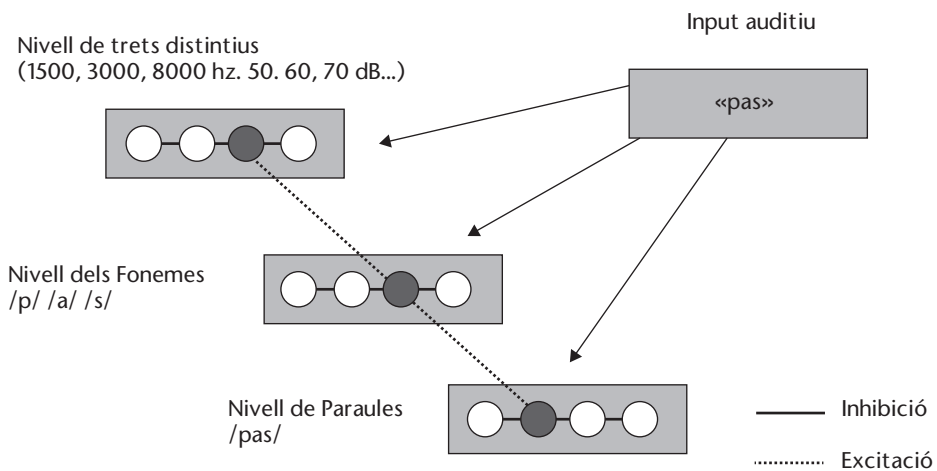
Redundant en la idea que els factors acústics resulten insuficients per al reconeixement del llenguatge, experiments com el de Pollack i Pickett (1964) van demostrar que quan les paraules d'una conversa perfectament comprensible eren segmentades i presentades als subjectes aïllades del seu context oracional, la comprensió oral disminuïa fins al 50% (la meitat de les paraules no eren reconegudes pels participants). Aquest i altres treballs similars començaren aviat a posar de manifest la idea que en la comprensió de la parla s'haurien de considerar altres factors prosòdics, semàntics i sintàctics que contribuïen a aquest reconeixement. Així, fenòmens com el de **la restauració fonològica**, pel qual quan en un experiment se substitueixen certs sons de paraules per soroll blanc (per exemple, eliminant el fonema /m/ de la paraula menjar) sense que els oïdors siguin capaços d'identificar l'absència d'aquest so, comencen a demanar l'atenció dels investigadors cap a nivells superiors del processament que interactuarien amb els factors fonològics durant la comprensió.

Sens dubte, el model TRACI de la percepció de la parla de Mc Clelland i Elman (1986), denominat model de processament interactiu de la percepció de la parla, posava de manifest la necessitat d'explicar la cooperació entre nivells d'anàlisi

del senyal de la parla durant la comprensió. En aquest sentit, el model proposa l'existència de tres nivells de processament perceptiu que s'activen simultàniament i interactuen en resposta als senyals lingüístics acústiques: trets distintius, fonemes i paraules. Davant un *input* donat, les unitats de cadascun dels tres nivells es van a activar en major o menor mesura, i aquesta activació inhibeix unitats competitives dins del mateix nivell i activa les unitats relacionades d'altres nivells. Per imaginar-nos com operaria la codificació de paraules en el model TRACI veurem un exemple. L'*input* /pas/ activaria en el nivell de les paraules sons semblats al d'entrada (/pas/, /vas/, /ras/) que tractarien d'inhibir-se mútuament amb vista a la selecció d'una d'elles, i activaria alhora elements en el nivell dels fonemes (/p/, /b/...) que també tractarien d'inhibir-se mútuament. No obstant això, si el fonema /p/ adquirís més activació que altres fonemes semblants (com /b/), aquesta activació seria transmesa en forma de senyal excitatori fins al nivell de les paraules facilitant la selecció de la paraula /pas/, ja que comença per aquest fonema.

Sota aquesta senzilla arquitectura, el model permet donar explicació a fenòmens com el de la percepció categòrica, els efectes de processament *top-down*, el reconeixement de pseudoparaules com a paraules i els efectes de coarticulació.

Figura 2. Model TRACE de McClelland i Elman (1986) per a la comprensió del llenguatge oral.



El model de processament interactiu planteja l'existència de tres nivells de processament per a la comprensió del llenguatge oral (trets distintius, fonemes i paraules) que interactuarien mitjançant senyals excitatoris internivell, i inhibidòries intranivell per a la comprensió dels senyals d'entrada.

2.1.2. Percepció del llenguatge escrit

El reconeixement del llenguatge escrit no presenta molts dels problemes característics de la parla pel que fa a la segmentació i a la falta d'invariància. L'escriptura té una estructura segmentada en la qual les lletres corresponen a patrons visuals diferenciats i les paraules es troben separades per espais en blanc. Per tant, en el processament inicial, el que s'ha d'explicar és com influeixen les característiques físiques de les paraules escrites, i quina relació hi ha entre la seqüència temporal en la qual es desenvolupa la lectura com a conducta observable i els processos cognitius subjacents. En aquest sentit una part important de la investigació sobre lectura ha versat sobre el reconeixement visual de les paraules. Malgrat això, hem de reconèixer que la major part dels estudis sobre escriptura s'han centrat en les llengües indoeuropees, i que hi ha altres sistemes possibles que actualment constitueixen un nou camp d'investigació.

Convé recordar que l'ortografia és el sistema que associa els sons d'una llengua amb una sèrie de símbols escrits i que diferents llengües del món difereixen en la seva ortografia. Així, mentre els sistemes logogràfics prenen la paraula o el morfema com a unitat lingüística i associen cada unitat amb un símbol pictòric, els sil·labaris prenen la síl·laba i l'associen a una representació visual, i els alfabetos associen cada fonema a un grafema concret. Les evidències arqueològiques apunten que l'evolució dels sistemes d'escriptura lineals va seguir aquest mateix patró seqüencial (Carroll, 2006a). Tant les demandes cognitives imposades per cadascun d'aquests sistemes d'escriptura com el patró d'activitat cerebral associat a la comprensió escrita en cadascun d'aquests sistemes d'escriptura sembla diferir (Valaki et al., 2004).

L'estudi de la lectura es remunta molt temps enrere en la història de la psicologia experimental i la seva anàlisi constitueix una bona eina d'estudi dels processos en curs. Variables com la velocitat lectora s'han considerat marcadors del tipus de processament que té lloc durant la lectura d'un text. A partir de tècniques com l'estudi dels moviments oculars (tretes, fixacions i regressions) s'ha pogut concloure, per exemple, que durant la lectura els estímuls en la perifèria del punt de fixació són processats anticipadament en l'aspecte visual i fins i tot en el semàntic (Rayner, 1975). També els experiments de Neisser (1964) sobre reconeixement de lletres van demostrar que els trets dels estímuls que acompanyen una lletra donada determinen la velocitat a la qual aquesta lletra és reconeguda. Així, resulta més fàcil reconèixer una lletra «Z» quan els trets que l'acompanyen són diferents (OGZBD) que quan aquests trets són similars (FRZTW). Un altre dels fenòmens experimentals més importants amb relació al reconeixement de lletres durant la lectura és l'efecte de

superioritat de la paraula, descrit en primer lloc per Cattell l'any 1886. Aquest efecte fa referència al fet que resulta més senzill reconèixer una lletra en el context d'una paraula que en el d'una pseudoparaula. Tot i això, fins després de vuitanta anys els experiments de Reicher (1969) no demostraren sense cap dubte el caràcter perceptiu d'aquest efecte de facilitació.

El model desenvolupat per McClelland i Rumelhart el 1981 (i actualitzat en McClelland i Rumelhart, 1990) permeté acomodar molts d'aquests fenòmens sota una perspectiva interactiva paral·lela (conexionista) similar a l'exposada en l'apartat anterior per a la comprensió de la parla (model TRACE). El model presenta una arquitectura en tres nivells de processament (trets, lletres i paraules) que actuarien de manera simultània. Aquesta interacció entre nivells pot ser de tipus excitatori, quan l'activació d'un nivell incrementa la d'un altre, o inhibitori, quan l'activació d'un nivell redueix la d'un altre nivell. El model ofereix explicació a aquest efecte **de superioritat de la paraula** en el sentit que les activacions aconseguides en el nivell de les paraules facilitarien l'activació en el nivell de les lletres (la qual cosa no passaria en el cas de pseudoparaules, les quals no estarien representades en el nivell de les paraules). Així, detectar lletres en el context de paraules resultaria més senzill (més ràpid en termes de temps de reacció) pel fet que l'activació d'unitats lèxiques en el nivell de les paraules facilitaria l'activació d'unitats de representació en el nivell de les lletres. Així mateix, la inhibició d'unitats intranivell descrita pel model permetria explicar fenòmens com els descrits per Neisser per a la percepció de lletres. En aquest sentit, detectar la lletra Z en el context de lletres els trets de les quals són similars (TLMZFE) seria més complicat (es trigaria més temps) pels fenòmens d'inhibició que es produirien en els nivells de trets i lletres similars.

2.2. Reconeixement i comprensió de les paraules

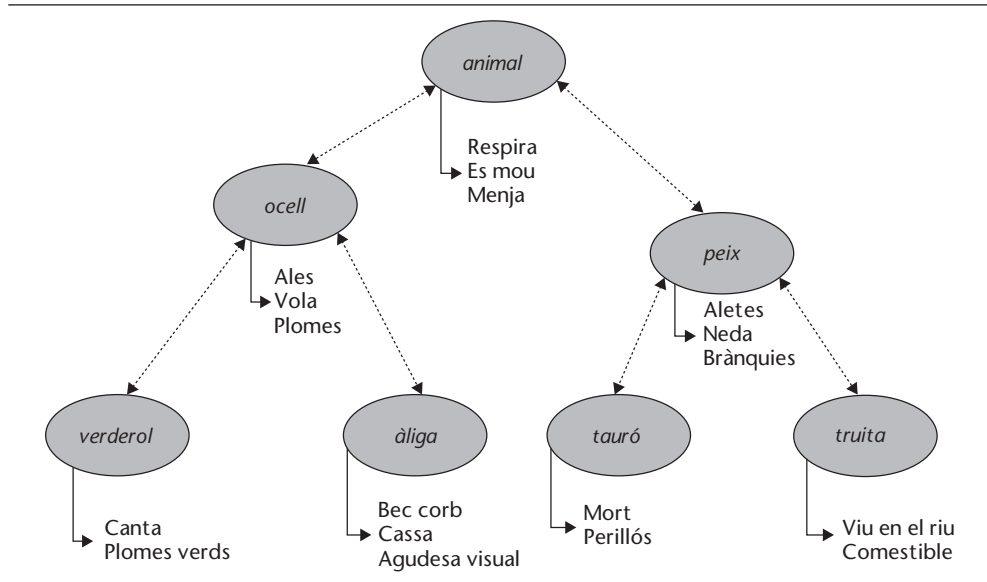
Qualsevol model que pretengui caracteritzar els processos de comprensió del llenguatge ha de incloure necessàriament una etapa de processament en la qual l'oïdor/lector accedeixi al significat de les paraules a partir de la informació continguda en l'estímul. Els temes principals que han preocupat els psicòlegs del llenguatge amb relació al reconeixement i la comprensió de paraules es podrien resumir en dos. D'una banda, ha interessat investigar l'organització d'aquest magatzem de memòria, i de l'altra, la manera com aconseguim accedir a aquests continguts o activar-los.

2.2.1. Models d'organització lèxica

Abans d'abordar aquestes qüestions convé aclarir que el nostre coneixement sobre les paraules no sembla restringir-se al significat. Entre les dimensions del nostre coneixement lèxic semblen trobar-se el coneixement fonològic sobre com es pronuncien les paraules, el coneixement sintàctic o categoria sintàctica a la qual pertanyen les paraules, el coneixement morfològic o formes en què poden derivar-se les paraules, i el coneixement semàntic, tant pel que fa als referents de les paraules com al seu sentit (tipus de relacions que mantenen amb altres).

La majoria de models actuals sobre l'organització de lèxic intern al·ludeixen a la noció de xarxa semàntica, en què els conceptes estarien representats per nodes interconnectats entre ells per mitjà de diferents tipus de relacions. Partint d'aquesta noció comuna, diversos autors han postulat diferents formes d'organització del nostre coneixement. El model de xarxa jeràrquica de Collins i Quillian (1969), com el nom indica, emfatitza el fet que el lèxic intern estaria organitzat en forma de xarxa jeràrquica, en què uns elements destacarien per la seva superioritat o inferioritat respecte a uns altres. Les relacions entre els nodes del sistema poden ser taxonòmiques (hiperonímia, hiponímia o coordinació), indicant a quina altura se situa cada element a la xarxa, o atributives o de propietat, que indiquen quines característiques es poden atribuir als elements en diferents nivells de la xarxa. Una de les propietats més destacables del model és l'economia cognitiva, per la qual la informació tendeix a emmagatzemar-se en un únic lloc de la xarxa (en el node més alt possible, deixant-la a la disposició dels nodes inferiors, als quals aplicaria aquesta informació). Les tasques de verificació semàntica, en les quals es pregunta als subjectes si «Un A és un B» van servir per a proporcionar evidències a favor d'aquesta teoria, observant-se en general més temps de verificació com més llunyana era la distància que teòricament separava els conceptes A i B. Figura 3. Exemple de xarxa jeràrquica. Les línies discontinües reflectirien les relacions taxonòmiques (de superioritat, igualtat o inferioritat). Les línies contínues al·ludeixen a relacions atributives o atributs que poden associar-se a una categoria determinada i a totes aquelles que queden per sota en la jerarquia. Així, l'atribut «respira» del node «Animals» aplicaria a tots els elements que quedessin per sota en la jerarquia (ocells, peixos...). Aquest tipus d'organització s'ha denominat d'economia cognitiva, atès que les propietats dels conceptes només s'emmagatzemarien en el lloc en què tinguessin major nivell de generalitat. No obstant això, fenòmens com el de tipicitat aviat demostrarien que una jerarquia estricta no és pas un bon model d'organització lèxica.

Figura 3. Model de xarxa jeràrquica.



Malgrat que el model assumeix que tots els exemplars d'una categoria (o elements d'una jerarquia donada) són iguals, aviat es va comprovar que alguns exemplars es verifiquen amb més rapidesa que uns altres. Aquest fenomen, denominat **efecte de tipicitat**, consisteix en el fet que els elements considerats més típics d'un determinat subordinat (categoria) requereixen menys temps de verificació que els més atípics. Models com el d'activació expandida de Collins i Loftus (1975) plantejaren poc després alternatives plausibles a la noció jeràrquica. En el seu model, aquests autors suggereixen que les paraules estan representades en el lèxic intern a manera de xarxa, però no necessàriament de forma jeràrquica. La distància entre nodes quedaria determinada per característiques estructurals i per relacions i consideracions taxonòmiques, com la tipicitat, la freqüència d'ús i el grau d'associació entre conceptes relacionats. En el model, la recuperació d'informació es produeix mitjançant un procés d'activació expandida, començant en un node donat i estenent-se en paral·lel després al llarg de tota la xarxa. L'activació s'atenuaria en funció de l'espai entre nodes i el temps transcorregut des del moment d'activació inicial. Malgrat que el model permet explicar efectes com el de tipicitat, el de freqüència d'ús o els fenòmens de *priming*, està centrat en els aspectes semàntics del lèxic i desatén altres dimensions (sintàctica, morfològica, fonològica).

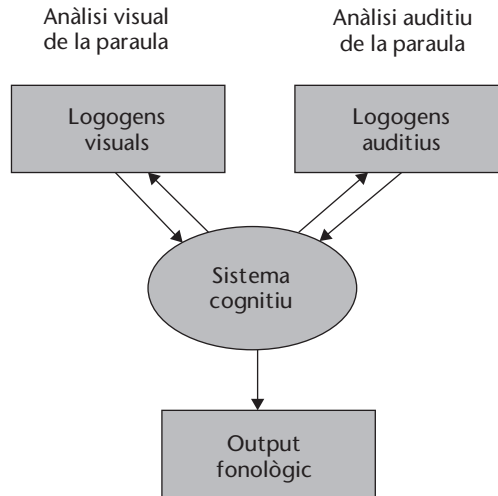
Amb la finalitat d'incorporar aquestes darreres, i sota premisses i mecanismes similars als del model de Collins i Loftus (1975), neix el model de Bock i Levelt

(1994). Els autors hi assenyalen que el nostre coneixement de les paraules consistiria en una xarxa lèxica i existiria almenys en tres nivells diferents però interconnectats entre si: el nivell conceptual o nodes que representen conceptes connectats per les seves relacions, el nivell dels lemmas o aspectes sintàctics del coneixement de les paraules (funció gramatical, gènere), i el nivell dels lexemes o sons i propietats fonològiques de les paraules. Sens dubte, aquest model recull les millors propietats dels models anteriors, incorporant la noció de tres capes o nivells de representació de les paraules i és una de les alternatives que explica millor els resultats experimentals.

2.2.2. Models d'accés lèxic

Com assenyalàvem al principi de l'apartat, la segona tasca d'interès per als psicòlegs del llenguatge amb relació al lèxic intern ha estat tractar de posar en clar els mecanismes pels quals accedim a aquesta informació des de la informació d'*input* perceptiu. Referent a això, un dels models clàssics és el model de cerca autònoma de Forster (1976). Per a l'autor «buscar paraules en el lèxic no és gaire diferent de buscar paraules en un diccionari». Proposa un sistema de reconeixement de paraules organitzat en dos components autònoms o independents respecte a altres sistemes que participen en el processament del llenguatge organitzats per freqüència d'ús descendent: component d'anàlisi ortogràfica de les paraules (lletrejar-les) i component d'anàlisi fonètica. Quan l'entrada sensorial és aparellada amb un element de qualsevol d'aquests dos components es recupera un «punter» o marcador d'una entrada en el lèxic intern (o lèxic mestre), a partir de la qual es recuperen les propietats associades a la paraula, incloses les semàntiques i sintàctiques. Alternativament, el Model Logogen (o de l'origen de les paraules) de Morton (1969) neix impulsat per la necessitat d'explicar els efectes *top-down* que modulen l'accés lèxic, definint el concepte de logogens com a representacions de les paraules del lèxic que actuarien com a comptadors de trets de les paraules d'entrada amb llindars d'activació. El mecanisme d'accés consistiria en la superació d'aquest llindar d'activació a partir del reconeixement de trets, de l'entrada sensorial o bé del context oracional (factors *top-down*). Aquestes dues rutes d'activació operarien en paral·lel i ambdues podrien influir en el llindar d'activació dels logogens de forma simultània, la qual cosa constitueix la principal diferència amb el model anterior, en què l'activació de les paraules dependria exclusivament de l'anàlisi de la informació d'entrada.

Figura 4. Representació esquemàtica del Model Logogen o «de l'origen de les paraules» de Morton (1979).



Adaptada del capítol MORTON, J. (1979). *Facilitation in word recognition: experiments causing change in the logogen model*. P. A. KOLERS & M. I. WROLSTAD & M. BOUMA (eds.). *Processing of visible language* (pàgs. 259-268). New York: Plenum.

En tercer lloc, el model de cohort de Marslen-Wilson (1987) sorgeix per explicar el reconeixement auditiu de paraules, i de quina manera factors com la sensibilitat al punt de reconeixement o punt en què una paraula és diferent de totes les altres, podrien influir en l'accés lèxic. El model proposa que el reconeixement de paraules tindria lloc en tres fases: (a) activació de candidats lèxics per a l'anàlisi acusticofonètica (cohort d'inici de paraules); (b) selecció d'un membre de la cohort per a analitzar-ho i anar reduint candidats en funció de l'entrada de nova informació fonològica i la incorporació d'altres tipus d'informació com la freqüència d'ús, el context oracional, etc.; (c) integració de l'element lèxic seleccionat en el context semanticosintàctic. De nou l'èxit del model de cohort en la investigació actual sobre accés lèxic està en bona mesura en l'adopció de les millors característiques de cadascun dels models anteriors.

2.3. Comprensió d'oracions

Malgrat que diàriament escoltem i comprenem multitud d'oracions sense a penes esforç i de forma ràpida, el conjunt d'operacions mentals que hem de mane-

jar per a dur a terme aquesta comprensió és complex. La comprensió d'una oració implica parar esment a factors sintàctics (reconeixent els rols sintàctics de les paraules), factors semàntics (el significat de les paraules) i factors pragmàtics (sentit de l'oració en un context donat). Un dels objectius principals de la investigació sobre comprensió d'oracions és identificar quin paper té cadascun d'aquests factors en la comprensió i com interactuen entre si durant el processament d'oracions.

Un dels primers passos del procés de comprensió d'oracions consisteix a classificar els elements de l'estructura superficial en categories lingüístiques, amb la finalitat de generar una estructura arbòria o «marcador sintagmàtic», que permet establir quines relacions hi ha entre els diferents elements que componen l'oració mitjançant l'anàlisi sintàctica. Sembla que una de les formes en què el sistema perceptiu redueix la càrrega de processament durant la comprensió del llenguatge continu consisteix a dividir les oracions entrants en clàusules. Tant els experiments de comprensió d'oracions en la modalitat oral com en l'escripta demostren que els temps mitjans de processament de paraules que formen oracions augmenten significativament al final de cada clàusula (Stine, 1990). A més, com més clàusules contenia l'oració presentada als participants, més gran era l'increment dels temps de reacció en les paraules del final de la següent clàusula. Aquests resultats abonen el principi d'immediatesa, pel qual els subjectes extreuen el significat de les oracions (i en resolen l'anàlisi sintàctica) conforme les van escoltant o llegint sense esperar al final.

L'estudi de com els oïdors o lectors manegen l'«ambigüitat sintàctica» (o casos en què una clàusula o oració pot tenir més d'una interpretació, donades les funcions gramaticals potencials de les paraules individuals) s'ha mostrat útil a l'hora de revelar els principis generals de la comprensió d'oracions. Un dels principals models que han mostrat la manera com processem oracions és el model de via morta o de sendera de jardí (de l'anglès «*garden path*») de Frazier (1987). Segons aquest model, l'oïdor efectua només una anàlisi sintàctica inicial d'una seqüència de paraules d'acord amb diversos principis i regles d'anàlisi: principi de tancament tardà (preferim adjuntar elements nous d'una oració a la clàusula més recent) i principi d'adjunció mínima (preferim adjuntar elements nous al **marcador sintagmàtic** existent, en comptes de generar nous nodes sintàctics). Alternativament, el model de satisfacció de restriccions del processament d'oracions (McClelland, 1987) afirma que es pot generar més d'una anàlisi sintàctica d'una seqüència de paraules, encara que només en mantinguem una d'activa en la consciència. Quan en arribar al final de l'oració descobrim el nostre error en l'anàlisi, activem la interpretació alternativa (aquestes interpretacions no són totes les possibles, sinó les més possibles a partir del nostre coneixement semàntic o les nostres expectatives). Malgrat que les evi-

dències sobre temps de lectura s'han recolzat en el model de via morta (Frazier i Rayner, 1982), hi ha estudis que indiquen que, en alguns tipus d'oracions, els lectors en regions ambigües de les oracions construeixen interpretacions múltiples conforme llegeixen.

A l'hora de posar en clar el caràcter modular o interactiu de l'analitzador sintàctic, diferents autors han tractat de confirmar experimentalment la manera com variables diferents de les sintàctiques (plausibilitat, context semàntic, variables lèxiques) poden afectar la forma en què processem oracions. S'ha destacat la potent influència dels factors lèxics en l'anàlisi sintàctica (per l'accessibilitat d'aquesta informació) en experiments en què la variació de paraules concretes de l'oració, en oracions amb idèntica estructura sintàctica ambigua, aconseguen esbiaixar el tipus d'estratègia sintàctica emprada pels subjectes (Trueswell, Tanenhaus i Garnsey, 1994). Per exemple, davant la frase ambigua «En Joan va veure en Carles amb els prismàtics» resulta difícil destriar qui dels dos portava els prismàtics. Tot i això, si diem «En Joan va veure el cavall amb els prismàtics» aquesta ambigüitat desapareix. Per contra, el processament sintàctic ha resultat relativament independent de variables com del context oracional previ a una oració ambigua, en què només en alguns casos particulars sembla ser emprat pels subjectes com a font d'informació (Ferreira i Clifton, 1986). Avui, i a la llum de molts d'aquests experiments, la perspectiva modular segueix resistint-se a ser falsejada. No obstant això, sembla que l'assumpció de la modularitat sobre que les estratègies de processament de l'analitzador sintàctic (tancament tardà i adjunció mínima) haurien de ser universals no és pas correcta. En aquest sentit, l'aparició de nous experiments sobre les estratègies d'anàlisi d'oracions ambigües en diferents llengües, com l'espanyol, l'italià o l'alemany, està proporcionant cada vegada més evidències que això no és així i que, depenent del tipus d'ambigüitat, cada cultura mostra diferents preferències per a solucionar l'ambigüitat sintàctica (per exemple, tancament primerenc, etc.).

2.3.1. Comprensió del llenguatge figurat

La comprensió del llenguatge figurat (metàfores, metonímies, modismes o refranys) també ha captat l'atenció dels investigadors, tenint en compte que és molt present en el llenguatge quotidià i molt potent com a eina comunicativa i conceptual.

Segons la teoria pragmàtica de la comprensió del llenguatge figurat (Searle, 1975), la comprensió d'aquest tipus d'oracions passa per tres etapes: (a) extracció del significat literal; (b) avaluació del significat segons el context i les convencions comuni-

catives (quantitat, veracitat, pertinència i intel·ligibilitat); i (c) elaboració d'un significat indirecte, o procés de resolució de problemes en el qual, a partir del acte de la parla directa i les màximes comunicatives, se n'extreu el significat indirecte. Malgrat que sota aquesta lògica, extreure sentits metafòrics hauria d'implicar més temps de processament que extreure sentits literals, els resultats dels experiments han mostrat que no és així, i que la comprensió del llenguatge figurat és similar a la del literal. La teoria de la metàfora conceptual (Lakoff i Johnson, 1980) soluciona aquest problema mitjançant la proposta d'un mecanisme d'identificació de metàfores conceptuais. En aquest sentit, les metàfores no serien expressions creatives, sinó representacions de metàfores conceptuais subjacents comunes a una cultura. Accedir al significat d'una metàfora implicaria reconèixer la metàfora conceptual subjacent que tenim emmagatzemada. Així, comprendríem la frase metafòrica «No m'entra més informació per a avui» perquè coneixem la metàfora conceptual de la nostra cultura sobre que «la ment és com un magatzem d'idees». Tanmateix, aquesta teoria no permet explicar tots els tipus de llenguatge metafòric. La teoria d'inclusió en classes (Glucksberg i Keysar, 1990) assumeix que les metàfores són enunciats d'inclusió de classe que són processats com a enunciats de classificació de categories a partir de l'organització del nostre lèxic intern. Així, comprendre una metàfora consistiria a activar tots els conceptes relacionats amb una paraula donada, els directes i els indirectes. Comprendríem el sentit de la frase «El meu treball és una presó» pel fet que la paraula 'presó' estaria connectada a la nostra xarxa lèxica amb conceptes com el de «càstig» o «privació de llibertat», els quals s'activarien automàticament pel principi d'activació expandida. Un dels principals avantatges d'aquesta teoria és que, a diferència dels models anteriors, no requereix proposar mecanismes o capítols de memòria diferents dels propis del sistema lèxic, i per això resulta una explicació altament econòmica a l'aspecte cognitiu.

2.4. Comprensió del text/discurs

El text/discurs és el resultat de l'activitat lingüística, i exhibeix una estructura definida amb un significat més complex que el dels morfemes o les paraules que el componen. En aquest sentit, el text constitueix el mitjà per a transmetre idees i intencions en els intercanvis comunicatius. Tres característiques essencials del text/discurs són: (a) és un vehicle per a transmetre informació; (b) serveix o persegueix una intenció; (c) és una representació del món real o dels mons possibles. El text no resulta intel·ligible fora del marc de coneixement previ compartit pels qui es comu-

niquen (López-Higes Sánchez i del Río Grande, 2006). L'estudi de la comprensió de textos implica l'estudi dels processos pels quals, una vegada conculsa l'anàlisi sintàctica i formades les representacions proposicionals d'una oració particular, els subjectes estableixen relacions entre aquestes proposicions i les anteriors.

Les denominades «gramàtiques d'històries» constitueixen una de les primeres aproximacions a l'explicació de quins mecanismes enguagem per a la comprensió de textos. La proposta assumeix que qualsevol text posseeix una estructura subjacent (per exemple, principi, nucli, final). El propòsit de la comprensió seria reconstruir l'estructura subjacent a una història donada (gramàtica textual). Així, la gramàtica d'històries seria un conjunt de regles sobre l'estructura dels sintagmes que componen un text. Des d'aquest punt de vista comprendre un text implicaria, d'una banda, la identificació de les unitats bàsiques de contingut (o continguts de clàusules) i la seva assignació posterior a les ranures de l'estructura subjacent (principi, nucli i final). Entre les principals crítiques a models d'aquest tipus basats en l'existència d'esquemes previs com aquestes «gramàtiques» hi ha la falta d'acord sobre quins haurien de ser els elements i les regles de les històries, o el fet que aquesta teoria només proporcionaria una explicació al subconjunt d'històries que mantinguessin aquestes estructures.

Un dels models cognitius alternatius sobre la comprensió de textos és el proposat a la fi dels setanta per Kintsch i Van Dijk (1978). Segons aquests autors, la comprensió d'un text/discurs dona lloc a tres nivells de representació interrelacionats. El primer nivell és la forma superficial o passatgera consistent en una seqüència de paraules (sintàcticament, semànticament i pragmàticament interpretades). El segon nivell del model és el nivell microestructural, en el qual s'estableix la cohesió del text base o conjunt de procediments pels quals els elements superficials apareixen com a ocurrences progressives, de manera que la seva connexió seqüencial pot mantenir-se i recuperar-se (repetició, elements connectius, elements conjuntius, substitució i el·lipsi, o coreferència). El tercer nivell de representació és el nivell macroestructural, i fa referència a la coherència o conjunt de procediments mitjançant els quals s'activen els elements de coneixement que mantenen i fan recuperable la seva connexió conceptual (coherència local o relacions semàntiques entre enunciats successius del discurs; i coherència global que depèn de la coherència local i del nostre coneixement del món i de l'organització del mateix text). El nivell de representació psicològica del text seria el macroestructural on es representa el **text base**, o representació mental del text que tractem de comprendre. El procés d'elaboració de la macroestructura està guiat per tres tipus d'operadors o processos mentals que relacionen les microproposicions amb les idees que copsen el seu contingut essencial (macroproposicions): (a)

operadors de supressió o eliminació de proposicions que no contribueixen a la interpretació d'unes altres; (b) operadors de generalització o substitució d'una seqüència de proposicions per una de més general que en recull l'essencial; i (c) operadors de construcció, pels quals proposicions condicionals, conseqüents o components d'una proposició més global poden ser substituïdes o integrades en aquesta última. L'aplicació recursiva dels operadors donarà com a resultat una única macroproposició final depurada (tema) que ocupa el lloc més alt de la jerarquia en la macroestructura.

2.4.1. Representació mental del text i models mentals o de situació

Finalment, i ateses les limitacions dels models teòrics prèviament plantejats respecte a aquelles situacions de comprensió que requereixen informació no estrictament lingüística, resulta de gran interès esmentar la teoria dels models mentals (Johnson-Laird, 1983) o models de situació. Es tracta d'una proposta de format per a les representacions mentals del text/discurs amb propietats dinàmiques i que els lectors/oïdors construirien integrant les representacions elaborades a partir del text (proposicions) i les inferides pel seu coneixement previ. A diferència d'altres tipus de representacions del text/discurs, els models mentals o de situació són representacions elàstiques que es modifiquen constantment amb relació al coneixement present i passat de l'oïdor/lector. L'estructura causal sembla ser una de les propietats més importants dels models mentals o de situació (Fletcher, 1994): (a) les connexions causals entrellacen agrupacions de proposicions; (b) les persones perceben una estructura causal en el seu entorn físic i social; (c) l'impacte de les connexions causals sobre el record del text depèn de la situació. L'estructura causal té impacte sobre el record en la memòria a curt termini durant la comprensió i afecta l'organització de les proposicions del text base. A més, la importància subjectiva d'una proposició serà funció lineal del nombre de connexions causals que té amb altres.

3. Producció del llenguatge

L'estudi dels processos de producció comporta moltes més dificultats que el dels processos de comprensió. Malgrat que la parla o l'escriptura són conductes fàcilment observables i quantificables, els processos que condueixen a l'emissió de tals conductes són molt més difícils de sotmetre a control experimental. En conseqüència, podem afirmar que avui coneixem molt més i amb més detall els processos de

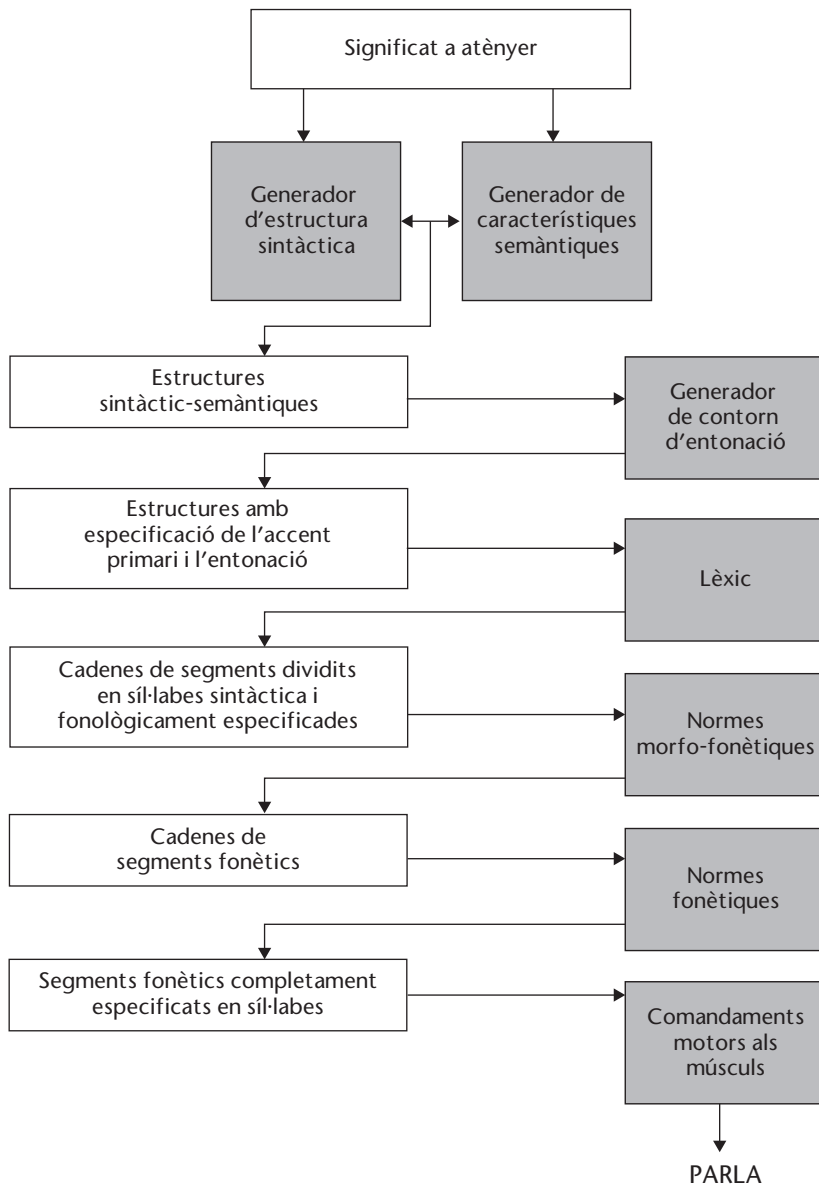
comprensió lingüística que els processos de producció. No obstant això, aquest fet no ha frenat pas l'avenç de la investigació sobre producció. Per contra, la investigació sobre els processos i les representacions implicades en la producció del llenguatge s'ha vist incrementada de forma substancial en l'última dècada. Així, si entre els anys 1990 i 1999 el nombre d'articles indexats en bases de dades com PsycINFO® que incloïen en les seves *abstracts* les paraules clau '*language production*' es calculaven en 395, entre els anys 2000 i 2009, aquest nombre ascendia ja a gairebé deu vegades més (3199).

Una de les metodologies més importants en l'estudi de la producció lingüística i en l'elaboració de models teòrics sobre la producció des del paradigma de la psicologia cognitiva, és l'anàlisi dels errors o *lapsus linguae*. Per a la psicolingüística, l'objectiu de l'anàlisi dels errors de la parla s'ha centrat a comprendre les propietats dels errors com a base per a la comprensió dels mecanismes de la producció. En aquest sentit, diferents tipus d'errors podrien correspondre a fallades en diferents fases del processament durant la producció. Al costat d'aquesta metodologia clàssica, en psicologia cognitiva s'han desenvolupat diferents paradigmes experimentals que han permès observar, sota condicions experimentals més controlades, diferents aspectes de la producció. En aquest sentit caldria destacar les tasques de lectura en veu alta sota pressió de temps, les tasques de facilitació fonològica, els paradigmes de *priming* sintàctic o estructural, les tasques de monitoratge de fonemes, o les tasques de denominació a partir d'imatges o definicions per a forçar l'aparició del fenomen de la punta de la llengua (PDL).

3.1. Producció del llenguatge oral

El model de planificació de la parla de Victoria Fromkin sobre el processament d'oracions (1971) deriva de l'anàlisi dels errors produïts pels parlants en contextos naturals. Fromkin va descriure una sèrie de fenòmens que havien de ser explicats per qualsevol model que pretengués explicar els processos de producció i que captà en el seu model de processament serial. Per a l'autora, la producció començaria amb la generació del significat que es vol transmetre. En paral·lel a la generació del significat tindria lloc la selecció de l'estructura sintàctica adequada per a la transmissió de la «idea» o el «significat» desitjat. En aquesta fase s'especificarien els espais que ocuparan les paraules, que aniran dotats de les característiques semàntiques d'aquests conceptes. A continuació es procediria a l'assignació del perfil d'entonació principal a l'estructura sintàctica emmagatzemada. En la primera fase de l'accés

Figura 5. Model de Fromkin (1971) sobre el processament per a la producció d'oracions.



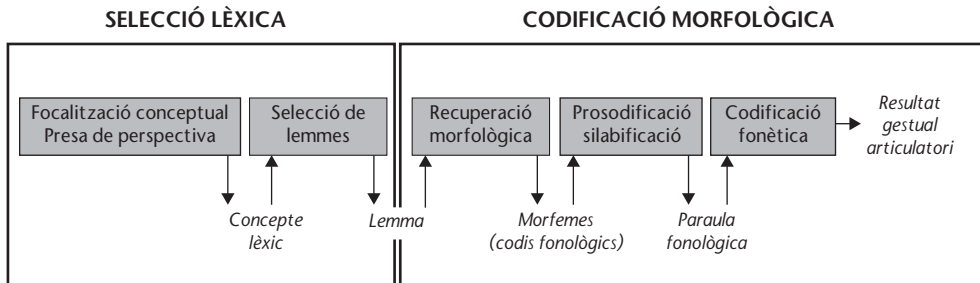
lèxic es produiria l'assignació de paraules de contingut a espais a partir de les característiques semàntiques i sintàctiques definides amb anterioritat (substantius, verbs i adjectius). L'assignació de paraules funcionals (articles, preposicions i conjuncions, prefixos i sufixos) tindria lloc en una fase independent i posterior a la d'assignació de les paraules de contingut. Els últims estadis de processament del model anirien dirigits a l'especificació de la forma fonològica de les paraules i l'especificació fonètica prèvia a l'articulació dels sons que formen les paraules.

Des d'una perspectiva connexionista diferent de la de Fromkin, el model de producció de Dell (1986) proposa que les frases que seran emeses pels parlants són construïdes en paral·lel en diferents nivells de representació (semàntica, sintàctica, morfològica i fonològica). És a dir, quan un subjecte planifica una emissió donada, el procés de construcció del significat que vol transmetre ocorreria simultàniament a la representació que especifica l'ordre dels diferents elements constituents en l'oració, i també en paral·lel a la selecció de les paraules que volen dir-se i dels sons corresponents (processament en paral·lel). El mecanisme principal que regularia la producció seria un mecanisme d'activació de nodes «etiqueta» o representacions d'alt nivell que expandirien aquesta activació a representacions de baix nivell en el lèxic intern. Quan un node «etiqueta» aconsegueix una activació major que zero, mana part d'aquesta activació a tots els nodes connectats amb ell. El nivell d'activació en els nodes és additiu, però també decau de forma exponencial amb el pas del temps. Una altra de les assumpcions importants del model és que les connexions són bidireccionals, la qual cosa, al costat de la naturalesa jeràrquica de la xarxa lèxica, fa que hi hagi connexions excitatòries descendents (*top-down*) i connexions excitatòries ascendents (*bottom-up*).

En últim lloc esmentarem el model de Levelt i col·laboradors (1999), derivat de l'anàlisi dels temps de reacció en tasques de laboratori i que en l'actualitat constitueix un dels més influents en l'estudi de la producció. El model consta de dues fases principals, en les quals tindrien lloc diferents operacions i representacions, la selecció lèxica i la codificació morfològica. El procés de selecció lèxica començaria amb l'activació del concepte lèxic que es vol evocar focalitzant el nivell de concreció o abstracció d'aquest concepte. La segona fase de la selecció lèxica implica l'activació dels lemmas o representacions de les propietats sintàctiques dels conceptes (nombre, persona, gènere). Cada concepte lèxic apunta a un lema que caldrà seleccionar en funció del seu nivell d'activació per competició. La codificació morfològica s'inicia en la recuperació de la forma fonològica dels lemmas activats en la fase anterior (estructura morfològica, longitud i segments), que es denomina morfema. En la fase de sil·labació, els morfemes són transformats o «lletrejats» en grups de

seqüències ordenades (síl·labes) amb entonació, denominades paraules fonològiques. Finalment, la codificació fonètica consistiria a generar una cadena de rutines gestuals sil·làbiques que es corresponen amb les paraules fonològiques que volen produir-se, que es denominen resultat articuladori.

Figura 6. Model serial d'activació expandida de Levelt i col·laboradors (1999) sobre el processament per a la producció de paraules.



Adaptada de l'article LEVELT, W. J., ROELOFS, A., & MEYER, A. S. (1999). A theory of lexical access in speech production. *Behav Brain Sci*, 22(1), 1-38; discussion 38-75.

3.2. Producció del llenguatge escrit

Models com el d'Ellis i Young (Ellis i Young, 1992) gaudeixen de gran acceptació entre els neuropsicòlegs clínics, els logopedes i els fonoaudiòlegs, i constitueixen la base de nombrosos procediments d'avaluació i rehabilitació de pacients amb diferents alteracions del llenguatge (vegeu, per exemple, Cuetos Vega, 1998). Malgrat que el model presenta un esquema de processament global del llenguatge per a la comprensió i la producció en les modalitats oral i escrita, en aquesta secció només descriurem les especificacions del model respecte a la ruta de producció escrita. Aquesta ruta tracta de mostrar les fases de processament que tenen lloc des que el subjecte planifica a un nivell abstracte el missatge que desitja emetre fins que aquesta informació és transformada en forma de moviments específics a la mà. A continuació descriurem les fases de processament seqüencials que serien necessàries per a generar un missatge escrit.

L'activació d'un element en el sistema semàntic seria el punt de partida del sistema de producció escrita. En aquest sistema s'emmagatzemen els significats o les representacions internes dels significats de les paraules i els objectes del món (per exemple, propietats i usos). Les representacions semàntiques no inclourien els noms verbalitzats dels conceptes. Aquesta fase podria correspondre's en part amb la fase

de conceptualització del missatge present en altres models de producció. El patró d'alteracions típiques d'aquest capítol es denomina afàsia o anòmia semàntica. Aquests pacients poden denominar objectes d'algunes categories semàntiques, però no d'unes altres; fins i tot s'han descrit casos de pacients amb dificultats en l'habilitat per anomenar éssers vius, amb una capacitat preservada d'anomenar objectes inanimats. Aquests pacients sofreixen una deterioració de les representacions semàntiques de certes categories i, com a conseqüència, aquestes representacions no estan disponibles, la qual cosa impedeix tant una adequada comprensió com una adequada producció del seu nom.

El llexicó d'*output* gràfèmic seria la segona fase per a la producció escrita i consisteix en el magatzem de memòria sobre l'ortografia de les paraules. Cada vegada que aprenem l'ortografia d'una paraula nova, s'emmagatzemaria una entrada en aquesta porció de la memòria a llarg termini. Per tant, escriure aquesta paraula passaria per l'activació d'aquesta representació. El codi representacional manejat per aquest magatzem és un codi gràfèmic abstracte en forma de seqüència de lletres que podrà ser transformat en codis més concrets (majúscules, minúscules, cursiva, manuscrit, mecanografia, etc.). L'evidència neuropsicològica que hi ha de l'estudi de pacients amb alteracions independents del llexicó d'*output* de parla i del llexicó d'*output* gràfèmic avalen la independència d'aquest magatzem per a l'ortografia dels seus homòlegs en la parla.

Hi ha almenys dues entrades possibles al llexicó d'*output* gràfèmic. La primera prové directament del sistema semàntic, tal com ha estat descrit en la producció oral. La segona provindria del llexicó d'*output* de la parla. Aquesta noció es correspon amb l'experiència subjectiva, que sovint, quan escrivim, la nostra «veu interna» va dient les paraules a mesura que les anem escrivint. Un dels principals dèficits derivats de l'alteració d'aquest sistema és la disgrafia superficial o la pèrdua del magatzem de les paraules escrites i la compensació d'aquesta dificultat mitjançant procediments de conversió fonema-grafema (vegeu-ho més endavant).

El mecanisme de conversió fonema-grafema consistiria en un sistema que posaria en comunicació el nivell fonèmic i el gràfèmic, permetent la transcripció escrita de paraules la grafia de les quals es desconeix o fins i tot de no paraules. Per a elaborar una forma escrita per aquest procediment, la forma parlada d'una paraula s'ha de fragmentar en els seus sons (fonemes) bàsics, cada fonema ha de ser reemplaçat per una lletra i la cadena resultant ha de ser emmagatzemada.

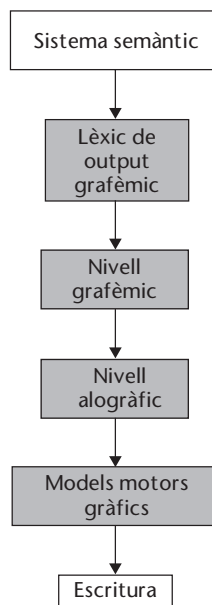
El nivell gràfèmic és el capítol que emmagatzema la representació abstracta de cadascuna de les lletres usades en la llengua. El patró típic d'escriptura en pacients amb alteracions en el nivell gràfèmic consisteix en la presència d'errors ortogràfics

consistents en addicions, omissions, substitucions i transposicions de lletres. La classe gramatical de les paraules no determina el patró d'errors, però sí la longitud de les paraules: hi ha més errors en paraules llargues. Aquests pacients no mostren dificultats en els traços o a l'hora d'escriure la forma de les lletres.

En la fase del nivell al·logràfic se seleccionaria la forma de les lletres (al·lògrafs) per a l'escriptura. Els pacients amb alteracions en aquest nivell de processament no mostren dificultats de lletrejar en veu alta (nivell grafèmic conservat), però sí que cometen errors de substitució durant l'escriptura. Aquestes dificultats tampoc no afecten la capacitat d'execució escrita de les lletres, les quals conserven la forma i configuració correctes.

Finalment, en l'etapa de patrons motors gràfics (o grafomotors) s'engegarien les seqüències de moviments manuals necessaris per a la creació de les lletres sobre el paper. Les dificultats d'aquests pacients no estan a lletrejar ni en la falta de coneixement sobre la forma escrita de les lletres, sinó que semblen haver oblidat la seqüència correcta de moviments per a transcriure aquesta forma gràfica de les lletres al paper. Escriuen lletres de forma incorrecta o incompleta en absència d'un altre tipus de dificultats apràxiques de caràcter més general.

Figura 7. Diagrama serial sobre les fases de processament per a la producció del llenguatge escrit segons Ellis i Young (1992).



3.3. El diàleg i la conversa

Centrar el focus d'atenció en el diàleg complexifica la tasca de desentranyar els processos que intervenen en aquesta modalitat de la conducta lingüística. Això és així perquè el diàleg no és la simple suma de dos monòlegs. El diàleg és un complex procés d'interacció dinàmica entre els participants regit per les seves pròpies regles o convencions. Aquestes regles, a més, reben una forta influència del context social i cultural del qual formen part els parlants. La conversa en general, i el diàleg en particular, constitueix la forma més natural i bàsica de l'ús del llenguatge.

Per a molts autors, l'establiment d'una teoria capaç d'explicar els mecanismes de processament bàsics presents durant la conversa constitueix una de les principals metes de la psicolingüística (Pickering i Garrod, 2004). D'una banda, hi ha un problema pràctic, ja que molts investigadors han considerat l'estudi de la conversa difícil o inabordable pels problemes pràctics a l'hora d'establir control experimental sobre les variables d'estudi. De l'altra, hi ha un problema teòric que prové del fet que la psicolingüística ha derivat bona part de les seves prediccions de la lingüística generativa, la qual, al seu torn, ha desenvolupat teories sobre les oracions aïllades i descontextualitzades procedents de l'anàlisi de monòlegs. Dues perspectives han tractat de resoldre aquestes limitacions en l'estudi científic de les converses. D'una banda, l'anàlisi del discurs emprà el mètode de la lingüística i tracta de revelar les unitats bàsiques del discurs i les regles que les posen en relació. De l'altra, l'anàlisi de les converses és un mètode empíric que tracta de revelar les propietats generals de l'organització de la conversa sense aplicar regles i en contextos naturals (Hartley, 2009).

Descriurem en primer lloc alguns dels mecanismes cognitius bàsics que constituïrien la base de l'activitat conversacional i a continuació revisarem, a un nivell més descriptivoestructural, algunes de les principals convencions o regles que fem durant les diferents fases de la conversa.

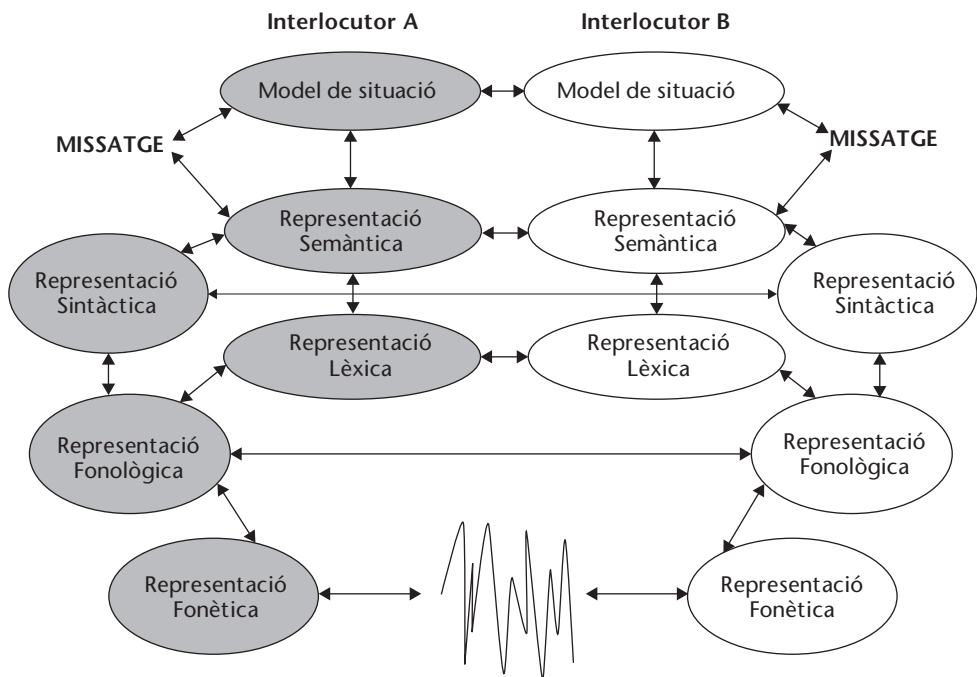
3.3.1. Mecanismes cognitius implicats en la conversa

Un dels autors pioners en l'estudi del diàleg és Hervert Clark (1996), que va assenyalar que potser la regla més important d'una conversa és l'«acció conjunta» o la mútua coordinació que s'ha de produir entre els participants mitjançant el seguiment d'un conjunt de regles. L'enfocament d'aquest autor ha permès definir la naturalesa d'algunes de les estratègies emprades pels interlocutors per a coordinar-se. Tot i això, aprofundint en els mecanismes de processament bàsics de què depèn la con-

versa, uns altres han definit un segon requisit en la conversa denominat alineació. En contraposició amb el concepte general de coordinació, l'alineació implicaria el fet que els interlocutors aconseguixin compartir les mateixes representacions mentals sobre els elements de la conversa (situació, lèxic, sintaxi, estats mentals, etc.). Un dels elements d'alineació fonamentals per a aconseguir un diàleg eficaç és l'alineació dels models de situació (o representació multidimensional de la situació sobre la qual es discuteix, que inclou paràmetres com l'espai, el temps, la causalitat, la intencionalitat i la referència als individus sobre els quals es discuteix). Per a Pickering i Garrod (2004), els mecanismes bàsics pels quals s'aconsegueix l'alineació serien quatre: mecanismes de *priming*, mecanismes inferencials, utilització d'expressions rutinàries i mecanismes de monitoratge. En primer lloc, i malgrat que podríem pensar que l'alineació s'aconsegueix a través de la negociació explícita dels models dels interlocutors, cal afirmar que no és freqüent que les persones defineixin de forma explícita les expressions que són utilitzades al llarg de la conversa. En aquest sentit la proposta dels autors suggereix que mecanismes de caràcter automàtic com el *priming* s'engendrien quan un interlocutor escolta un fragment de la conversa, que activarà una representació donada. Al seu torn, l'ús d'aquesta representació serà més probable en la seva següent intervenció. A mesura que la interacció entre interlocutors avança, les representacions usades per a generar un *output* donat s'aniran alineant amb aquelles emprades per a la comprensió del següent element d'entrada o *input*, la qual cosa succeirà de forma interactiva en els diferents nivells de representació (semàntic, pragmàtic, etc.) fins a aconseguir una alineació eficaç. En segon lloc, malgrat que per explicar la base d'una comunicació eficaç entre interlocutors alguns models evidencien la necessitat d'un «fons de coneixement comú» entre els participants (amb tots els problemes que tal pressupòsit implica en l'aspecte computacional), el model interactiu proposa una alternativa més plausible, basada en la realització d'inferències per part dels interlocutors sobre el coneixement mutu, denominades «fons de coneixement implícit». Aquest coneixement implícit no derivaria d'un acte explícit dels interlocutors per a generar un model sobre les creences de l'altre, sinó que es construiria de manera automàtica i progressiva a partir de la informació que es va comprènent i produint al llarg de la conversa. L'ús de mecanismes de reparació interactiva facilitarien el manteniment del fons comú implícit quan l'alineació no és suficient. Aquest mecanisme de reparació consistiria en dos processos que s'aplicarien de forma repetida fins a aconseguir alineació: (a) comprovació de quan un pot interpretar de manera directa un *input* amb relació a les representacions pròpies, i (b) en cas que el primer mecanisme falli, reformular l'expressió de manera que permeti l'establiment d'un fons de coneixement implícit. En tercer lloc, les rutines són expressions

fixes a les quals podem tenir accés d'una manera relativament automàtica com un tot, la freqüència d'aparició de les quals és elevada amb relació a altres paraules i que es produeixen habitualment durant la conversa en comparació d'altres tipus d'actes lingüístics (per exemple, el monòleg). Per al model, les rutines es produeixen a causa de l'alineació interactiva i contribueixen d'una manera clau a la fluïdesa del diàleg (per exemple, davant les explicacions del nostre interlocutor vam afirmar «sé el que em dius»). Finalment, els mecanismes d'automonitoratge sota la perspectiva del model d'alineació interactiva serien un cas particular dels fenòmens d'alineació, però en l'àmbit del mateix subjecte i no de la interacció entre dos o més. Per tant, la capacitat d'automonitoratge consistiria en una «autoalineació». D'aquesta manera, l'automonitoratge seria possible a qualsevol nivell de la producció lingüística (semàntic, sintàctic, fonològic, etc.) a partir de la detecció de la falta d'alineació entre nivells de representació. L'existència de mecanismes de monitoratge semblaria una conseqüència del diàleg. Automonitoratge i heteromonitoratge serien processos homòlegs i necessaris per a la consecució d'una conversa eficaç.

Figura 8. Diagrama del model de diàleg de Pickering i Garrod (2004).



Adaptada de l'article PICKERING, M. J., i GARROD, S. (2004). Toward a mechanistic psychology of dialogui. *Behav Brain Sci*, 27(2), 169-190; discussion 190-226.

3.3.2. Convencions emprades durant la conversa

Per concloure el capítol revisarem algunes de les regles implícites que manegem a l'hora de dialogar i que sens dubte contribueixen a la comprensió entre els parlants. Una de les màximes expressions de les convencions compartides pels interlocutors durant la conversa és el principi de cooperació (Grice, 1975), que intervé en les relacions entre les intencions dels parlants i els enunciatos que figuren en el discurs. Per a Grice, durant la conversa, els parlants i els oïdors cooperen perquè sigui significativa i tingui sentit. Això s'aconsegueix mitjançant l'ús de quatre màximes conversacionals (regles que ajuden a fer que la conversa tingui sentit): ser tan informatiu com es pugui, però no més del necessari (quantitat); que la contribució d'informació sigui veritable (veracitat); parlar del que té relació amb el que ja s'ha dit o amb l'objectiu de la conversa (pertinència); i, finalment, ser precís, clar, breu i ordenat, evitant l'ambigüitat o la verborrea (intel·ligibilitat). En general, la falta d'ajustament a aquestes màximes fa que la conversa perdi ràpidament el sentit, si això passa sense un propòsit concret. No obstant això, el nostre coneixement d'aquestes màximes al costat de l'ocupació d'un altre tipus d'inferències, fa que fins i tot en situacions en què la conversa sembla incomplir-ne clarament alguna, puguem treure sentit d'aquestes violacions. Imaginem que davant la nostra pregunta sobre: «Com em queden aquestes ulleres?», la resposta del nostre interlocutor és: «Doncs sembla que avui plourà». Malgrat l'evident infracció de la màxima de rellevància en aquest exemple, negar-se a contestar una pregunta directa com aquesta podria implicar l'intent de l'interlocutor de no danyar l'oïdor, evitant emetre explícitament un judici negatiu. La comprensió d'aquesta mena de situacions conversacionals es mostra intervinguda per un tipus d'inferències particulars denominades per alguns autors implicació conversacional (Holtgraves, 1998) o inferències que fem en les converses per mantenir el sentit, fins i tot quan semblen infringir-se les màximes conversacionals.

A part d'aquestes regles, que podríem denominar de caràcter general, hi ha una altra sèrie de convencions conversacionals més específiques que guien el flux de la conversa i ens informen per endavant sobre què hem d'esperar a cada moment. Ens referim a les regles que guien l'inici, el tancament o els torns de les converses, la negociació dels temes de conversa o les que ens ajuden a la identificació dels participants (parlant, interlocutor, participant lateral, oïdor indirecte i tafaner; Carroll, 2006b).

Obertures: Malgrat que podríem imaginar una infinitat de maneres d'iniciar una conversa, la realitat ens mostra que les formes habituals que fem són en realitat

bastant estereotipades. De fet, aquestes convencions o formes estereotipades d'iniciar una conversa, també denominades marcadors d'obertura, ens permeten anticipar quina serà la resposta del nostre interlocutor la major part de les vegades. Algunes de les formes habituals d'iniciar una conversa serien: 1. Ocupació de formes d'expressió: ex., «Hola»; 2. Adreçar-nos directament a l'altre: «Joan!»; 3. Sol·licitar informació a l'altre: «Si us plau, em podríeu indicar on és la parada de taxi?»; 4. Oferir informació a l'altre: «Busca algú, vostè?»; 5. Proposar un tema de conversa: «Sembla que aquesta tarda plourà». Totes aquestes fórmules solen donar pas a l'establiment de torns del tipus ABABABAB, on A i B representen les intervencions dels parlants.

Tancaments: També emprem convencions per a indicar al nostre interlocutor que una conversa ha arribat al final o la nostra disposició que així sigui en un moment determinat. Aquestes convencions conversacionals han estat denominades també enunciats de tancament previ. Entre les formes més emprades de posar fi a una conversa destaquen: 1. Resumir el contingut; 2. Justificar el tancament del contacte; 3. Manifestar el plaer experimentat amb la conversa; 4. Planificar un contacte futur; 5. Expressar bons desitjos a l'altre.

4. Bibliografia

- BELINCHÓN, M., IGOA, J. M., & RIVIERE, A. (2005). El concepto de lenguaje. Dins M. BELINCHÓN & J. M. IGOA & A. RIVIERE (eds.), *Psicología del lenguaje: investigación y teoría* (7a ed., pàgs. 17-54). Madrid: Trotta.
- BERKO-GLEASON, J., & BERNSTEIN-RATNER, N. (2003). Una introducción a la psicolingüística: ¿Qué saben los hablantes? Dins J. BERKO-GLEASON & N. BERNSTEIN-RATNER (eds.), *Psicolingüística* (2a ed., pàgs. 1-52). Madrid: McGraw-Hill/Interamericana d'Espanya, S.A.O.
- BLUMENTHAL, A. L. (1970). *Language and psychology. Historical aspects of psycholinguistics*. New York: Wiley.
- BOCK, J. K., & LEVELT, W. J. (1994). Language production: grammatical encoding. In M. A. Gernsbacher (Ed.), *Handbook of psycholinguistics* (pàgs. 945-984). Sant Diego: Academic Press.
- BÜHLER, K. (1934). *Sprachtheorie*. Jena: G. Fisher.
- CARROLL, D. W. (2006a). La percepción del lenguaje. Dins D. W. CARROLL (ed.), *Psicología del lenguaje* (4a ed., pàgs. 67-104). Madrid: Thompson.
- CARROLL, D. W. (2006b). Producción del habla y del lenguaje. Dins D. W. CARROLL (ed.), *Psicología del lenguaje* (pàgs. 205-238). Madrid: Thompson.
- CARROLL, D. W. (2006c). *Psicología del lenguaje* (4a ed.). Madrid: Thompson.
- CHOMSKY, N. (1959). Review of B.F. Skinner's «Verbal Behavior». *Language*, 35, 26-58.

- CHOMSKY, N. (1965). *Aspects of the theory of syntax*. Cambridge, DT.: MIT Press.
- CHOMSKY, N. (1975). *Reflections on language*. London: Trempp-Smith.
- CLARK, H. H. (1996). *Using language*. Cambridge, UK: Cambridge University Press.
- COLLINS, A. M., & LOFTUS, I. F. (1975). A spreading activation theory of semantic processing. *Psychological Review*, 82, 407-428.
- COLLINS, A. M., & QUILLIAN, M. R. (1969). Retrieval estafi from semantic memory. *Journal of Verbal Learning and Verbal Memory*, 9, 240-247.
- CUETOS VEGA, F. (1998). *Evaluación y rehabilitación de las afásias: aproximación cognitiva*. Madrid: Editorial Médica Panamericana.
- DELL, G. S. (1986). A spreading-activation theory of retrieval in sentence production. *Psychol Rev*, 93(3), 283-321.
- ELLIS, A. W., & YOUNG, A. W. (1992). *Neuropsicología cognitiva humana*. Barcelona: MASSON, S.A.
- FERREIRA, F., & CLIFTON, C. J. (1986). The independence of syntactic processing. *Journal of Memory & Language*, 25, 348-368.
- FLETCHER, C. R. (1994). Levels of representation in memory of discourse. Dins M. A. GERNSBACHER (ed.), *Handbook of psycholinguistics*. New York: Academic Press.
- FORSTER, K. I. (1976). Accessing the mental lexicon. Dins R. J. WALES & I. WALKER (eds.), *New approaches to language mechanisms* (pàgs. 257-287). Amsterdam: North-Holland.
- FRAZIER, L. (1987). Sentence processing: a tutorial review. In M. Coltheart (ed.), *Attention and performance XII*. Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- FRAZIER, L., & RAYNER, K. (1982). Making and correcting errors during sentence comprehension: eye movements in the analysis of structural ambiguous sentences. *Cognitive Psychology*, 14, 178-210.
- FROMKIN, V. A. (1971). The senar-anomalous nature of anomalous utterances. *Language*, 47, 27-52.
- GLUCKSBERG, S., & KEYSAR, B. (1990). Understanding metaphorical comparisons: beyond similarity. *Psychological Review*, 97, 3-18.
- GRICE, H. P. (1975). Logic and conversation. Dins P. COLLE & J. MORGAN (Eds.), *Syntax and semantics. Vol 3. Speech acts*. New York: Academic Press.
- HARTLEY, T. A. (2009). *Psicología del lenguaje: de los datos a la teoría*. Madrid: McGraw-Hill.
- JOHNSON-LAIRD, P. N. (1983). *Mental codes*. Cambridge, DT.: Harvard University Press.
- KINTSCH, W., & VAN DIJK, T. A. (1978). Towards a model of text comprehension and production. *Psychological Review*, 85, 363-394.
- LAKOFF, G., & JOHNSON, M. (1980). *Metaphors we live by*. Chicago: University of Chicago Press.
- LIBERMAN, A. M., COOPER, F. S., SHANKWEILER, D. P., & STUDDERT-KENNEDY, M. (1967). Perception of the speech code. *Psychological Review*, 74, 431-461.
- LÓPEZ-HIGES SÁNCHEZ, R., & DEL RÍO GRANDE, D. (2006). Comprensión de oraciones y del texto/ discurso. Dins R. LÓPEZ-HIGES SÁNCHEZ (ed.), *Psicología del lenguaje* (pàgs. 79-122). Madrid: Piràmide.
- MARSLÉN-WILSON, W. D. (1987). Functional paralelism in spoken word-recognition. *Cognition*, 25, 71-102.

- MCCLELLAND, J. L. (1987). The case for interactionism in language processing. Dins M. Coltheart (Ed.), *Attention and performance: Vol. XII. The psychology of reading* (pàgs. 3-36). Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- MCCLELLAND, J. L., & ELMAN, J. L. (1986). Interactive processing in speech perception: the TRACI model. Dins J. L. McCLELLAND & D. I. RUMELHART & T. P. R. GROUP (eds.), *Parallel distributed processing* (Vol. 2, pàgs. 58-121). Cambridge, DT.: MIT Press.
- MCCLELLAND, J. L., & RUMELHART, D. I. (1990). Un modelo de activación interactivo de los efectos del contexto en la percepción de letras: explicación de los descubrimientos básicos. Dins F. BARRI & F. CUETOS VEGA & J. M. IGOA & S. DEL VISO (eds.), *Lecturas de psicolingüística: 1. Comprensión y producción del lenguaje* (pàgs. 29-74). Madrid: Alianza Editorial, S.A.
- MCGURK, H., & MACDONALD, J. (1976). Hearing lips and seeing voices. *Nature*, 264, 746-748.
- MILLER, G. (1990). Linguists, psychologists, and the cognitive sciences. *Language*, 66, 317-322.
- MORTON, J. (1969). Interaction of information in word recognition. *Psychological Review*, 76, 165-178.
- NEISSER, O. (1964). Visual search. *Scientific American*, 210, 94-102.
- OSGOOD, C. (1963). On understanding and creating sentences. *American Psychologist*, 18, 735-751.
- OSGOOD, C. I., & SEBEOK, T. A. (1954). Psycholinguistics. A survey of theory and research problems. *Journal of Abnormal and Social Psychology*, 49, 60-65.
- PICKERING, M. J., & GARROD, S. (2004). Toward a mechanistic psychology of dialogui. *Behav Brain Sci*, 27(2), 169-190; discussion 190-226.
- POLLACK, I., & PICKETT, J. M. (1964). Intelligibility of excerpts from fluent speech: auditory vs. structural context. *Journal of Verbal Learning and Verbal Behavior*, 3, 79-84.
- RAYNER, K. (1975). The perceptual span and peripheral cues in reading. *Cognitive Psychology*, 7, 65-81.
- REICHER, G. M. (1969). Perceptual recognition of meaningfulness of stimulus material. *Journal of Experimental Psychology*, 81, 275-280.
- SEARLE, J. R. (1975). Indirect speech acts. In P. Cole & J. Morgan (eds.), *Syntax and semantics: Vol. 3. Speech acts* (pàgs. 59-82). New York: Seminar.
- SKINNER, B. F. (1957). *Verbal Behavior*. New York: Appleton-Century-Crofts.
- STINE, I. A. L. (1990). On-line processing of written text by younger and older adults. *Psychology and Ageing*, 5, 68-78.
- TIRAPU USTARROZ, J., RIOS LAGO, M., & MAESTU, F. (2008). *Manual de neuropsicología*. Barcelona: Viguera.
- TRUESWELL, J. C., TANEHHAUS, M. K., & GARNSEY, S. M. (1994). Semantic influences on parsing: use of thematic role information in syntactic disambiguation. *Journal of Memory & Language*, 33, 285-318.
- VALAKI, C. I., MAESTU, F., SIMOS, P. G., ZHANG, W., FERNÁNDEZ, A., AMO, C. M., ORTIZ, T. M., & PAPANICOLAOU, A. C. (2004). Cortical organization for receptive language functions in Chinese, English, and Spanish: a cross-linguistic MEG study. *Neuropsychologia*, 42(7), 967-979.

Glossari

Absència d'invariància: al·ludeix a la falta de correspondència directa entre els senyals acústics d'entrada i la percepció de la parla. Així el so o característiques acústiques d'una paraula donada, com «casa», variaran notablement si aquesta paraula es pronuncia en veu alta, murmurant, si tenim el nas tapat, o si l'emissor és un individu o un altre. Malgrat totes aquestes variacions, els oïdors són capaços d'identificar la mateixa paraula en tots els casos.

Efecte de superioritat de la paraula: fenomen pel qual resulta més fàcil reconèixer lletres aïllades en el context d'una paraula que en el context d'una pseudo-paraula.

Efecte de tipicitat: els elements considerats més típics d'un determinat subordinat (categoria) requereixen menys temps de verificació que els més atípics.

Fonètica: estudi dels sons de la parla.

Fonètica articulatòria: estudia els mecanismes de producció d'aquests sons (lloc d'articulació, manera d'articulació o sonoritat).

Fonètica acústica: estudia les propietats acústiques d'aquests, mitjançant tècniques com l'espectrograma.

Marcador sintagmàtic: representació mental que reflecteix les característiques sintàctiques o el conjunt de relacions existents entre les paraules i sintagmes que componen una oració.

Percepció categòrica: el reconeixement auditiu dels sons del llenguatge és un procés de reconeixement absolut en el qual els oïdors assignen el so escoltat a una de les categories fonològiques conegudes.

Restauració fonològica: fenomen pel qual els oïdors completen informació fonològica no percebuda o emmascarada (un fonema donat) en el context de fragments majors de llenguatge (paraules o oracions).

Segmentació: al·ludeix a la nostra capacitat de diferenciar el final d'una paraula i el principi de la següent en la modalitat de comprensió oral. La segmentació constitueix una habilitat, atès que el llenguatge oral consisteix, la majoria de les vegades en una seqüència contínua de sons sense límit físic clar entre paraules.

Text base: representació mental del text que es tracta de comprendre.

Transmissió paral·lela: fenomen pel qual diferents formes d'una mateixa síl·laba es codifiquen en el senyal de parla simultàniament.

Variabilidad dependent de context: fenomen pel qual l'espectrograma d'un so determinat està lligat al context de parla en el qual es troba.

Preguntes d'autoavaluació

1. La teoria de la percepció de la parla de Liberman <i>et al.</i> (1957) proposa que la percepció del llenguatge és un procés modular independent d'altres funcions lingüístiques.	F
2. Segons el model TRACI de McClelland i Elman (1986,1988) de percepció de la parla, els tres nivells d'anàlisi de la informació d'entrada serien: logògrafs, fonemes i representacions semàntiques.	F
3. L'efecte de superioritat de la paraula descriu el fet que el llenguatge parlat es va adquirir en un estat evolutiu previ al llenguatge escrit.	F
4. L'«efecte de tipicitat» fa referència a aquells fenòmens lingüístics que es troben igual en totes les llengües conegudes.	F
5. El model de cerca autònoma de Forster (1976, 1979) proposa l'existència de dos components per al reconeixement de paraules, un d'ortogràfic i un de fonològic.	V
6. Les oracions de via morta justifiquen el principi d'immediatesa.	V
7. El marcador sintagmàtic és el tipus de coreferència que indica l'inici d'un sintagma.	F
8. El processament sintàctic no es veu afectat ni per variables contextuais ni per variables lèxiques.	F
9. Per a la teoria de la metàfora conceptual (Lakoff i Johnson, 1980, 1987) les metàfores són representacions de metàfores conceptuais subjacents compartides pels membres d'una cultura.	V
10. La noció de model mental o de la situació (Johnson-Laird, 1983) consisteix en una representació «dinàmica» del text que es modifica constantment amb relació al coneixement present i passat de l'oïdor/lector.	V

- | | |
|---|---|
| 11. Es denomina text base el material que ha de ser processat pel subjecte en tasques de memorització de textos. | F |
| 12. En el model Fromkin (1971) l'assignació de paraules de contingut precedeix l'assignació del perfil d'entonació de l'oració. | F |
| 13. En el model d'activació expandida de la producció (Dell, 1986) cadascun dels tres nivells de representació del lèxic posseeix els seus propis marcs tàctics. | V |
| 14. Segons el model d'accés lèxic per a la producció de Levelt <i>et al.</i> (1999), l'activació dels lemes o característiques sintàctiques de les paraules ve necessàriament precedida de l'activació de les seves propietats morfològiques. | F |
| 15. Els mecanismes pels quals s'aconsegueix alineació en el model de diàleg (Pickering i Garrod, 2004) són: <i>priming</i> , inferències, expressions rutinàries i monitoratge. | V |

Capítol IV

Bases neuroanatòmiques del llenguatge

José Antonio Periañez Morales i Elena Muñoz Marrón

Objectius

Els objectius d'aquest capítol són els següents:

1. Entendre la importància de l'estudi de les bases neuroanatòmiques del llenguatge.
2. Comprendre la lateralització i especialització hemisfèrica i ser capaç de relacionar-la amb el llenguatge.
3. Conèixer el desenvolupament històric de la neurolingüística des dels models clàssics neuropsicològics als actuals models inspirats en les troballes de neuroimatge.
4. Conèixer les característiques i estructures neurals involucrades en la producció i comprensió del llenguatge a partir dels diferents estudis i nivells d'anàlisis plantejades.
5. Relacionar les bases neurals del processament del llenguatge amb els mecanismes neurals de representació simbòlica.

1. Introducció als models i bases biològiques del llenguatge

L'interès renovat de molts arqueòlegs, antropòlegs, paleontòlegs i fins i tot neurocientífics actuals per manifestacions artístiques com ara les pintures rupestres de coves com la d'Altamira, radica en el fet que constitueixen una de les primeres manifestacions de la capacitat simbòlica de l'ésser humà. En aquest sentit, aquesta capacitat simbòlica és una de les habilitats cognitives més complexes desenvolupades per la nostra espècie i una de les que més ens diferencien de les restants. Sens dubte, la més evident i transcendental manifestació d'aquest simbolisme en la nostra espècie és la nostra capacitat de maneig del llenguatge oral i escrit. Cal assenya-

lar que una de les qüestions que han suscitat i suscita més interès des de camps com la neurociència cognitiva i la neuropsicologia és com el nostre cervell és capaç de processar la informació relacionada amb la comprensió i la producció del llenguatge oral i escrit. No obstant això, l'interès d'aquestes disciplines per l'estudi del llenguatge no solament és desentranyar el funcionament d'un dels processos cognitius més complexos. Des d'una perspectiva més funcional, l'estudi del comportament verbal resulta essencial per a posar en clar el procés d'evolució de les diferents cultures humanes.

En l'àmbit de la neurociència cognitiva i la neuropsicologia podem definir el llenguatge com un sistema simbòlic flexible utilitzat per a comunicar un potencialment infinit nombre de significats concrets o abstractes, a partir de la combinació mitjançant regles d'un conjunt finit de símbols. En aquesta definició s'inclouen tant la modalitat oral, l'escrita, la llengua de signes o els processos de producció o comprensió.

Malgrat que es podria pensar que la utilitat del coneixement sobre les bases neuroanatòmiques del llenguatge es restringeix a aquells professionals de la medicina, la fisiologia o la biologia centrats en la descripció de les característiques del sistema biològic que sustenta aquests processos o bé en la intervenció terapèutica directa sobre el sistema nerviós per a restablir-los, la realitat és ben diferent. La comprensió de la neuroanatomia del llenguatge ens ajuda a entendre que diferents aspectes de la nostra capacitat lingüística (per exemple, la comprensió, la producció, el processament fonològic o el processament sintàctic) no són simples abstraccions o constructes teòrics artificials, sinó que tenen representacions relativament separades i específiques en el cervell humà.

Així, des dels inicis de l'estudi científic del llenguatge, les dades neuroanatòmiques sobre els processos lingüístics, com els procedents de pacients amb dany cerebral, han resultat d'enorme importància per a donar suport empíric a les teories psicològiques del llenguatge, així com per a promoure la generació de nous models. En les següents seccions començarem revisant les principals aportacions d'alguns dels estudis clàssics sobre les bases cerebrals del llenguatge que van contribuir a forjar els primers models neuroanatòmics. En aquesta secció es revisaran principalment dades procedents de l'estudi de les seqüeles en pacients amb dany cerebral a través dels quals es tractava d'establir la relació entre les alteracions específiques dels pacients i les àrees lesionades evidents en l'estudi *postmortem* del seu cervell. Introduïrem altres mètodes més moderns d'estudi de les bases neurofisiològiques del llenguatge reportant els resultats d'alguns estudis més recents. En la secció següent revisarem algunes de les teories neurolingüístiques més actuals, en les quals

s'integren dades procedents de diferents fonts d'investigació, com els estudis de neuroimatge i neurofisiologia, tant en persones sanes com en pacients neurològics. Amb això pretenem proporcionar una perspectiva actualitzada de l'estat del coneixement sobre les bases neurobiològiques del llenguatge.

1.1. Antecedents històrics en l'estudi de les bases neuroanatòmiques del llenguatge

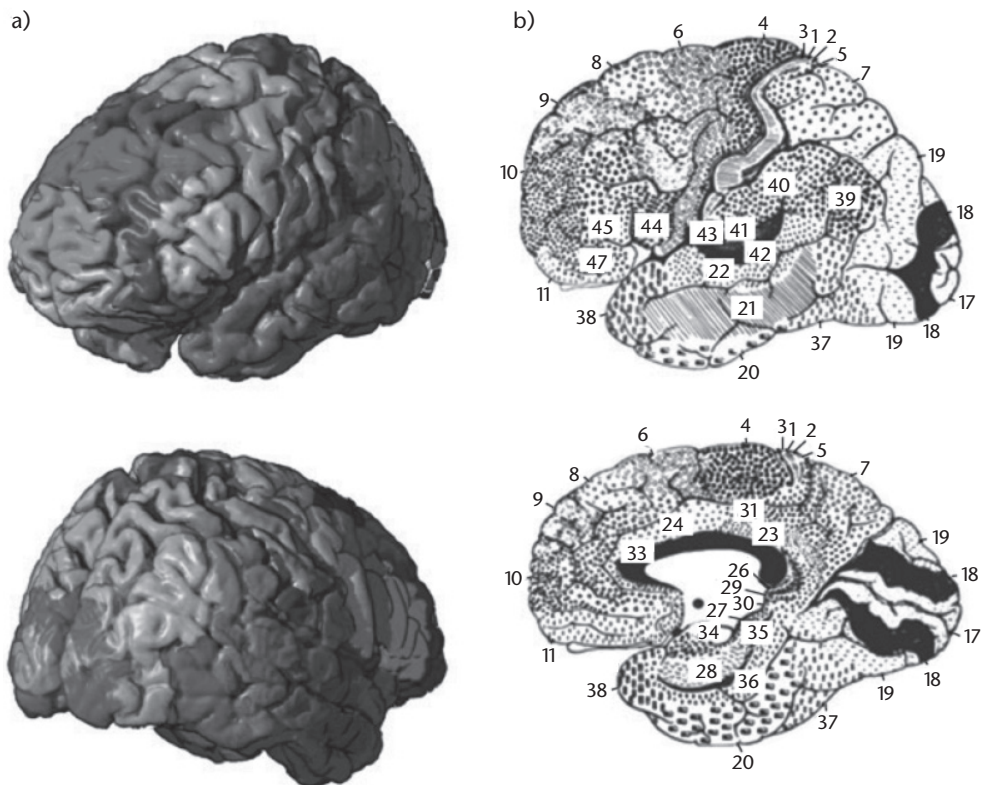
La comprensió i la producció del llenguatge són capacitats cognitives altament especialitzades que s'han constituït com un dels factors fonamentals en l'evolució de la cultura humana. L'interès per l'estudi de la relació entre el cervell i la conducta lingüística podria remuntar-se molt lluny en el temps. Així un dels primers documents escrits que posen de manifest l'associació entre el dany cerebral sofert per un individu i la pèrdua de la capacitat de llenguatge oral «en absència de paràlisi a la llengua» procedeix del papir egipci «Ebers» entorn del 2.500 a de C. No obstant això, i atès que aquestes evidències constitueixen un conjunt d'observacions asistemàtiques i aïllades sense gaire rellevància en l'àmbit teòric hem de fer un salt en el temps per a situar els orígens d'estudi científic de la relació entre llenguatge i cervell en l'era moderna.

La comprensió científica de les bases neurals del llenguatge en termes anatòmics i fisiològics podria datar-se en el segle XIX, quan diferents metges van començar a documentar de forma sistemàtica la presència de correlacions clíniques patològiques en pacients que havien sofert algun tipus de lesió cerebral. L'examen *postmortem* del cervell dels pacients a la llum d'aquestes correlacions podia indicar quines regions cerebrals estaven implicades en el llenguatge, destriant les que semblaven estar-ho en la comprensió d'aquelles que semblaven estar-ho en la producció. La història de l'estudi de la localització del llenguatge probablement es va iniciar arran dels treballs de Paul Broca i de Carl Wernicke, entre altres.

Hem de partir de la idea que la ciència biomèdica de mitjan segle XIX, amb relació a la localització cortical del llenguatge, basava les seves troballes en l'anàlisi *postmortem* del teixit cerebral humà. En el seu breu informe, Broca descriu les característiques lesionals del cervell d'un pacient mort a l'edat de cinquanta-un anys i que havia perdut la capacitat de la parla a vint-i-un anys. La seva expressió verbal es limitava a una sola síl·laba que normalment repetia dues vegades: «Tan-tan» i que solia anar acompanyada d'una gran expressivitat gestual. El pacient no va presentar alteracions de la mobilitat de la boca o de la llengua, ni alteracions im-

portants de la sensibilitat corporal en cap moment durant el transcurs de la seva malaltia. Deu anys després del començament dels seus problemes, el pacient va desenvolupar paràlisi dels membres del costat dret del cos, circumstància que el feia estar permanentment enllitat. Així mateix, el personal en contacte estret amb el pacient manifestà una deterioració progressiva de les seves habilitats intel·lectuals, que, entre altres, afectava la seva capacitat de comprensió verbal. El pacient va morir el 17 d'abril de 1861. Després de la seva mort l'autòpsia va revelar una lesió cerebral localitzada a la «regió mitjana» del lòbul frontal esquerre (que es va localitzar en la tercera circumvolució frontal esquerra), de la grandària d'un «ou

Figura 1. En la imatge de l'esquerra (a) es pot veure una reconstrucció en tres dimensions realitzada per ordinador, que representa el resultat de les anàlisis citoarquitectòniques del cervell humà dutes a terme per Korbinian Brodmann. En la imatge de la dreta (b) es mostren les regions corticals delimitades originàriament per aquest autor.



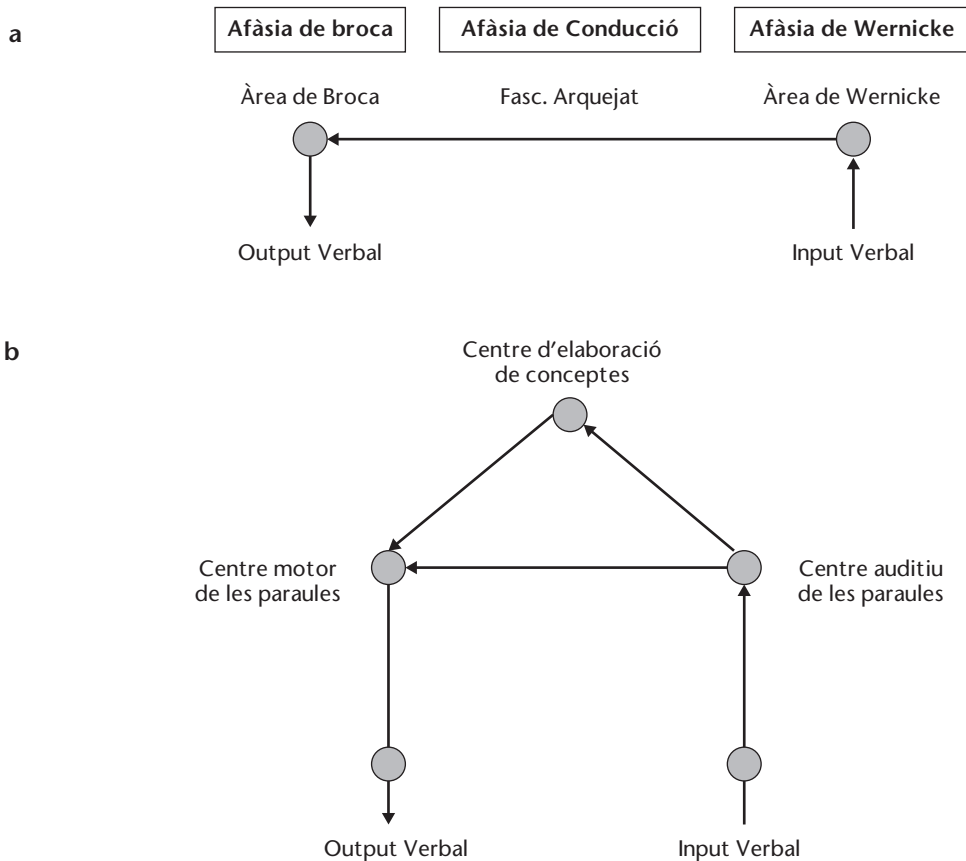
Imatge a) Imatge per cortesia de Mark Dow, investigador del *Brain Development Laboratory* de la Universitat d'Oregon. b) Imatge modificada a partir d'un escanejat de la pàgina 288 de l'obra original *Anatomy of the Nervous System*, de S. W. Ranson, W. B. Saunders, 1920.

de gallina», farcida de fluids, que s'estenia cap al lòbul parietal, l'ínsula, i parts del cos estriat, deixant relativament intacta la regió orbital. Aquestes troballes van donar motiu a l'establiment d'aquesta regió com l'àrea del llenguatge productiu, denominada des de llavors àrea de Broca, la lesió de la qual i els seus símptomes lingüístics serien denominats afàsia de Broca. De França passem a Alemanya, ja que va ser un altre neuròleg alemany el que continuà impulsant els treballs de llenguatge per aquests camins. Carl Wernicke (1848-1905) va publicar un estudi, tretze anys després del treball de Broca, en el qual suggeria l'existència d'una regió cortical especialitzada en la comprensió del llenguatge, localitzada en el gir superior del lòbul temporal, avui coneguda com a àrea de Wernicke (regió equivalent a l'àrea 22 de Broadmann). El seu descobriment de l'afàsia sensorial en pacients amb lesions de la primera circumvolució temporal constitueix una fita de l'afasiologia definida, en paraules del mateix autor, com una «pèrdua d'imatges auditives de les paraules».

Carl Wernicke va distingir inicialment les localitzacions de les lesions en els pacients que presentaven problemes en la producció del llenguatge, de les localitzacions de les lesions dels pacients que presentaven problemes de comprensió. Wernicke s'adonà que alguns pacients afàsics conservaven la capacitat per a produir un discurs amb una gramàtica correcta i amb la sintaxi apropiada, però que eren incapços d'entendre el que se'ls deia o el que llegien. Aquest tipus de pacients produïen un discurs que, encara que resultava estructuralment coherent, no tenia sentit. Les observacions anatomicopatològiques de Wernicke van mostrar que els pacients presentaven lesions a la regió posterior i superior del lòbul temporal, la majoria sempre en l'hemisferi esquerre (regió que passà a ser coneguda com a àrea de Wernicke). Aquesta alteració en la comprensió del llenguatge es va denominar afàsia de Wernicke o afàsia sensorial o receptiva. A diferència de l'afàsia de producció, el dèficit més important en l'afàsia sensorial és posar en conjunció les paraules amb les idees o els objectes als quals es refereixen i comprendre subjectivament aquesta relació. La parla dels pacients amb afàsia sensorial és fluïda i ben estructurada; tanmateix, el discurs manca de sentit atès que les paraules i els significats no estan relacionats correctament.

A la llum d'aquestes troballes, Carl Wernicke va proposar un dels primers models associacionistes de la neuropsicologia que li permeté anticipar l'existència d'un tercer tipus d'afàsia «de conducció» que va confirmar ell mateix en 1904. Els pacients amb afàsia de conducció poden comprendre i produir parla, però tenen dificultats per repetir el que han sentit. Aquests pacients presentaven lesions en les vies de connexió entre les regions rellevants frontals i les temporals (fascicle arquejat).

Figura 2. Representació del model associacionista de Wernicke (a) i actualització del model per Lichtheim (b) (1885).



Adaptada de LICHTHEIM, L. (1885). On aphasia. *Brain*, 7, 433-484).

Presentaven una deterioració a l'hora de produir les respostes apropiades a una pregunta escoltada, fins i tot encara que la comunicació fos entesa per l'emissor. A més de les àrees 45 i 44 (àrea de Broca) i 22 (àrea de Wernicke), altres regions corticals importants en el processament del llenguatge són les àrees 9, 4, 3-1-2, 40, 39 i 21.

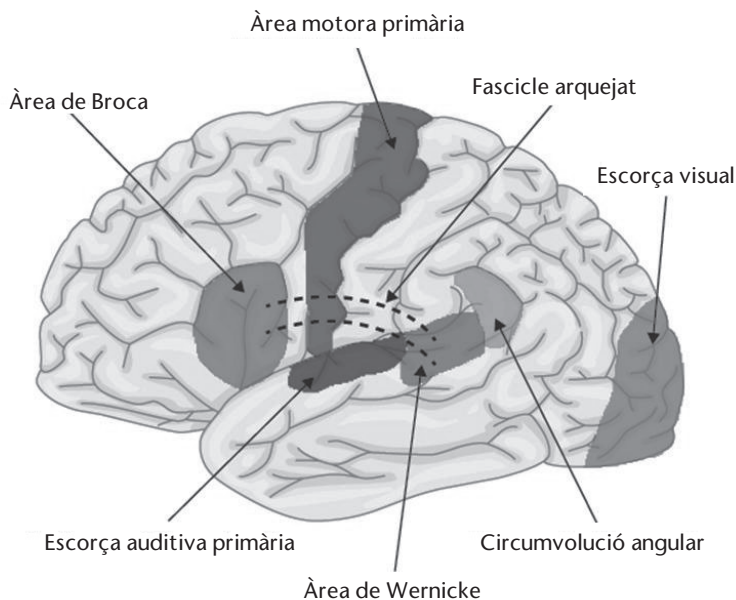
Una tercera fita en l'estudi del processament cerebral del llenguatge es va produir l'any 1892 a França, on el neuròleg Joseph Jules Dejerine (1849-1917) aconseguí localitzar les regions cerebrals responsables de l'alèxia o la incapacitat per a la comprensió del llenguatge escrit. Aquest dèficit ja havia estat descrit molt abans pel metge alemany Johann Schmidt en 1673, quan va reportar el cas d'un pacient amb dany cerebral incapaç d'identificar lletres aïllades o llegir-les en el context de paraules.

les o oracions, malgrat que conservava intacta la seva capacitat d'escriure paraules al dictat i fins i tot lletrejar-les. En aquest sentit el pacient era incapaç de llegir el que acabava d'escriure. No obstant això, va ser Dejerine qui proporcionà la primera evidència anatòmica del que avui denominem alèxia sense agrafia, caracteritzada per lesions simultànies del lòbul occipital esquerre i l'espleni del cos callós. Aquestes lesions estarien interrompent l'entrada d'informació visual sobre els grafemes i les paraules escrites a les àrees de comprensió del llenguatge de l'hemisferi esquerre.

1.2. El model de Wernicke-Lichtheim-Geschwind

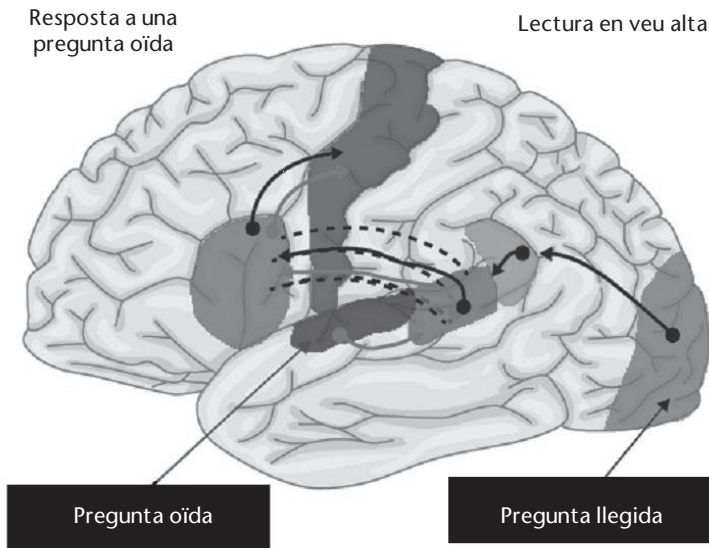
El model en forma de diagrama de Wernicke va ser ampliat per Lichtheim (1845-1928), que construí un dels diagrames més coneguts de la neuropsicologia moderna. Però fou durant la dècada dels cinquanta i principis dels seixanta, quan un neuròleg de la universitat de Harvard, Norman Geschwind, va intentar recopilar de forma sistemàtica les dades existents fins al moment formulant el que probablement constitueix un dels esquemes més influents sobre les bases neurals subjacents al llenguatge oral i escrit. Aquest autor va suggerir que, a més de les regions clàssiques

Figura 3. Components anatòmics proposats en el model de Wernicke-Lichtheim-Geschwind.



identificades per Broca i Wernicke, hi hauria implicades altres regions en els lòbuls parietal, temporal i frontal. En aquest context va sorgir un model compost per set components anatòmics: el model de Wernicke-Lichtheim-Geschwind.

Figura 4.



La figura es representen els circuits implicats en la lectura en veu alta i en la resposta d'una persona davant una pregunta sentida, segons el model de Wernicke-Lichtheim-Geschwind. Segons aquest model, quan una persona sent una pregunta, aquesta informació s'envia de l'escorça auditiva a l'àrea de Wernicke. D'aquí, la informació passa a l'àrea de Broca, on es processa i s'envia a l'escorça motora primària per produir una resposta i poder respondre a la pregunta sentida. D'altra banda, quan es llegeix en veu alta, la informació visual de les paraules llegides s'envia a la circumvolució angular, d'aquí a l'àrea de Wernicke, per passar a les regions de la producció del llenguatge: primer a Broca i després a l'escorça motora primària.

Aquest model partia de l'actualització teòrica, empírica i clínica duta a terme per Geschwind, sobre els treballs i estudis de Wernicke i Lichtheim. Segons el model de Wernicke-Lichtheim-Geschwind, el llenguatge resulta de la interacció de set estructures de l'hemisferi esquerre: l'escorça visual primària, el gir angular, l'escorça auditiva primària, l'àrea de Wernicke, l'escorça motora primària, l'àrea de Broca i el fascicle arquejat. El funcionament seqüencial d'aquestes estructures ens permet produir i comprendre el llenguatge, tant de manera oral com escrita. Tot i això, i com compro-

vareu al llarg del present, la localització cortical del llenguatge resulta més complexa que els pressupòsits plantejats pel model de Wernicke-Lichtheim-Geschwind.

1.3. Cap a una nova neuroanatomia del llenguatge

Abans de descriure alguns dels més influents models actuals sobre la localització i la interacció de les àrees cerebrals responsables de les funcions lingüístiques, cal repassar algunes de les principals metodologies que han estat emprades per al seu estudi. Per això, en els següents apartats revisarem algunes d'aquestes metodologies a través d'alguns experiments interessants que anuncien la complexitat de l'organització cerebral del llenguatge.

1.3.1. Estudis sobre la lateralització del llenguatge

Lateralitat pot definir-se com a tendència d'una funció psicològica a sorgir en un hemisferi, sent l'altre incapaç o menys capaç de realitzar aquesta funció. La preferència per l'ús de la mà dreta en el 90% dels individus de la nostra espècie constitueix un lligall evolutiu antic. De fet, l'estudi de les mans dibuixades en coves prehistòriques ha permès constatar que aquesta proporció respecte a la preferència manual ja es manifestava en els nostres ancestres. Si la lateralització preferent del llenguatge en l'hemisferi esquerre del cervell guarda relació o no amb la nostra preferència filogenètica per l'ocupació de la mà dreta (controlada per l'hemisferi esquerre) constitueix avui una incògnita. Per a ampliar informació d'aquest tema podeu consultar l'article SUN, T., WALSH, C. A. Molecular approaches to brain asymmetry and handedness. *Nat Rev Neurosci.* 2006;7(8):655-62.

En els anys quaranta, l'estudi de pacients les connexions interhemisfèriques dels quals (cos callós i altres fibres comissurals) s'havien seccionat per tractar epilèpsies molt severes resistents a altres tipus de tractament, va aportar important informació sobre l'organització del llenguatge en el cervell humà. Aquest tipus d'estudis ha permès avaluar la funció dels dos hemisferis cerebrals de forma independent en diferents paradigmes experimentals.

Al llarg dels anys seixanta i setanta, els experiments de Roger Sperry i col·laboradors van establir les primeres caracteritzacions de l'especialització hemisfèrica amb relació al llenguatge en una sèrie de treballs dissenyats per a pacients comisurotomitzats. Posteriorment, Michael Gazzaniga (estudiant de Sperry) i altres au-

Figura 5. Pintures rupestres de la Cueva de las Manos a Santa Cruz, Patagònia argentina, 9.300 a de C. L'estudi d'aquest tipus de pintures de mans ha permès comprovar l'existència d'un 90% de mans esqueres dibuixades amb la mà dreta, dada que correspon amb els percentatges del caràcter de dretà/esquerrà de l'actualitat.



Imatge obtinguda de Google commons

http://commons.wikimedia.org/wiki/commons:Featured_picture_candidates/File:Santacruz-CuevaManos-P2210651b.jpg

tors van ampliar considerablement la informació en aquest àmbit. Els investigadors observaren, per exemple, els pacients davant la presentació taquitoscòpica d'imatges en diferents parts del camp visual durant períodes de temps molt breus, no mostraven dificultats per anomenar objectes presentats en el camp visual dret (processaments en l'hemisferi esquerre). Però si l'objecte era presentat en el camp visual esquerre (hemisferi dret) els pacients responien que «no havien vist res». En un altre experiment, quan es demanava als subjectes que agafessin amb la mà esquerra (controlada per l'hemisferi dret) l'objecte presentat en el camp visual esquerre (una cullera), els subjectes agafaven la cullera correctament, tot i manifestar no haver vist res (no se'n sortien amb la mà dreta). L'hemisferi esquerre, en la majoria de les persones, és el principal encarregat de les funcions lèxiques i sintàctiques.

Això va fer pensar que l'hemisferi dret tenia molt poca o cap importància per al processament de la informació lingüística. En l'actualitat comptem amb múltiples evidències que demostren la importància de l'hemisferi dret per als aspectes emocionals del llenguatge i per al processament de la informació musical o prosòdica. S'ha pogut comprovar que les lesions de l'hemisferi dret (a les regions corticals que corresponen aproximadament a l'àrea de Broca i l'àrea de Wernicke) produeixen un dèficit en els components emocionals i en la generació del to del llenguatge (components prosòdics), fet que repercuteix notablement en l'expressió verbal. La prosòdia resulta crítica en la majoria d'idiomes, atès que s'utilitza per a modular el significat i la importància del discurs. Aquest tipus d'alteracions es denominen aprosòdies. El llenguatge dels pacients aprosòdics és monotònic i robòtic, impossibilitant a l'interlocutor interpretar l'estat emocional de la persona i les seves intencions comunicatives. L'hemisferi dret és d'importància cabdal per al component emocional i l'entonació del llenguatge.

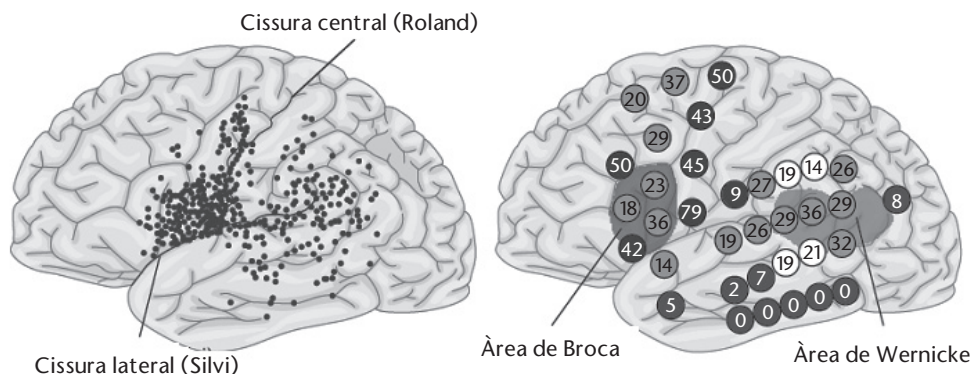
1.3.2. Estudis d'estimulació elèctrica cerebral

Un pas molt important per a tenir una clara idea de com es localitzava el llenguatge en el cervell va ser l'aplicació de les tècniques d'estimulació elèctrica de l'escorça al camp del llenguatge. L'origen de la tècnica d'estimulació, aplicada encara avui dia en els quiròfans de neurocirurgia per cartografiar el llenguatge dels pacients, podria atribuir-se al neurocirurgià nord-americà Wilder Penfield a l'Institut Neurològic de Mont-real.

Penfield va proporcionar els primers mapes corticals per estimulació de les funcions lingüístiques. Un dels propòsits d'aquests treballs inicials era cartografiar les regions corticals del llenguatge en cadascun dels pacients per preservar-les durant la intervenció. Molts d'aquests pacients eren subjectes que havien de ser intervinguts quirúrgicament per tractar epilèpsies greus que no responien a la medicació. Habitualment, els focus on solien iniciar-se les crisis es localitzaven en regions adjacents a on es creia que podia localitzar-se el llenguatge. Així, doncs, l'equip de Penfield estimulava elèctricament l'escorça dels pacients i registrava els efectes d'aquesta estimulació. Quan s'estimulaven àrees del llenguatge, en general el pacient no podia denominar els objectes que se li mostraven. D'aquesta manera, Penfield marcava les zones corticals en les quals es generava el mutisme per a, seguidament, fer una cartografia de l'escorça amb les marques que indicaven quines àrees estaven implicades en el llenguatge.

Tanmateix, foren els estudis duts a terme per Ojemann i col·laboradors de la Universitat de Washington els que van permetre obtenir informació més directament relacionada amb el processament cerebral de les funcions lingüístiques. En particular aquests autors van avaluar diferents aspectes funcionals relacionats amb la comunicació humana. D'una banda, avaluaren la capacitat de les persones en el reconeixement de fonemes durant l'estimulació cortical. També intentaren desitriar els efectes de l'estimulació sobre la memòria verbal, la lectura i la denominació d'objectes. Aquests treballs van demostrar que el model de Wernicke-Lichtheim-Geschwind resultava excessivament bàsic i simple, ja que, encara que la majoria de les àrees de l'escorça implicades en el processament del llenguatge es localitzen al voltant de la cissura de Silvi (regió perisilviana) de l'hemisferi esquerre, hi havia altres regions situades en àrees frontals i temporoparietals allunyades d'aquella. A més, aquests autors van posar en dubte les prediccions inicials dels estudis pioners que utilitzaren teixit *postmortem* dels pacients i que suggerien que les regions anteriors es troben implicades en la producció del llenguatge, mentre que les posteriors ho estan en la comprensió. Les observacions de Penfield, juntament amb els estudis més recents d'Ojemann i el seu grup han confirmat àmpliament que extenses regi-

Figura 6. Localització cortical de les àrees del llenguatge en l'hemisferi esquerre. A la regió esquerra de la imatge podem observar una representació dels estudis originals de Penfield. Els punts vermells indiquen les localitzacions on l'estimulació causava interferència amb la parla. En la imatge de la dreta es representen els estudis d'Ojemann i el seu grup de la Universitat de Washington. Aquests treballs denoten la gran variabilitat que hi ha en la localització de les àrees del llenguatge entre pacient i pacient. El nombre en cada cercle indica el percentatge de pacients que van mostrar interferència en el llenguatge en resposta a l'estimulació en aquesta localització cortical.



Figures modificades de les referències següents: W. PENFIELD i L. ROBERTS (1959). *Speech and Brain Mechanisms*. Princeton: Princeton University Press. G. OJEMANN, J. OJEMANN, I. LETTICH, i M. BERGER (1989). Cortical Language localization in left-dominant hemisphere. *J. Neurosurg.* 71(3), 316-326.

ons en les escorces perisilvianes frontal, temporal i parietal de l'hemisferi esquerre estan implicades en la producció i comprensió del llenguatge.

Un dels aspectes principals que van treure a la llum els estudis d'estimulació elèctrica de l'escorça cerebral va ser la gran variabilitat en la localització del llenguatge entre pacient i pacient. Arran d'aquestes investigacions es demostrà que els pacients bilingües no necessàriament utilitzaven les mateixes regions de l'escorça per a emmagatzemar els noms dels mateixos objectes en les dues llengües. A més a més, es va poder comprovar que les neurones en l'escorça temporal circumdant a l'àrea de Wernicke responien preferentment a paraules parlades, sense mostrar preferències per paraules específiques. Aquests autors comprovaren que un ampli rang de paraules podien elicitar una resposta en gairebé qualsevol localització cortical de les estudiades. Totes aquestes observacions van ampliar notablement els conceptes simplistes dels estudis clàssics sobre com s'organitza el llenguatge en el cervell humà.

1.3.3. Estudis de registre de l'activitat elèctrica cerebral

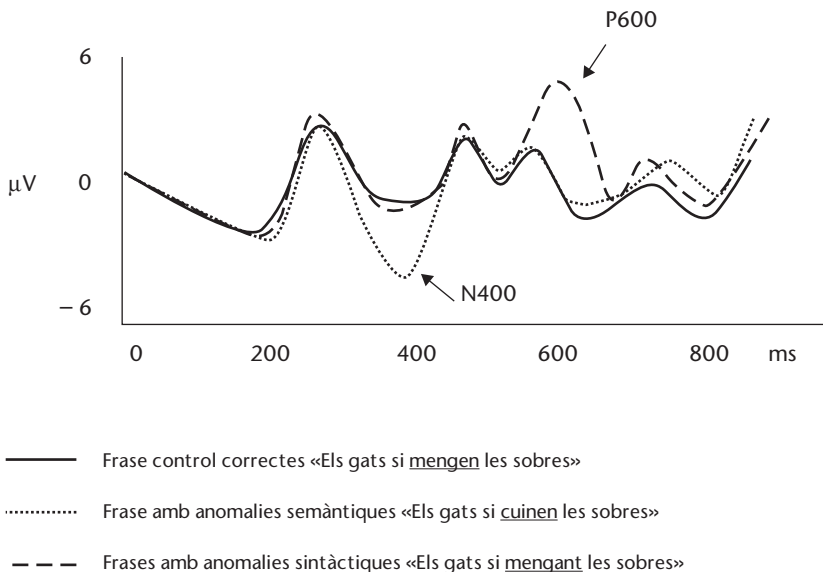
L'estudi dels correlats neurofisiològics dels processos lingüístics suposa una via complementària per a la identificació i la comprensió del substrat neuroanatòmic d'aquests processos. En particular, tècniques derivades de l'electroencefalograma (EEG) com els **Potencials evocats cerebrals** (PE) han demostrat recentment la seva sensibilitat a l'hora de detectar canvis elèctrics en l'activitat cerebral associats a l'engedada de diferents operacions lingüístiques. La lògica subjacent a aquest procediment és la que, independentment de la localització específica d'aquestes fonts d'activitat elèctrica cerebral (moltes vegades multideterminades per l'activitat de diferents regions corticals i subcorticals), els components o «puntes» d'activitat registrats en els potencials evocats poden associar-se funcionalment a operacions cognitives específiques.

Diferents components dels PE s'han associat a diferents operacions cognitives durant el processament lingüístic. Per exemple, el component MMN o negativitat per desajustament (de l'anglès *Mismatch Negativity*) ha estat emprat per a l'estudi de les capacitats fonològiques dels individus. Així, en un experiment en què es presenta de forma repetitiva el so d'una síl·laba freqüent donada /pa/ (que surt en l'experiment el 90% de les vegades) esperaríem obtenir el component MMN en resposta a la presentació intercalada d'una síl·laba diferent infreqüent /pe/ (que només ocorre el 10% de les vegades) en el cas que /a/ i /e/ constitueixin dos fonemes diferents en la llengua del subjecte i que, per tant, l'individu sí que és capaç de distingir.

No obstant això, no s'observaria MMN en un adult monolingüe castellanoparlant que no parlés anglès quan les síl·labes presentades fossin /pa/ vs /pæ/, atès que el so /æ/ no constitueix un fonema diferent en castellà. Els PE han servit per a estudiar quines són les habilitats fonològiques i semàntiques dels nens en procés de desenvolupament, ja que els potencials evocats informen de canvis en l'activitat cerebral sense necessitat d'una resposta intencional de l'individu. Si voleu ampliar informació referent a això podreu consultar articles com aquest: FRIEDERICI A. D. The neural basis of language development and its impairment. *Neuron*. 2006;52(6):941-52.

Per la seva banda, el component N400 en resposta al processament de paraules s'ha associat al processament de diferents aspectes del processament semàntic dels elements lèxics, mentre que components més tardans, com la P600, semblen sensibles a les propietats sintàctiques del processament. En un interessant experiment

Figura 7. El gràfic mostra en un eix de coordenades voltatge (eix y) temps (eix x) la representació simplificada dels canvis en l'activitat elèctrica cerebral mesurats mitjançant un elèctrode durant el processament d'una paraula control, incongruent semàntica, i incongruent sintàctica durant el processament d'oracions. Com es pot comprovar, en comparació de la condició control, les paraules semànticament incongruents amb la frase van produir una modulació del component entorn dels 400 ms de la presentació de la paraula (N400), mentre que les paraules sintàcticament incongruents amb la frase van produir una modulació d'un component més tardà (P600) entorn dels 600 ms.



Adaptada d'AINSWORTH-DARNELL, K., SHULMAN, H. G., & BOLAND, J. I. (1998). Dissociating Brain Responses to Syntactic and Semantic Anomalies: Evidence from Event-Related Potentials. *Journal of Memory & Language*, 38(1), 112-130.

que tractava d'establir en quin moment temporal accedim al nostre coneixement semàntic i sintàctic durant el processament de paraules, Ainsworth-Darnell *et al.* (1998) van presentar frases control correctes (per exemple, «Els gats si mengen les sobres»), frases en les quals en una paraula determinada es produïa una incongruència semàntica (per exemple, «Els gats si cuinen les sobres»), i frases en les quals es produïa una incongruència sintàctica («Els gats si menjant les sobres»). Els resultats van mostrar que en arribar a la paraula incongruent el senyal electroencefalogràfic mostrava canvis en els 400 ms (N400) si la incongruència era semàntica, i canvis en els 600 ms (P600) si era de tipus sintàctic. En resum, els resultats semblen indicar que el processament sobre el contingut de les paraules té lloc amb una certa antelació a certes característiques del processament sintàctic durant la comprensió d'oracions.

1.3.4. Estudis de neuroimatge

Un dels avenços tècnics i metodològics en neurociència cognitiva més importants ha vingut amb les tècniques d'imatge funcional, que permeten identificar *in vivo* els correlats neuroanatòmics dels processos cognitius. Dues de les tècniques d'imatge cerebral més importants en l'actualitat són la ressonància magnètica funcional (RMf) i la tomografia per emissió de positrons (TEP). Tècniques com el TEP o la RMf permeten detectar canvis en el metabolisme o en el flux sanguini del cervell mentre els subjectes realitzen tasques cognitives. El principal avantatge d'aquestes tècniques és la gran precisió amb què informen de la localització de l'activitat cerebral, malgrat la seva menor resolució temporal (de l'ordre dels segons) en contraposició a tècniques com l'EEG.

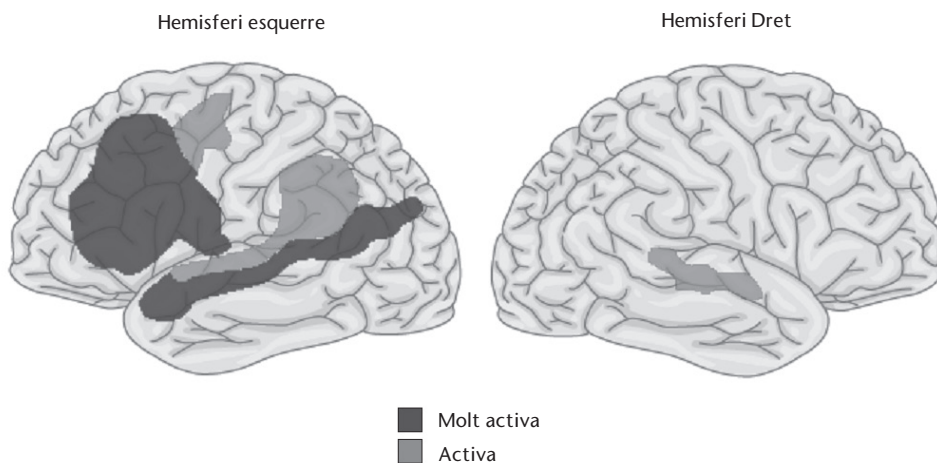
En els últims anys, l'aplicació d'aquestes tècniques de neuroimatge també s'ha aplicat a l'estudi de la localització del llenguatge i han aportat informació que fins avui no havia estat disponible. Sens dubte aquest fet ha suposat una autèntica revolució sobre la nostra concepció del funcionament cerebral, la qual cosa s'ha traduït en una enorme proliferació de dades i models neuroanatòmics del llenguatge. Autors com Bavelier, Damasio i Petersen han dut a terme diferents estudis en subjectes sans i pacients, mesurant simultàniament les característiques estructurals i funcionals del seu cervell, mitjançant tècniques de neuroimatge, per intentar descriure com el cervell és capaç de processar la informació lingüística.

Marc Raichle i Steve Petersen, de la Universitat de Washington, utilitzant la tècnica de **tomografia d'emissió de positrons** (PET, sigla de l'anglès *positron emission tomography*) van trobar alts nivells d'activitat en àmplies regions de tots dos

hemisferis quan els subjectes van dur a terme diferents tasques de llenguatge, indicant que el processament del llenguatge implicaria regions cerebrals més àmplies que les que originalment foren proposades en els estudis clínics. Aquests autors proposen un model que parteix del processament sensorial d'un estímul mitjançant l'escorça sensorial corresponent (auditiva o visual, depenent del material presentat). Quan la presentació és visual, el reconeixement de la paraula es localitza en l'escorça visual extraestriada, mentre que, si la presentació és auditiva, es codifica fonològicament a la regió temporoparietal. L'activació bilateral d'àrees premotores, com l'àrea motora suplementària, i de regions perisilvianes estaria relacionada amb la programació motora de la parla, mentre que l'activació bilateral d'àrees sensori-motores estaria relacionada amb el control motor de la parla. Aquestes àrees també s'activen quan el subjecte només mou la boca, sense pronunciar res. Si es tracta d'una tasca simple, com repetir o llegir una paraula, la informació passaria de les escorces sensorials i temporoparietal directament a aquestes àrees de producció de la sortida motora. En canvi, quan es tracta d'una tasca complexa, com l'associació semàntica substantiu-verb, aquesta informació hauria de passar abans per l'escorça prefrontal, lloc on es produiria aquesta associació.

Raichle i col·laboradors, utilitzant la tècnica de **ressonància magnètica funcional** (MRF, sigla de l'anglès *functional magnetic resonance*), en persones cegues lecto-

Figura 8. Representació esquemàtica dels resultats de l'estudi dut a terme per Bavelier i col·laboradors els anys noranta amb ressonància magnètica funcional, on es mostren les regions corticals que van mostrar un augment de l'activitat cerebral associat amb la lectura en silenci.



res en Braille, van mostrar una activació bastant extensa en l'escorça visual, posant de manifest que regions que no estan directament implicades en el llenguatge poden reclutar-se funcionalment quan es necessiten.

El grup de Bavelier utilitzà la tècnica de ressonància magnètica funcional per a descriure l'activitat cerebral de diferents subjectes mentre realitzaven una tasca de lectura en silenci. Aquests autors van trobar moltes diferències individuals, de manera que les àrees d'activitat variaven molt entre els diferents subjectes. A més, posaren de manifest que l'activitat de les regions era molt irregular i dispersa. D'aquesta manera, van veure que l'activitat era bastant dispersa per la superfície lateral de l'hemisferi esquerre, malgrat observar-se activitat a les regions proposades pel model de Wernicke-Lichtheim-Geschwind.

Les dades clíniques semblen indicar que les lesions específiques i limitades del lòbul temporal poden produir dificultats de llenguatge per a categories d'objectes concretes (per exemple, una deterioració selectiva per al coneixement relacionat amb animals). Elizabeth Warrington i col·laboradors suggereixen que el coneixement de categories s'organitza tant en funció dels trets sensorials, com ara la forma o el color, com en funció de les propietats interactives, com ara la localització de l'objecte (en l'apartat sobre models d'organització lèxica reprendrem aquesta qüestió).

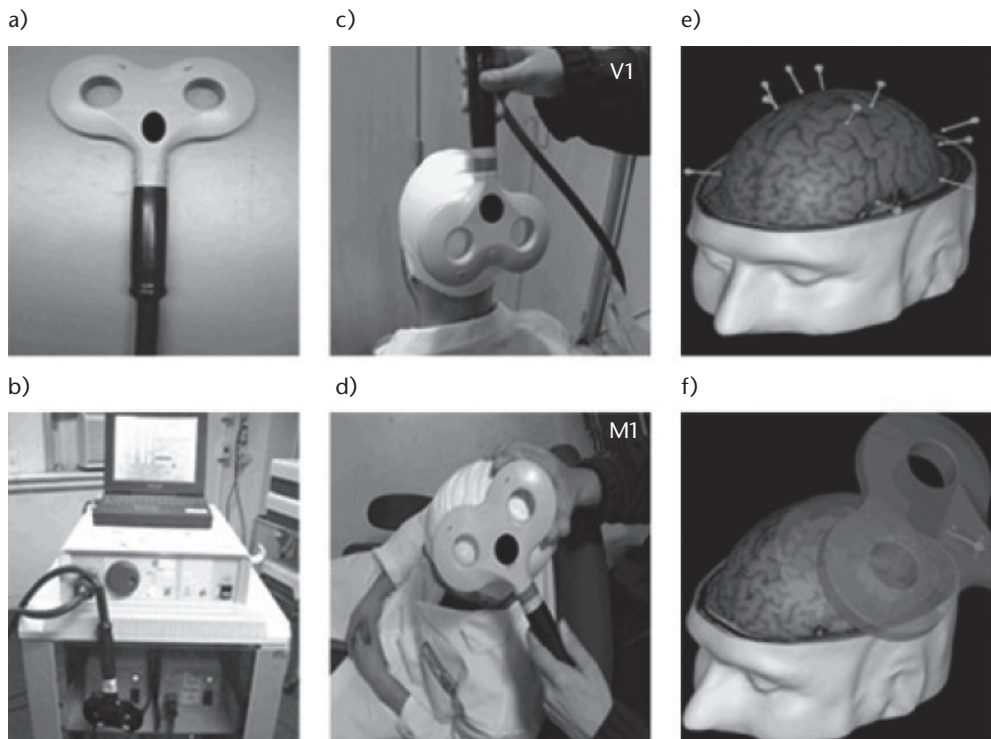
1.3.5. Estimulació magnètica transcraneal

L'ús de l'**estimulació magnètica transcraneal** (TMS, sigla de l'anglès *transcranial magnetic stimulation*) ha aportat informació causal en l'estudi del llenguatge. La TMS és una tècnica d'ús recent en el camp de la neuropsicologia i la neurociència cognitiva que permet la inducció, de forma segura i no invasiva, d'un corrent en el cervell. L'aparell d'estimulació produeix un camp magnètic d'una durada de l'ordre de mil·lisegons. Aquest camp magnètic penetra fàcilment a través del crani i, a causa de la seva capacitat de canvi ràpid, indueix un corrent elèctric a l'àrea del cervell sobre la qual es troba la bobina d'estimulació. A través d'aquest procediment és possible interrompre, de manera transitòria i innòcua, la funció cognitiva de què una àrea determinada és responsable (estimulació inhibidòria). El primer investigador que mostrà l'efecte de la TMS va ser Amassian en 1989.

Amb aquesta tècnica es pot produir una lesió temporal i reversible de diferents funcions corticals, gràcies a això es pot estudiar el cervell sa i no limitar la investigació de les funcions superiors a l'estudi del cervell danyat per alguna afecció neu-

rològica. A partir d'aquest moment, en la majoria de les investigacions realitzades per a estudiar la cognició humana s'ha emprat aquest últim efecte disruptiu de la TMS amb l'objectiu de demostrar que un àrea cortical concreta és essencial per al funcionament correcte d'un procés cognitiu determinat o hi participa. Com que aquesta interrupció de la funció cortical es pot produir en qualsevol àrea cerebral, és possible estudiar la funcionalitat de les diferents àrees frontals, temporals, parietals i occipitals. La TMS també permet explorar l'excitabilitat de diferents regions cerebrals i estudiar la plasticitat neuronal associada a diferents funcions en subjectes sans o amb alteracions del sistema nerviós, i fa possible conèixer les connexions funcionals i la capacitat del cervell per a adaptar-se als canvis que es puguin produir en el sistema nerviós central. Gràcies al paper activador de l'estimulació magnètica sobre el còrtex cerebral (estimulació excitatòria), aquesta tècnica té la capacitat de modular una funció a través de l'activació de diferents xarxes neurals, fet que obre una àmplia porta en la seva aplicació terapèutica.

Figura 9. a), b), c), d), e), i f).



La figura 9. a i b. Fotografies d'una bobina estàndard d'estimulació en forma de vuit de TMS i d'un aparell d'estimulació. Aquest es compon d'una unitat de capacitors que acumulen corrent elèctric i una unitat central que, sota el control d'un ordinador, sincronitza per a cada pols el seu alliberament cap a un filament espiral de coure situat dins la bobina d'estimulació. El corrent elèctric, en circular pel filament de coure, genera un camp magnètic que és dirigit cap a una zona específica del cervell situada just sota l'os de la calota sobre el qual es recolza la bobina. La bobina d'estimulació se sosté manualment o mitjançant un braç mecànic sobre la regió desitjada. c i d. En les fotografies és possible observar la seva aplicació sobre les regions visuals primàries de l'hemisferi dret, on cada impulsió induirà sensacions visuals en el camp visual contralateral a l'estimulació, conegudes amb el nom de fofens (V1); o en regions motores primàries de la representació dels músculs de la mà dreta, sobre les quals induirà breus activacions musculars mesurables amb l'electromiograma. i i f. Com es pot observar en les dues imatges, normalment s'utilitzen sistemes de neuronavegació estereotàxica per a marcar prèviament les regions anatòmiques o funcionals que s'estimularan, determinar la posició de la bobina i observar la distribució de corrents induïts.

El grup d'investigació del Berenson-Allen, liderat per Álvaro Pascual-Leone, de la Universitat de Harvard ha mostrat que la TMS pot suprimir la funció de diverses regions del llenguatge i que la localització cerebral d'aquestes àrees és més àmplia i dispersa que el que suggerien els estudis clínics inicials. S'ha pogut comprovar, per exemple, que l'aplicació de la TMS a la regió caudal de l'àrea de Broca inhibeix el processament fonològic, mentre que l'aplicació d'aquest tipus d'estimulació no invasiva a la regió més rostral inhibeix el processament semàntic. En pacients amb afàsia, alguns estudis han mostrat que l'estimulació de la regió perilesional és més disruptiva per a la producció del llenguatge que l'estimulació de l'hemisferi oposat a la lesió, suggerint que el teixit perilesional podria ser més important per a la recuperació que l'hemisferi intacte. Sobre la base d'aquesta idea treballs recents han comprovat que l'aplicació de TMS inhibidora en l'hemisferi oposat a la lesió sembla elicitar un major grau de recuperació funcional. La TMS es pot utilitzar com a mètode d'investigació en l'estudi de la connectivitat funcional cerebral, en l'anàlisi de l'excitabilitat cortical i en el mapatge i cartografiat de diferents funcions cerebrals com, per exemple, el llenguatge. Aquesta tècnica constitueix, així mateix, una potent eina per a estudiar els canvis compensatoris que poden tenir lloc després d'una lesió cerebral que produeixi afàsia.

2. Models actuals sobre les bases biològiques del llenguatge

Fruit de la integració de moltes de les noves dades proporcionades per les tècniques esmentades en l'apartat anterior, els últims anys han començat a sorgir importants models sobre les bases anatòmiques del llenguatge que han revolucionat la nostra concepció clàssica. En la secció següent revisarem alguns dels models que avui dia exposen millor les dades experimentals acumulades.

2.1. Models de comprensió del llenguatge

En el seu treball de revisió del 2004 sobre els models neuroanatòmics del llenguatge, Poeppel i Hickok fan una dura crítica al model de Wernike-Lichtheim-Geschwind, que fins ara havia estat la pedra angular per a l'explicació de la relació entre cervell i llenguatge. En particular aquests autors assenyalen que: (1) el model és empíricament incorrecte, atès que no pot explicar l'ampli rang de síndromes afàsics (afàsia anòmica, dèficits gramaticals, síndromes mixtos...) ni les dades neuropsicològiques actuals sobre l'existència de dissociacions funcionals en pacients (2), que és inespecífic en l'àmbit lingüístic, donada la seva falta d'explicació del funcionament dels seus diferents components i estructures, fins a l'extrem que dificulta el contacte entre l'estudi de la neuroanatomia del llenguatge i la resta de ciències del llenguatge, i finalment (3) assenyalen que es tracta d'un model inespecífic anatòmicament, que no considera ni reporta les noves dades procedents de la neuroimatge, que estableixen la participació de diferents àrees cerebrals durant les diferents operacions lingüístiques diferents de les inicialment plantejades pel model de Geschwind.

2.1.1. Model neuropsicològic de partida

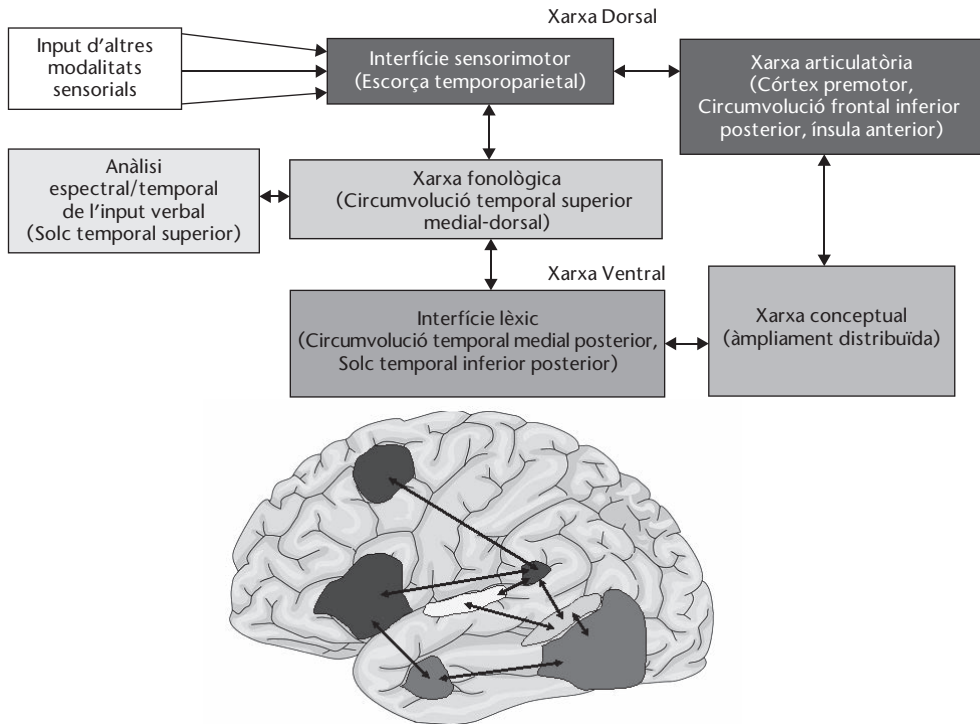
Hickok i Poeppel (2007) fan una nova proposta sobre l'organització neuroanatòmica de la comprensió del llenguatge integrant dades neuropsicològiques i de neuroimatge actuals. El model es basa en la idea transmesa des de molts models neuropsicològics serials, que plantegen l'existència de dues rutes per a explicar la comprensió del llenguatge. D'una banda, la ruta directa o ruta lèxica partiria de l'anàlisi acústica de la informació verbal a partir de la manera com el sistema cognitiu identificaria els fonemes i paraules que estan sent processats, per a, en darrer lloc, proporcionar l'accés al seu significat. Aquesta via seria la que actuaria durant

la identificació de paraules conegudes i emmagatzemades en la nostra memòria de paraules o lèxic intern. La segona ruta, denominada indirecta o ruta sublèxica, també partiria de l'anàlisi acústica de la informació auditiva i ens permetria reproduir paraules noves o paraules en altres idiomes, malgrat desconèixer-ne el significat o no haver-les processat amb anterioritat. Això seria possible a partir d'un mecanisme de conversió dels sons dels fonemes (llenguatge oral) o dels grafemes identificats en les paraules escrites (llenguatge escrit) en codis fonològics articulables.

2.1.2. Model neuroanatòmic de la comprensió del llenguatge

El model de doble ruta sobre l'anatomia funcional del llenguatge d'Hickok i Poeppel (2007) proposa que la fase més primerenca del processament cerebral de la parla implicaria l'anàlisi espectral de la informació acústica que seria realitzada en les escorces auditives primàries del plànol supratemporal de tots dos hemisferis cerebrals. En un segon pas, aquesta informació sensorial permetria la identificació dels codis fonològics presents en el senyal acústic, tasca que seria realitzada en el gir temporal superior mediodorsal de tots dos hemisferis. A partir d'aquest punt, la ruta del processament de la informació podria prendre un de dos possibles cursos. En la ruta dorsal, les representacions sensorials o bé les fonològiques, són enviades a la regió temporoparietal de la cissura de Silvi de l'hemisferi esquerre o «interfície sensoriomotor», que seria l'àrea amb capacitat per a connectar les representacions sonores dels sons del llenguatge amb les representacions articulades d'aquests sons emmagatzemades en les escorces prefrontals. Serien les escorces del solc frontal inferior, l'ínsula anterior i les àrees promotores, les que serien responsables en última instància de generar els codis articularis necessaris per a la producció del llenguatge. Aquests codis seran transmesos a les àrees motores primàries que controlen (a) els músculs de l'aparell fonador per a l'emissió de la parla, o (b) els músculs del moviment de les mans per a la producció del llenguatge escrit. Aquesta ruta dorsal correspondria al que més amunt hem definit com a ruta sublèxica o ruta indirecta. Per la seva banda, la ruta ventral, corresponent a la ruta lèxica o ruta directa dels models neuropsicològics de doble ruta, seria la ruta responsable de processar el significat de les paraules. Es tractaria d'una ruta àmpliament bilateralitzada. La informació processada per la xarxa fonològica en el gir temporal superior mediodorsal, seria projectada a les regions d'«interfície lèxica», a les regions del gir temporal medial posterior i al solc temporal inferior posterior de tots dos hemisferis, amb la finalitat d'assignar a l'entrada fonològica codificada la paraula corresponent emma-

Figura 10. La figura mostra el model neuroanatòmic per a la comprensió de la parla d'Hickok i Poeppel (2007) i les dues rutes ventral i dorsal responsables, respectivament, de la comprensió del significat del llenguatge i la transformació de la informació acústica lingüística en codis articulatoris per a la producció.



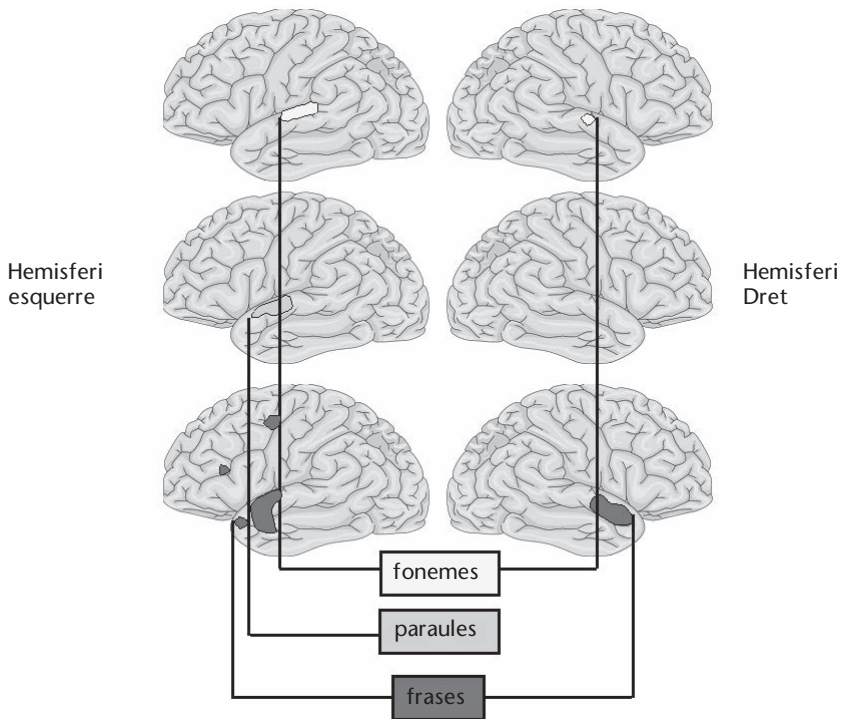
Adaptada d'HICKOK, G., & POEPEL, D. (2007). The cortical organization of speech processing. *Nature Reviews Neuroscience*, 8, 393-402.

gatzemada en aquestes regions. Identificada la paraula corresponent a l'entrada sensorial, aquesta informació activaria la informació semàntica sobre el significat, ús, propietats d'aquestes paraules emmagatzemades de forma àmpliament distribuïdes del cervell en el que els autors denominen el Sistema Conceptual.

Malgrat l'avenç enorme que el model d'Hickok i Poeppel (2007) ha suposat per als investigadors i els clínics en la integració de dades de diferents àmbits com el de la neuropsicologia i la neuroimatge, convé assenyalar que el treball en aquest àmbit no s'ha pas acabat. Recentment un important treball de metaanàlisi realitzada amb més de cent treballs de neuroimatge funcional sobre els mecanismes de la comprensió ha aportat nova informació sobre l'organització cortical de la ruta ventral per a la codificació del significat. En particular, els autors, en identificar les àrees comunes

entre estudis que demanaven processament d'informació fonològica, lèxica o oracional, van descobrir un patró d'activació al llarg del lòbul temporal que reflectia una jerarquia de complexitat d'anàlisi al llarg del lòbul temporal. En aquesta jerarquia la porció medial del gir temporal superior semblava activat en tots aquells estudis en què s'empraven tasques associades al processament de sons del llenguatge de característiques temporals breus, això és, els fonemes i les síl·labes. Per la seva banda, les àrees activades en resposta a tasques que requerien la integració de fonemes en patrons temporals complexos (com en el cas de les paraules), es van associar a l'activació de la porció anterior del gir temporal superior. Més encara, quan la unitat d'anàlisi dels experiments superava el nivell lèxic (nivell de les frases) l'activació registrada se circumscriu a les regions més anteriors del solc temporal supe-

Figura 11. La figura mostra els resultats del treball de metaanàlisi de De Witt i Rauschecker (2012): un patró d'organització jeràrquic posterior-anterior de la ruta ventral basat en la complexitat de la informació lingüística a processar (fonemes, paraules, frases). Fixeu-vos que el patró d'activitat cerebral és bilateral en el cas dels fonemes i les frases, però dominant esquerre en el cas del processament de paraules.



Adaptada de DE WITT, I., & RAUSCHER, J. P. (2012). Phoneme and word recognition in the auditory ventral stream. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA*, 109(8), 1505-514.

rior. D'aquesta manera, sembla que es podria concloure que el lòbul temporal presenta una organització jeràrquica amb les àrees més medials del gir temporal superior dedicades a l'anàlisi de les unitats més simples del llenguatge i les regions més anteriors dedicades al processament dels segments més complexos del llenguatge.

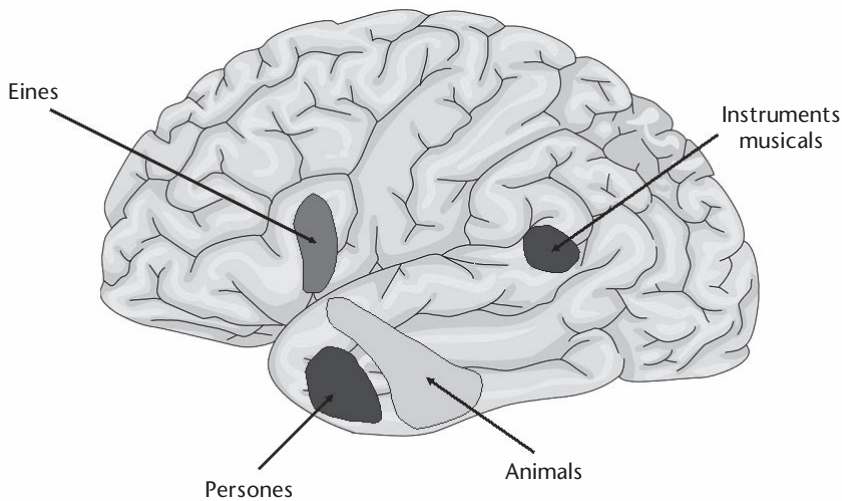
2.2. Models d'organització lèxica

El principal objectiu d'aquest apartat és descriure algunes de les dades sobre com s'organitza en el nostre cervell la informació lèxica o el nostre coneixement de les paraules. Durant molt temps diferents models cognitius sobre el processament del llenguatge han fet referència al magatzem lèxic, també denominat lèxic intern, com un únic magatzem en el qual les paraules (o morfemes) que hem après estarien interconnectades les unes amb les altres a manera de xarxa en funció de les seves propietats, la seva freqüència d'ús, la seva tipicitat. Les propietats d'aquestes xarxes de coneixement sobre les paraules han estat descrites a partir de multitud d'experiments psicològics, en canvi, s'ha dedicat molta menys atenció a l'estudi de com aquestes xarxes s'organitzen en el nostre cervell, assumint bé que la localització es restringia a àrees com la de Wernicke, bé que es tractava de xarxes àmpliament distribuïdes per diferents regions cerebrals. No obstant això, fins avui són pocs els models neuroanatòmics que incorporen en les seves propostes un fet sovint descrit en neuropsicologia que constitueix una evidència sobre l'especialització de determinades regions del cervell en diferents categories de coneixement. En particular sembla que certs pacients amb lesions en diferents porcions de l'escorça mostren dificultats en la denominació de categories lèxiques específiques (per exemple, animals, objectes inanimats, noms propis), mentre que conserven intactes altres categories. El que aquests resultats semblarien mostrar és que no hi ha un únic magatzem lèxic, sinó diversos, organitzats segons el tipus d'informació que processen.

Inspirada per aquest fet, Hanna Damasio i els seus col·laboradors (2004) van realitzar un estudi de neuroimatge anatòmica per tractar d'identificar les regions cerebrals afectades en pacients amb diferents problemes de denominació. D'aquesta manera classificaren els seus pacients en grups d'acord amb la mena de dificultat de denominació que presentaven. En un segon pas van tractar d'identificar quines eren les regions cerebrals lesionades comunes als pacients amb un problema determinat. Tal com era d'esperar, els pacients amb problemes de denominació en diferents categories lèxiques van mostrar patrons de lesió diferents. En

concret, si els pacients amb dificultat en la denominació d'eines (martell, tenalles, etc.) presentaven lesions comunes a les regions del gir frontal inferior esquerre, els problemes de denominació d'instruments musicals es van relacionar més amb la presència de lesions en la porció posterior del gir temporal superior. Així mateix, els problemes de denominació d'animals es relacionaren amb lesions de les escorces temporals anteriors i especialment en les circumvolucions temporal inferior i medial, mentre que els problemes d'identificació dels noms de les persones que sortien en una fotografia guardaven relació amb la lesió del pol anterior del lòbul temporal.

Figura 12. Resum esquemàtic dels resultats de l'estudi dut a terme per Damasio i col·laboradors (2004), amb ressonància magnètica estructural, en pacients amb dany cerebral i problemes de denominació. Les àrees cerebrals assenyalades representen aquelles que es mostraven lesionades en els pacients amb diferents problemes de denominació: persones, animals, eines i instruments musicals.



Adaptada de DAMASIO, H., TRANEL, D., GRABOWSKI, T., ADOLPHS, R., & DAMASIO, A. (2004). Neural systems behind word and concept retrieval. *Cognition*, 92(1-2), 179-229.

2.3. Models de producció del llenguatge

L'estudi del processament lingüístic durant la producció resulta més complicat que el de la comprensió, per dos fets diferencials. En primer lloc, si bé resulta molt fàcil manipular experimentalment l'*input* de la comprensió (per exemple, mitjançant la presentació de paraules escrites o sentides que el subjecte ha de compren-

dre), molt més complex és manipular l'*input* de la comprensió, atès que parteix de la intenció dels subjectes per transmetre alguna idea. A més, des del punt de vista tècnic, la producció implica l'execució de moviments, articularis o manipulatis, que plantegen un enorme problema a l'hora de registrar els patrons d'activitat cerebral mitjançant tècniques que sovint requereixen la completa immobilitat dels participants. Malgrat aquestes dificultats, la combinació dels models teòrics de la psicologia i la neuropsicologia, els avenços en els paradigmes experimentals i la millora dels dissenys de registre de l'activitat cerebral, han possibilitat en els últims anys que sorgeixin importants propostes sobre com tenen lloc els processos de producció del llenguatge.

En la secció següent revisarem un dels principals models neuroanatòmics de producció del llenguatge, que, a partir de la proposta del model cognitiu de Levelt i col·laboradors (1999), integra els resultats de recents estudis de neurofisiologia i de neuroimatge funcional per proporcionar un mapa espaciotemporal detallat del procés de producció lingüística. Comencem revisant algunes de les principals nocions sobre què és produir llenguatge en l'àmbit cognitiu.

2.3.1. Model cognitiu de Levelt (1999)

El model de Levelt i col·laboradors (1999) és un model d'activació expandida serial derivat de l'anàlisi dels temps de reacció en tasques de laboratori. El model consta de dues fases principals, en les quals tindrien lloc diferents operacions i representacions, la selecció lèxica i la codificació morfològica. El procés de selecció lèxica començaria amb l'activació del concepte lèxic que es vol evocar, focalitzant el nivell de concreció o abstracció d'aquest concepte. La segona fase de la selecció lèxica implica l'activació dels lemmas o representacions de les propietats sintàctiques dels conceptes (nombre, persona, gènere). Cada concepte lèxic apunta a un lemma que s'haurà de seleccionar en funció del seu nivell d'activació per competició. La codificació morfològica s'inicia en la recuperació de la forma fonològica dels lemmas activats en la fase anterior (estructura, morfologia, longitud i segments), que es denomina morfema. En la fase de sil·labació, els morfemes són transformats o «lletrejats» en grups de seqüències ordenades (sil·labes) amb entonació, denominades paraules fonològiques. Finalment, la codificació fonètica consistiria a generar una cadena de rutines gestuals sil·làbiques que corresponen amb les paraules fonològiques que volen produir-se, que es denominen resultat articulari.

2.3.2. Model neuroanatòmic de la producció del llenguatge: dinàmica temporal

Indefrey i Levelt (2004) van realitzar una revisió metaanalítica de troballes de neurofisiologia i neuroimatge tractant de respondre a la qüestió de «quan» i «on» ocorren els processos de producció en el cervell. Si la revisió d'estudis electrofisiològics de potencials evocats serví als autors per a establir la latència i durada de les diferents operacions durant la codificació d'un missatge, els d'RMf i PET han aportat informació important sobre el substrat anatòmic de la producció. A continuació passarem a descriure algunes de les fonts i troballes recollides i integrades per Indefrey i Levelt (2004) sobre les bases neurofisiològiques de la producció.

En el model de Levelt i col·laboradors (1999) comentàvem que produir una paraula començava activant una representació denominada «concepte lèxic» o accedint al significat concret que es vol transmetre. Tant les tasques de denominació d'imatges com les de categorització d'imatges requereixen, per a realitzar-les correctament, l'accés a aquestes propietats semàntiques. L'estudi de la resposta N2, associada a la iniciació dels processos d'inhibició de resposta, ha servit per a establir la dinàmica temporal de la selecció del concepte lèxic. En concret, el component N2 o N200 és un potencial evocat d'amplitud negativa registrat entorn de l'elèctrode Cz als 200 ms de l'aparició d'un estímul, i constitueix la primera resposta elèctrica del cervell que es modula en situacions en què els subjectes han d'inhibir la resposta motora a aquest estímul. En l'experiment de Thorpe i col·laboradors (1996), la tasca Go/No Go dels subjectes consistia a prémer un botó de resposta si la imatge que apareixia en la pantalla corresponia a la categoria semàntica «animat» i no respondre si corresponia a «no animat». Per tant, els subjectes havien d'activar el concepte lèxic en qüestió per a prendre una decisió sobre si respondre o no. La hipòtesi experimental establia que el moment en què les respostes cerebrals entre assajos Go i No Go comencessin a diferir (inici del component N2), marcaria el moment temporal que els subjectes tenen informació suficient per a prendre una decisió, és a dir, el moment en què han accedit al «concepte lèxic». Els resultats van mostrar que als 150 ms de la presentació de l'estímul els subjectes posseeixen informació suficient sobre les característiques d'animació de la imatge per a engegar la inhibició de la resposta davant objectes inanimats. Per tant, d'acord amb aquest experiment i altres de similars, sembla que accedir al concepte lèxic ocorreria entre 150 i 200 ms.

La segona fase de la producció de paraules implicaria l'activació dels lemmas. Activar un lemma consisteix a accedir a les característiques sintàctiques de la paraula diana (paraula sintàctica). Cada node de l'«estrat conceptual» va lligat a un únic

node de l'«estrat dels lemmas». Amb l'objectiu de respondre a la pregunta sobre quina és la finestra temporal en què accedim als lemmas, Schmitt i col·laboradors (2001) van mesurar novament el component N2 en una tasca Go/No Go de decisió dual. En la condició que denominaren «concepte», la tasca dels subjectes consistia a decidir si respondre o no a partir de les propietats semàntiques dels estímuls. Així, els subjectes havien de respondre si l'animal de la imatge pesava menys de 500 gr, i no respondre en cas de pesar més. D'altra banda, en la condició que van denominar «sintaxi», la tasca dels subjectes consistia a decidir si respondre o no a partir d'una propietat sintàctica dels estímuls: el gènere gramatical. Així, els subjectes havien de respondre si el nom de l'animal de la imatge era femení, i no respondre en cas de ser masculí. A més, i amb la finalitat de mantenir equilibrades les demandes de processament entre tasques, la mà de resposta als assajos Go en cada tasca venia determinada en cada cas per la informació contrària (sintaxi en la condició «concepte» i semàntica en la condició «sintaxi»). D'acord amb la predicció del model de Levelt i col·laboradors (1999), l'anàlisi dels resultats conductuals va revelar que els assajos Go eren més ràpids en la tasca conceptual que en la sintàctica, i, per tant, sembla que accedir als lemmas consumeix més temps que als conceptes lèxics. Per la seva banda, l'anàlisi de la latència del component N2 en els assajos No Go va revelar que aquest component apareixia abans en la tasca conceptual que en la sintàctica. És a dir, els subjectes trigaven 73 ms més a iniciar la resposta inhibidòria en la tasca sintàctica, valor que és l'estimació del temps mitjà consumit pel procés d'activació de la característica «gènere». En conclusió caldria assenyalar que el procés d'activació de característiques sintàctiques és posterior al de característiques semàntiques, amb una durada entorn de 73 ms després de l'activació dels conceptes lèxics (entre 150-350 ms després, depenent del nombre de candidats activats, freqüència d'ús de les paraules, etc.).

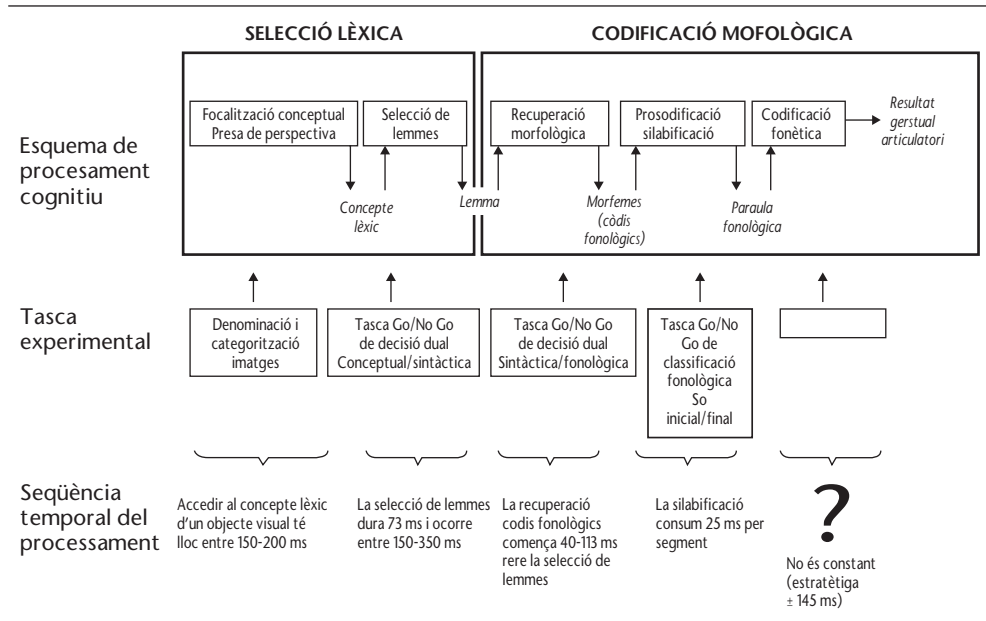
En tercer lloc, el model de Levelt estableix que la codificació de la forma de les paraules o codificació morfològica implica la recuperació de codis morfològics (accedir a la forma fonològica de les paraules o paraules fonològiques), codificació fonològica o sil·labació, i codificació fonètica o transformació de les síl·labes en instruccions motores. Amb la finalitat d'establir el moment temporal en què els subjectes accedeixen a la informació/representació fonològica de les paraules Van Turenhout i col·laboradors (1998) mesuraren el potencial de preparació laterlitzat (LRP o Lateralised Readiness Potential) en una tasca Go/No Go de decisió dual fonològica/sintàctica. L'LRP constitueix un marcador electrofisiològic del moment en què una resposta motora de la mà comença a preparar-se en les àrees motores del cervell. Aquesta resposta es mesura en elèctrodes situats sobre les escorces motores i el seu inici s'associa a la preparació de la resposta motora. De forma similar a l'ex-

periment anterior, la tasca fonològica realitzada pels subjectes va consistir a respondre als estímuls en què la paraula comencés amb el fonema /b/, i no respondre a aquells que comencessin amb una altra lletra. A més, la mà de resposta per als assajos Go venia determinada per la característica sintàctica gènere (femení = dreta, masculí = esquerra). La hipòtesi dels autors establí que si la sintaxi precedeix la fonologia en la producció, la informació sintàctica (mà preparada) accessible de forma més primerenca s'enviarà al sistema motor abans que la informació fonològica (Go/No Go), generant una certa preparació transitòria en els assajos No Go. Alternativament i si la sintaxi no precedeix la fonologia, no hauria de registrar-se cap mena de preparació en els assajos No Go. Els resultats van mostrar que, als 370 ms, assajos Go i No Go difereixen de línia base. A més, als 410 ms, la disponibilitat de la informació fonològica acabava aquesta resposta preparatòria en els assajos No Go. Per tant 40 ms després de l'accés a la informació sintàctica, la informació fonològica ja està accessible per a inhibir la preparació. Per tant, els resultats de l'experiment semblen indicar que la recuperació dels codis fonològics comença entre 40-113 ms després de la selecció dels lemmas.

La següent pregunta concerneix a la durada de la fase de sil·labació. En un altre experiment de Van Turennout i col·laboradors l'any 1997, l'ocupació d'un disseny similar a l'anterior va permetre indagar en la durada dels processos de sil·labació. En aquest cas, la tasca Go/No go dual dels subjectes consistí a respondre als estímuls que comencessin pel fonema /t/ i no contestar als que comencessin per una altra lletra diferent. En els assajos go, els subjectes havien de respondre amb la mà dreta als animats i amb l'esquerra als inanimats. Per la seva banda, en la tasca control, la decisió sobre si respondre o no venia determinada pel fonema final de la paraula, per exemple: respon si acaba per /r/, i la mà de resposta venia determinada per la mateixa propietat semàntica. La hipòtesi dels autors en aquest experiment va ser que la variació de la localització del fonema diana no canviaria l'inici de la preparació (LRP), però sí el moment en què la preparació cessi (moment en què les respostes Go i No Go comencin a diferir per l'accés a la informació fonològica). És a dir, si la sil·labació és una fase i opera d'esquerra a dreta, els subjectes trigaran més temps a accedir a la informació de fonema final i la preparació cessarà més tardanament. El primer que observaren els autors és que entorn de 370-400 ms els assajos Go i No Go d'ambdues condicions comencen a diferir de línia base. Tot i això, i de gran importància per a l'objectiu de l'estudi, la resposta preparatòria acaba abans assajos de fonema inicial que de fonema final. A partir de l'anàlisi de la longitud de les paraules diana i la latència de les respostes dels potencials evocats, els autors determinen que la codificació fonològica opera d'esquerra a dreta a raó de 25 ms per segment sil·làbic.

L'última pregunta a respondre afecta l'última fase de la codificació morfològica o «codificació fonètica», per la qual les síl·labes són transformades en instruccions motores que poden ser enviades al sistema articulari. En aquest punt, Indefrey i Levelt indiquen que no hi ha dades independents sobre la durada d'aquest procés. A més, atès que aquest procés és d'ordre estratègic i s'adapta a les demandes de la situació, tant el seu inici com la seva durada varia entre parlants i situacions. L'obtenció d'una estimació per subtracció estableix una durada aproximada de 145 ms.

Figura 13. Resum del model cognitiu de Levelt i col·laboradors (1999), així com de la revisió d'Indefrey i Levelt (2004) sobre el tipus de tasques experimentals emprades per diversos autors per a establir la dinàmica temporal d'activació de les diferents fases del processament cerebral durant la producció. En la part inferior del gràfic es resumeixen algunes de les principals conclusions d'aquests treballs respecte a la dinàmica temporal de les diferents operacions cognitives en el cervell.

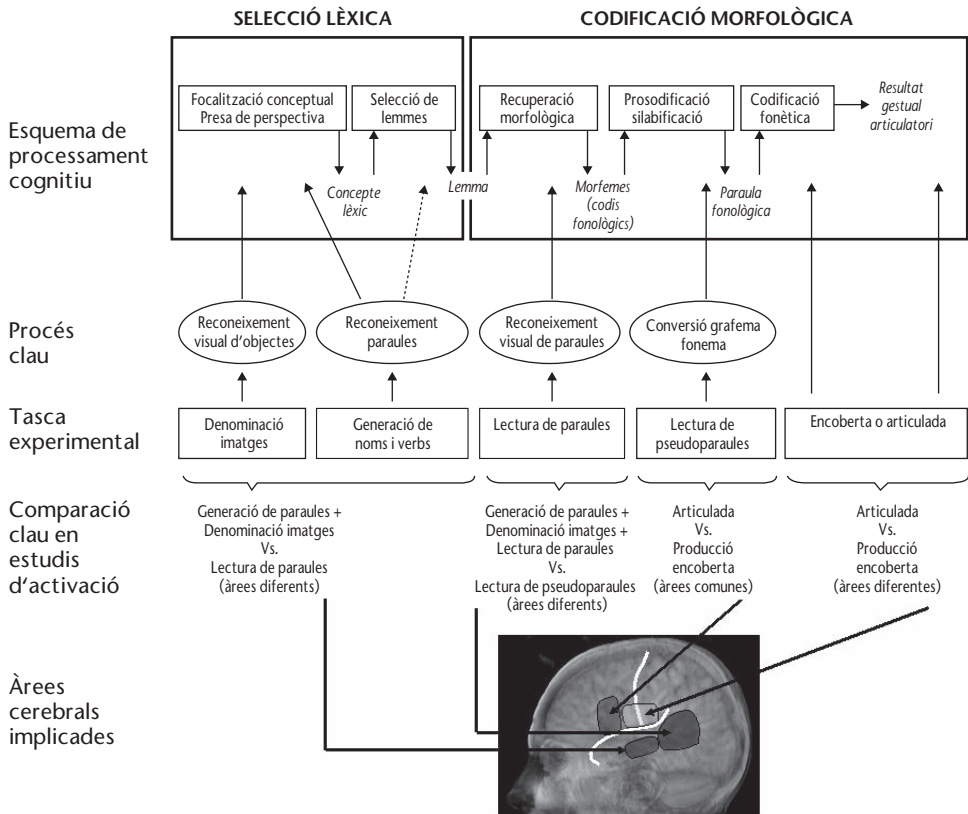


2.3.3. Model neuroanatòmic de la producció del llenguatge: dinàmica espacial

A continuació descriurem algunes de les principals conclusions del treball d'Indefrey i Levelt (2004) amb relació a la localització espacial de les operacions cognitives durant la producció i els treballs amb tècniques de neuroimatge funcional.

L'objectiu dels autors, doncs, és establir associacions entre àrees cerebrals específiques i subprocessos durant la producció (Indefrey i Levelt, 2004). A aquest efecte van revisar 82 treballs de neuroimatge sobre producció i comprensió. Les tècniques que s'inclouen principalment són RMf i PET, i algun treball sobre magentoencefalografia, SPECT i TMS. El mètode d'anàlisi consisteix a: (1) establir per metaanàlisi les àrees d'activació en diferents tasques lingüístiques de comprensió i producció (difereixen en els processos que requereixen i en el punt d'arrencada en el model en

Figura 14. En la part superior, resum del model cognitiu de Levelt i col·laboradors (1999), com també dels processos clau per a estudiar les estructures cerebrals implicades en la producció del llenguatge, i el tipus de tasques experimentals emprades per diversos autors per a establir les àrees cerebrals de la producció, segons Indefrey i Levelt (2004). En la part inferior, resum de les comparacions experimentals realitzades pels autors per dissociar entre àrees cerebrals responsables de les diferents operacions durant la producció, així com les principals conclusions dels treballs.



Imatge adaptada del treball d'INDEFREY, P., & LEVELT, W. J. (2004). The spatial and temporal signatures of word production components. *Cognition*, 92(1-2), 101-144.

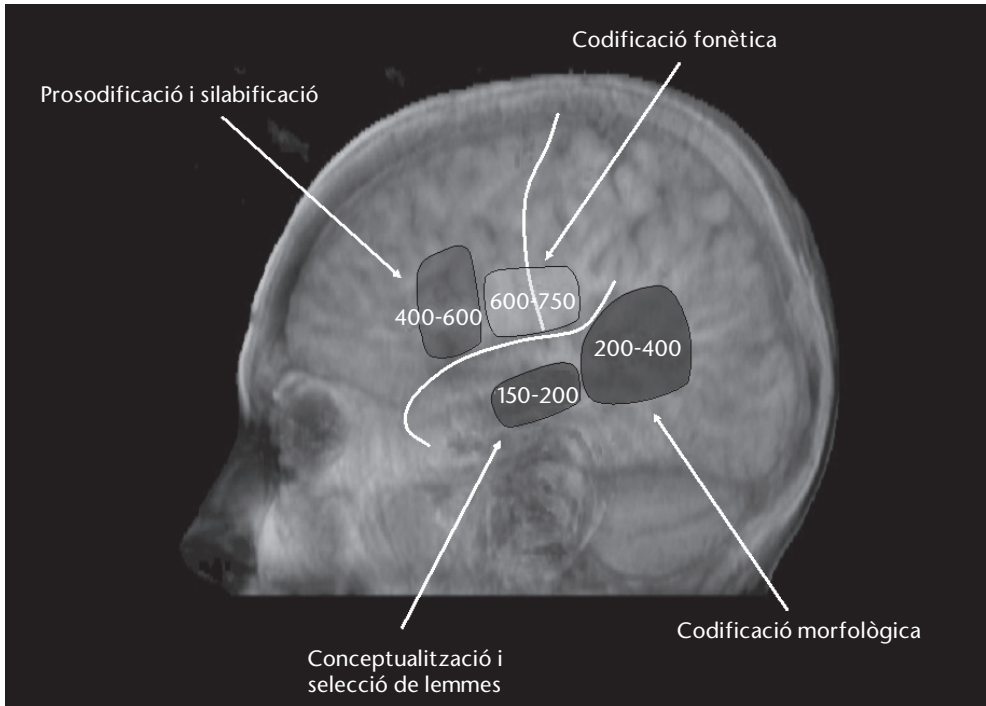
cascada), (2) comparar els resultats entre tasques que es diferenciïn en processos clau, i (3) identificar l'activació comuna/diferent associada amb el procés d'interès.

Els autors estableixen una associació entre les tasques experimentals analitzades, els processos clau que caracteritzen les tasques i el moment d'entrada del procés clau en la seqüència d'operacions del model. Així, tant les tasques de denominació d'imatges com les de generació de paraules requeririen l'engedada d'operacions primerenques en el nivell de la focalització conceptual o la selecció de lemmas. Per la seva banda, les tasques de lectura de paraules entrarien en la seqüència de processament al nivell de reconeixement de morfemes. Per la seva banda, la lectura de pseudoparaules, donada l'absència de representacions morfològiques en el lèxic intern, entraria en la seqüència de processament en el nivell de la sil·labació. Finalment, el caràcter encobert o articulat de la tasca de producció de què es parli permetria focalitzar l'interès en el nivell de la codificació fonètica o l'articulació.

Per a la identificació de les àrees rellevants per a la fase de selecció lèxica, els autors comparen els resultats d'activació en tasques de generació de paraules i denominació d'imatges amb els de lectura de paraules. Les àrees cerebrals presents en les primeres i absents en les segones informen de les àrees de la selecció lèxica coincidint amb la porció medial del gir temporal medial esquerre. Si bé la recuperació de la forma de les paraules té lloc en les tres tasques anteriors, no ocorre així en la tasques de lectura de pseudoparaules. Els autors comproven que, eliminades les àrees associades als processos previs, l'activació diferencial en les tasques lèxiques i la de lectura de pseudoparaules concerneix principalment a l'àrea de Wernicke (porció posterior dels girs temporal superior i mitjà). Per estudiar els correlats d'activació associats a la sil·labació, els autors extreuen les àrees comunes en tasques de resposta encoberta i articulada, una vegada eliminades les àrees responsables dels processos previs. El resultat va mostrar que solament l'àrea de Broca (gir frontal inferior posterior esquerre) compartia activació en aquestes tasques. Finalment i amb vista a establir les àrees responsables de la codificació fonètica i l'articulació, els autors estudiaren les àrees activades de forma diferencial entre tasques de producció encoberta i articulada, eliminant àrees purament motores. El resultat va mostrar les àrees sensoriomotores de tots dos hemisferis (també l'àrea motora suplementària dreta, el cerebel dret i els tàlems).

Tot i reconèixer que el model presentat és una de les millors descripcions sobre les bases neuroanatòmiques de la producció del llenguatge fins al moment, hem d'assenyalar també que el model explica la producció a nivell lèxic. És a dir, es tracta d'un model centrat en la producció de paraules que no dóna compte d'altres aspectes més complexos del processament per a la producció, com el processament d'oracions o el discurs.

Figura 15. Resum del treball d'Indefrey i Levelt (2004) en el qual es resumeixen les principals dades neuroanatòmiques i neurofisiològiques recopilades a partir de la seva revisió de la literatura sobre les bases neurofuncionals de la producció del llenguatge. Els intervals numèrics reflecteixen el temps en mil·lisegons en què tenen lloc les diferents operacions cognitives, respecte a la conceptualització del missatge que es vol transmetre.



3. Bibliografia

- AINSWORTH-DARNELL, K., SHULMAN, H. G., & BOLAND, J. E. Dissociating Brain Responses to Syntactic and Semantic Anomalies: Evidence from Event-Related Potentials. *Journal of Memory & Language*, 1998; 38(1), 112-130.
- ALEXANDER, M. P., NAESER, D. T., PALUMBO, C. Broca's area aphasia. *Neurology*, 1990; 44:1824-29.
- ARDILA, A. A Review of conduction aphasia. *Curr. Neurol. Neurosci. Rep.* 2010; 10(6):499-503.
- BENSON, D. F. Classical syndromes of aphasia. Dins F. BOLLER i GRAFMAN J. (eds.). *Handbook of Neuropsychology*, 1988; 1:267-280.
- BROCA, P. Remarques sur la siège de la faculté du langage articulé, suivi d'une observation d'aphémie. *Bull. Anat. Soc. (Paris)*, 1861; 2, 330-357.

- BUB, D. N., ARGUIN, M., & LECOURS, A. R. Jules Dejerine and his interpretation of pure alexia. *Brain Lang*, 1993; 45(4), 531-559.
- DAMASIO, H., TRANEL, D., GRABOWSKI, T., ADOLPHS, R., & DAMASIO, A. Neural systems behind word and concept retrieval. *Cognition*, 2004; 92(1-2), 179-229.
- DE WITT, I., & RAUSCHECKER, J. P. Phoneme and word recognition in the auditory ventral stream. *Proc. Natl. Acad. Sci. O S A*, 2012; 109(8), 1505-514.
- FRIEDERICI, A. D. The neural basis of language development and its impairment. *Neuron*. 2006;52(6),941-52.
- GAZZANIGA, M. S. Forty-five years of split-brain research and still going strong. *Nat. Rev. Neurosci.* 2005; 6(8),653-9.
- HICKOK, G., & POEPEL, D. The cortical organization of speech processing. *Nature Reviews Neuroscience*, 2007; 8, 393-402.
- INDEFREY, P., & LEVELT, W. J. The spatial and temporal signatures of word production components. *Cognition*, 2004; 92(1-2), 101-144.
- LEVELT, W. J., ROELOFS, ???, & MEYER, A. S. A theory of lexical access in speech production. *Behav. Brain. Sci.*, 22(1), 1999; 1-38; 38-75.
- LICHTHEIM, L. On aphasia. *Brain*, 1885; 7, 433-484.
- MAESTÚ, F., RÍOS-LAGO M., CABESTRERO, R. *Neuroimagen Funcional y Cognición*. Barcelona: Masson-Elsevier; 2008.
- POEPEL, D., & HICKOK, G. Towards a new functional anatomy of language. *Cognition*, 2004; 92(1-2), 1-12.
- SCHMITT, B. M., SCHILTZ, K., ZAAKE, W., KUTAS, M, & MUNTE, T. F. An electrophysiological analysis of the estafi course of conceptual and syntactic encoding during tacit picture naming. *J. Cogn. Neurosci.*, 2001; 13(4), 510-522.
- SUN, T., WALSH, C. A. Molecular approaches to brain asymmetry and handedness. *Nat. Rev. Neurosci.* 2006;7(8):655-62.
- THORPE, S., FIZE, D., & MARLOT, C. Speed of processing in the human visual system. *Nature*, 1996; 381(6582), 520-522.
- TIRAPU USTARROZ, J., RÍOS-LAGO, M., MAESTU, F. *Manual de neuropsicología*. Barcelona: Viguera; 2008.
- VAN TURENNOUT, M., HAGOORT, P., & BROWN, C. M. Electrophysiological evidence on the estafi course of semantic and phonological processes in speech production. *J. Exp. Psychol. Learn. Mem. Cogn.*, 1997; 23(4), 787-806.
- VAN TURENNOUT, M., HAGOORT, P., & BROWN, C. Brain activity during speaking: from syntax to phonology in 40 milliseconds. *Science*, 1998; 280, 572-574.
- WERNICKE, C. *Der aphasische symptomenkoplex*, 1874; (Boston Studies in Philosophy of Sciences, 34-97, Trans.): Breslau:Cohon & Weigart.

Glossari

Components dels potencials evocats: una ona o component pot ser quantitativament caracteritzada mitjançant tres dimensions: amplitud, latència i distribució en el cuir cabellut. L'amplitud proporciona un indicador de l'extensió de l'activitat neural i de com el component respon funcionalment a les variables experimentals. La latència, o moment temporal en què té lloc la punta d'amplitud, aporta informació sobre el curs temporal d'aquesta activació. La distribució pel cuir cabellut proporciona informació del gradient de voltatge d'un component en un moment temporal concret, i sol relacionar-se amb les estructures anatòmiques subjacents. Malgrat haver-hi dificultats a l'hora de determinar quines regions anatòmiques específiques són responsables d'un determinat component, la seva distribució espacial aporta informació complementària a les que ofereixen l'amplitud i la latència, i això permet, per exemple, la realització d'inferències sobre si dos estímuls generen patrons d'activitat neural diferent, reflectint, doncs, processos funcionals diferents.

Electroencefalograma: tècnica no invasiva de mesurament de l'activitat elèctrica del cervell mitjançant elèctrodes situats en la superfície del cuir cabellut. Els volums de corrent registrats són fluctuacions de voltatge positives i negatives que varien en amplitud, freqüència i localització, originades pels canvis en el potencial de membrana de les dendrites, els somes cel·lulars i els potencials post-sinàptics de les poblacions neuronals en la proximitat dels elèctrodes de registre.

Estimulació magnètica transcranial (o TMS): tècnica que permet la inducció, de forma segura i no invasiva, d'un corrent en el cervell. L'aparell d'estimulació produeix un camp magnètic d'una durada de l'ordre de mil·lisegons. Aquest camp magnètic penetra fàcilment a través del crani i, gràcies a la seva capacitat de canvi ràpid, indueix un corrent elèctric a l'àrea del cervell sobre la qual es troba la bobina d'estimulació. A través d'aquest procediment és possible interrompre, de manera transitòria i innòcua, la funció cognitiva de la qual una àrea determinada és responsable (estimulació inhibidòria).

Lateralitat: tendència d'una funció psicològica a sorgir en un hemisferi, sent l'altre incapaç o menys capaç de realitzar aquesta funció

Lemma: representació mental que emmagatzema les propietats sintàctiques de les paraules.

Potencials evocats cerebrals (o PE): fluctuacions de voltatge visibles en l'EEG induïdes pels canvis de l'activitat del cervell que estan associats temporalment a l'ocurrència d'estímuls sensorials, motors o successos cognitius.

Ressonància magnètica (o RM): la tècnica de la ressonància magnètica es basa en el fet físic que els nuclis d'algunes substàncies presents en el cos humà (protons) es carreguen d'energia i alteren la seva orientació espacial quan incideix sobre ells un pols electromagnètic de radiofreqüència. En RM s'empren aquestes ones electromagnètiques per a «bombardejar» els teixits a freqüències de ràdio de l'ordre dels megahertzos. Aquests protons fan d'antena emissora i receptora, de manera que la interrupció del pols provoca la reorientació del nucli amb magnetisme que passa d'un estat d'alta energia a un estat de relaxació o baixa energia, «retornant» l'energia que l'ha fet desplaçar. Aquesta devolució d'energia pot ser captada des de l'exterior mitjançant un sensor de camp magnètic adequat. El concepte de freqüència de ressonància fa referència a la freqüència específica a la qual cada nucli amb magnetisme resulta sensible. Els protons dels àtoms d'hidrogen són els d'interès en la RM. Un dels principals avantatges de l'estudi d'aquest nucli és la seva elevada presència en la major part dels teixits que conformen el SNC.

Tomografia per emissió de positrons (o PET): tècnica de neuroimatge funcional que aprofita la necessitat dels teixits de determinades substàncies químiques, com l'oxigen, l'hidrogen o la glucosa, per a establir relacions entre l'activitat cognitiva i l'activitat metabòlica de diferents regions del cervell. En marcar radioactivament una d'aquestes substàncies i injectar-la en sang aconseguim que la substància quedi fixada al teixit que la consumeix. Una vegada fixada al teixit que l'ha absorbit i transcorregut un temps (variable per a cada substància radioactiva), els àtoms inestables de l'isòtop alliberen positrons que s'aniquilaren en contactar amb els electrons d'altres àtoms circumdants. Aquest procés d'anihilació generarà en última instància dos fotons que es desplaçaran a la mateixa velocitat, però en sentit oposat. El tomògraf és un sistema de detecció extern que, mitjançant detectors de fotons situats en forma de cilindre al voltant del cap, serà capaç de mapejar l'origen del procés d'anihilació protó-electró, i per tant, estimar la localització del procés metabòlic d'interès.

Preguntes d'autoavaluació

- | | |
|---|---|
| 1. El model neuroanatòmic de Damasio <i>et al.</i> (2004) sobre el processament lingüístic està fortament inspirat en dades de pacients amb lesió cerebral | V |
| 2. Malgrat les crítiques al model de Geschwind, una de les seves virtuts és la seva capacitat per a explicar l'ampli rang de síndromes afàsics (afàsia anòmica, dèficits gramaticals, síndromes mixtos). | F |
| 3. La metaanàlisi d'Indefrey i Levelt (2004) sobre l'anatomia de la producció de paraules indica que la sil·labació té lloc en el gir frontal inferior esquerre entre 400-600 mil·lisegons després de l'activació de la informació conceptual. | V |
| 4. En el model neuroanatòmic de la comprensió d'Hickok i Poeppel (2004), les vies ventral i dorsal del cervell correspondrien a la ruta directa i indirecta dels models neuropsicològics de comprensió. | V |
| 5. D'acord amb els estudis de potencials evocats, triguem 25 mil·lisegons a codificar un segment sil·làbic. | V |
| 6. Durant el processament d'oracions, la detecció d'irregularitats sintàctiques en paraules concretes precedeix en el temps la detecció d'irregularitats semàntiques, tal com mostren els components dels potencials evocats N400 i P600, respectivament. | F |
| 7. El model neuroanatòmic de Damasio <i>et al.</i> (2004) sobre l'organització cerebral del lèxic estableix que els noms de persona i els d'eines es distribueixen per àrees temporals i frontals, respectivament. | V |
| 8. De Witt i Rauschecker (2012) van demostrar que la ruta ventral del processament lingüístic presenta una organització jeràrquica, en què les àrees més posteriors del lòbul temporal s'encarregarien dels fonemes, les regions medials de les paraules i les regions més anteriors de les frases. | V |

- | | |
|--|---|
| 9. En el model neuroanatòmic de la comprensió d'Hickok i Poeppel (2004), la via ventral del cervell seria responsable de la repetició en veu alta de paraules. | F |
| 10. En el model neuroanatòmic de la comprensió d'Hickok i Poeppel (2004), la unió temporoparietal seria l'estructura responsable de connectar les representacions lèxiques sensorials i motores. | V |
| 11. L'estudi d'Ojeman (1989) va demostrar que les àrees del llenguatge s'estenen molt més lluny de les delimitacions clàssiques establertes per les denominacions àrea de Broca i Wernicke. | V |
| 12. Sembla que els bilingües no utilitzen necessàriament les mateixes regions per a emmagatzemar els noms dels mateixos objectes en les dues llengües. | V |
| 13. Els estudis sobre pacients amb cervell dividit en els anys quaranta van tractar d'estudiar les bases neuronals del processament sintàctic. | F |
| 14. El neuròleg Joseph Jules Dejerine (1849-1917) aconseguí localitzar les regions cerebrals responsables de l'agrafia o la incapacitat per a la producció del llenguatge escrit. | F |
| 15. L'afàsia de conducció descrita per Carl Wernicke es caracteritza per la incapacitat de repetir paraules sentides. | V |