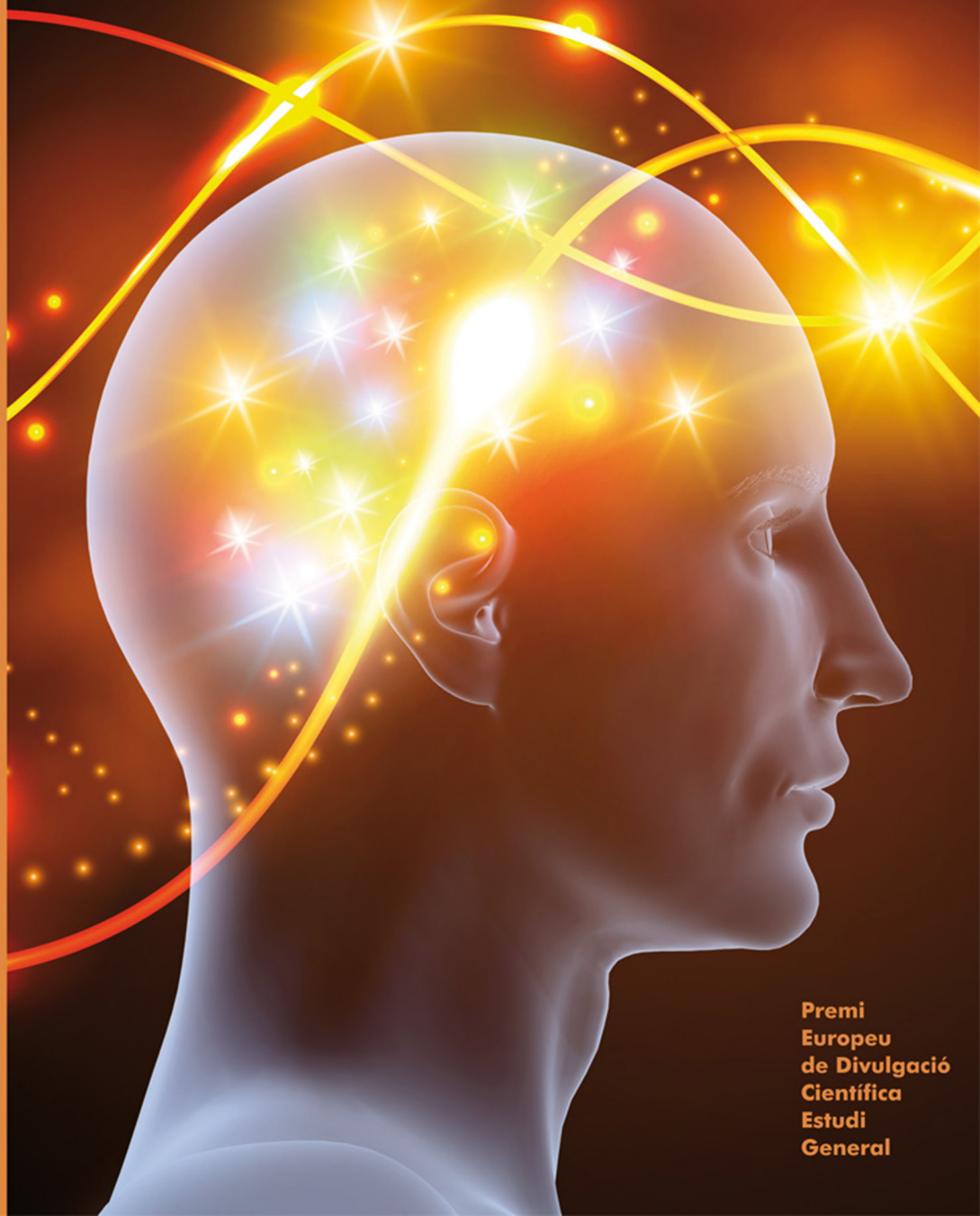


Antonio Rial

sense *f*ronteres

# Descobrint el cervell



Premi  
Europeu  
de Divulgació  
Científica  
Estudi  
General

1  
AIXÍ FUNCIONA

*El cervell ens enganya*

Tot és mentida. Aquesta és la incòmoda realitat que cal afrontar quan analitzem el funcionament del cervell. El nostre crani és un búnquer que alberga la gran joia de l'evolució: la gelatinosa massa rosada de menys d'un quilo i mig de pes amb la qual creiem entendre el moviment de les mareas, la fúria dels huracans o l'amor romàntic. La primera decepció que ens emportem és que la major part de la informació exterior que coneixem prové de la llum, un fragment esmunyedit de la radiació electromagnètica que inunda l'univers i que sempre està disposada a enganyar-nos. De fet, ni tan sols percebem la major part de la radiació, que viatja a través nostre en forma de microones, ones de ràdio, llum infraroja, rajos X o rajos gamma. Al fons dels ulls, la retina processa com un senyal elèctric la llum visible, d'una manera una miqueta rudimentària, perquè només en reserva una part mínima –la fovea– per al treball de resolució fina, mentre que la resta de la superfície identifica a l'engròs i en blanc i negre les imatges que completen el quadre que observem. La meravella extraordinària i, alhora, l'engany colossal que la nostra espècie comparteix amb moltes altres és que disposem

d'un cervell que construeix, mitjançant artificis electroquímics, la sensació de continuïtat i coherència que ens permet adaptar-nos a un entorn que nosaltres interpretem com una realitat. La prioritat del nostre benivolgut cervell no és conèixer la veritat subjectiva –si és que existeix o té algun sentit–, sinó garantir la nostra supervivència com a individus i com a espècie. Aquest imperatiu vital condiona el fet que conèixer la *veritat* siga irrellevant per al cervell, però també ens força a compartir amb la resta de la humanitat, i amb una bona part dels éssers vius, les il·lusions que considerem reals. El fet d'entendre l'univers d'una forma determinada i compartida ha permès el desenvolupament del mètode científic. Per a la ciència només és vàlid allò que pot sotmetre's a la validació experimental, allò que qualsevol persona pot observar si du a terme la mateixa prova en condicions idèntiques.

Després de quasi quatre mil milions d'anys d'evolució de la vida a la Terra i de 195.000 anys d'evolució de la nostra espècie, *Homo sapiens sapiens*, els nostres cervells s'han especialitzat en el reconeixement de patrons. Aquells dels nostres antecessors que foren capaços de distingir un predador d'una ovella, hi van sobreviure i deixaren als seus gens la valuosa informació que hem pogut aprofitar els qui hem vingut després. Passa igual amb els que diferenciaven les plantes verinoses de les que no ho eren. Fa milers d'anys, alguns éssers humans també s'adonaren, en observar les estrelles, que la natura repeteix cicles, calendaris, que eren útils per a decidir on s'havien d'assentar i per a preveure quan arribaria el fred, les pluges, la calor, quan donarien els seus fruits les plantes o quan moririen, quan arribarien o se n'anirien els ramats migratoris... També com a individus i com a grup,

tendim a establir i repetir hàbits que ens fan previsible. El cervell d'una espècie tan vulnerable físicament com la nostra es va especialitzar a anticipar el futur com un mètode de supervivència. La selecció natural ha fet la resta. La clau que explica que el nostre cervell pugui funcionar com ho fa és que la natura sembla sentir-se a gust en establir rutines senzilles que van complicant-se en repetir-se a diferents escales. La nostra espècie ha anat esmolant la intuïció per tal de predir determinats esdeveniments, fins que hem comprès que els números són les peces elementals que configuren el llenguatge d'aquests patrons ocults. Fa uns 2.300 anys, a l'antiga Grècia, Euclides va posar les bases de les matemàtiques en la seua obra *Elements de geometria*. Hi va recollir tots els coneixements matemàtics coneguts fins a la seua època però, a més, hi va establir un model a partir del qual, i mitjançant certes lleis, se'n pogueren deduir veritats noves.

Els savis de la Grècia clàssica van entendre que tota la natura es fonamenta en models matemàtics i establiren els cinc elements bàsics que la constitueixen (aire, terra, aigua, foc i èter), i que Plató va vincular a sengles figures geomètriques regulars: «El foc està format per tetraedres; l'aire per octaedres; l'aigua per icosaedres; la terra per cubs; i com que encara és possible una cinquena forma, Déu ha utilitzat aquesta, el dodecaedre pentagonal, perquè siga el límit del món». Hesíode, en la seua *Teogonia* escrita fa 2.500 anys, postulava que els déus existeixen per a posar ordre en el caos.

La ciència, en l'actualitat, continua utilitzant la matemàtica com la principal eina perquè el nostre cervell entenga les lleis que regeixen la natura i no fa una altra cosa que tractar d'explicar allò que és constant, en un entorn caòtic.

El matemàtic Benoit Mandelbrot, que va morir l'any 2010, és reconegut com l'autor de la descripció de la geometria fractal, que revela com objectes aparentment irregulars molt freqüents en la natura mantenen la mateixa estructura visual tant si ens hi acostem com si ens n'allunyem. Les imatges d'un vas sanguini, d'un núvol, d'una muntanya, d'un flocc de neu, d'una fulla o de les xarxes nervioses semblen d'una complexitat extraordinària però, substancialment, mantenen una regularitat geomètrica idèntica quan s'observen a diferents escales.

Afortunadament o desafortunadament, la nostra capacitat, com a espècie, per a detectar-hi els patrons, les constants subjacents en bona part de les imatges o de les activitats de la natura, està limitada. La teoria del caos prediu que, quan s'introdueixen variacions lleugeríssimes en el funcionament d'un sistema natural, aquestes es multipliquen exponencialment al llarg del temps i això fa que resulte impossible predir-ne el resultat final. L'any 1890, Poincaré ho va poder constatar quan intentava determinar, sense èxit, quines són, en un moment determinat, la velocitat i la posició de tres cossos com la Lluna, el Sol i la Terra, que interactuen gravitacionalment. En 1963, el matemàtic i meteoròleg Edward Lorenz va comprovar, mitjançant un experiment amb un ordinador, el cèlebre efecte papallona, amb el qual va establir, poèticament, que el simple moviment de l'aire que provoca el batec de les ales d'una papallona és capaç de generar un canvi climàtic en cascada, que acabe desencadenant un tornado en qualsevol lloc llunyà del planeta. El nostre pobre cervell, que adora estalviar energia repetint rutines, no té més remei que afrontar fets imprevisibles. Això sí: si li ho permetem, només analitzarà els fets imprescindibles per a mantindre'ns vius. La major part de

l'activitat mental està automatitzada; una part ja la portem de sèrie, escrita en el codi genètic, i l'altra prové de l'aprenentatge. Aprendre fa que consumim molta energia en l'escorça cerebral, fins que aconseguim transformar la novetat en rutina. Així que ho hem aconseguit, el cervell envia l'hàbit a regions més profundes i –en la mesura en què ho pot fer– fora de la nostra activitat conscient. És millor que ho faça així. Posar-nos a pensar com hem de caminar, rascar-nos, muntar en bicicleta o teclejar un ordinador seria insuportable. A més, l'activitat inconscient és més ràpida a l'hora de processar informació i de convertir-la en ordres motrius. Si quan juguem al tennis haguérem de seguir conscientment la trajectòria de la pilota, patiríem unes derrotes monumentals.

La potència de processament d'informació del cervell humà és enorme i quasi tota es manté oculta per a nosaltres. Com defineix el físic teòric estatunidenc Michio Kaku –que fa servir arguments de Marvin Minski–, és probable que hàgem sobrevalorat la consciència humana, que només és un producte de les imatges i els pensaments que provenen de llocs dispersos del cervell i que, quan cal, competeixen per despertar la nostra atenció, el nostre pensament conscient. El ximpanzé és l'espècie més semblant a la nostra; només ens en diferencia un 1,6% del genoma. El nostre cervell es caracteritza pel desenvolupament superior del lòbul frontal o, més concretament, de l'escorça prefrontal, que és l'última que madura en la nostra espècie, a la fi de l'adolescència, i que –com explica encertadament el neuròleg Francisco Rubia– és l'àrea cognitiva per naturalesa, perquè alberga la nostra intel·ligència, la nostra manera de processar conscientment la realitat. Potser, més que no preocupar-nos de definir la

consciència humana, tindria més sentit parlar dels diferents nivells de consciència de les diverses espècies, perquè s'ha comprovat que totes les espècies necessiten algun nivell de consciència per a adaptar-se a l'entorn. Kaku preveu que, en el futur, els robots podran assolir una «consciència de silici» que els permetrà adaptar-se a circumstàncies complexes.

Un bacteri, una planta, un colibrí o un ós formiguer comparteixen amb nosaltres l'obligació de sobreviure com a individus i com a espècie, però l'evolució biològica els ha portat a processar la realitat amb mentides que compartim en part i que, en una altra bona part, són diferents de les nostres. Com passa en la nostra espècie, processen la realitat just en els termes que necessiten per a no desaparèixer. En contrast amb els nostres cent mil milions de neurones, el cuc *Caenorhabditis elegans* en disposa a penes de 300, que estableixen unes 7.000 connexions. El cervell dels colibrís és com un gra d'arròs, però aquestes aus són capaces d'elaborar mapes mentals per recordar, entre milers i milers de flors, les que ja han libat i en quines altres el nèctar continua intacte i sucós. Els ocells trencanous són capaços de memoritzar el lloc on soterren, un a un, trenta mil pinyons, durant els mesos de calor, i en una superfície de centenars de quilòmetres. Quan comença a nevar, recuperen el 90% dels fruits. Aquestes gestes de la memòria estan completament fora de l'abast del cervell humà convencional, però resulten vitals per a ells. L'etologia també ha demostrat que fins i tot les formigues i les mosques són capaces d'actuar segons les seues experiències passades.

El físic i matemàtic Roger Penrose i el metge anestesista Stuart Hammeroff defensen la teoria que la ingent capacitat de processament d'informació del cervell només es pot ex-

plicar perquè en cada citoesquelet de les neurones i dels seus àxons existeixen unes estructures de microtúbuls en xarxa, el funcionament de les quals respon a les lleis que regeixen allò molt menut, les de la mecànica quàntica, que multiplica infinitament la potència de computació electroquímica del cervell. En l'escala dels objectes de grans dimensions, la física clàssica funciona com un rellotge per a predir esdeveniments naturals. Inclou les lleis de Newton que expliquen el moviment; les de Maxwell per a explicar la llum, el magnetisme i l'electricitat, que constitueixen el camp electromagnètic; i les lleis de la relativitat d'Einstein: la general, que prediu els camps gravitatoris a gran escala, i la teoria especial, que preveu el fonament que regeix a grans velocitats. Aquestes lleis són extraordinàriament precises per a establir models de predicció en el nostre món convencional, però fracassen en les escales més menudes de la realitat, que és on –segons Penrose i Hammeroff– es fa possible la formació de la consciència.

Els precedents d'aquesta teoria són ben remots. En l'antiga Grècia, Demòcrit va proposar que el món material està format per partícules diminutes indivisibles: els àtoms, una paraula que en grec significa, justament, 'no divisible'. Plató hi va objectar que si els àtoms poden ocupar algun espai, aleshores poden dividir-se i, per tant, no poden ser el constituent fonamental de la matèria. Avui sabem que cada àtom està format per electrons que giren al voltant d'un nucli que, alhora, està format per neutrons i protons, els quals es formen de quarks i leptons, que són els components fonamentals de la matèria. Einstein, en la seua equació  $E = mc^2$ , hi va deixar establert que l'energia podia transformar-se en matèria i això va obrir un camp immens d'estudi que abasta unes regles



de joc diferents de les que regeixen els cossos sòlids. Quan s'estimula una cèl·lula nerviosa, s'hi produeix un potencial elèctric, el potencial d'acció, que viatja a través de l'extensió de la cèl·lula, l'àxon. Les terminals dels àxons contenen vesícules carregades d'unes substàncies químiques, els neurotransmissors, cadascuna de les quals té una funció definida. En rebre la descàrrega, les vesícules es buiden i els productes químics ixen a una zona entre les neurones, la fenedura sinàptica, des d'on es fixen als receptors de la cèl·lula diana, per a produir-hi una reacció química d'excitació o d'inhibició. Els nervis, per tant, transmeten informació gràcies a impulsos d'energia. Però com recorda el fisiòleg Derek Chopra, a la base d'aquesta energia hi ha el buit quàntic.

El físic de la Universitat d'Oxford Vlatko Vedral va molt més enllà. Segons Vedral, la realitat està composta per unitats d'informació i no per fragments de matèria o d'energia. No és només que el nostre cervell pot reconèixer patrons d'informació, sinó que la mateixa informació és, a escala subatòmica, el component essencial de l'univers i aquesta informació és, a més, prèvia a l'aparició de la matèria o de l'energia. Es recolza en les lleis de la mecànica quàntica per assegurar que res no existeix experimentalment fins que no hi podem interactuar. Les unitats d'informació –i no les d'energia i matèria– són les que creen la realitat, i els mateixos fragments de matèria i d'energia només són unitats d'informació. El professor d'enginyeria mecànica del MIT Seth Lloyd reivindica que la idea de Vedral ja feia temps que la postulava ell mateix. Per a Lloyd, l'univers es comporta com un immens ordinador quàntic que, des que va nàixer durant el Big Bang, fa 13.700 milions d'anys, no ha fet una altra cosa que rebre i processar informació sub-

atòmica a escales cada vegada més complexes. Assegura que els científics han comés l'immens error històric d'analitzar l'univers com una col·lecció de partícules i de camps, quan allò correcte és interpretar-lo com un conjunt majestuós en el qual cada esdeveniment físic que ocorre en qualsevol part proporciona informació al sistema. I l'eixida d'informació que ofereix aquest ordinador còsmic és, ni menys ni menys, que la realitat. Aquest mecanisme és –segons que postula Lloyd– el que permet un univers en contínua expansió on naixen i moren galàxies amb les seues estrelles i els seus planetes, i el que ha propiciat que, almenys en un d'aquests planetes, el nostre, s'hi desenvolupe una vida que també evoluciona sense descans, tot processant quantitats ingents d'informació cada vegada més complexa. El funcionament d'aquest computador fa pràcticament inevitable –per a Lloyd– l'eventual aparició de l'ADN, el sexe i la consciència com a formes de processament d'informació que persegueixen la supervivència. Aquestes idees estan en la mateixa línia que la teoria de la formació causativa que postula el bioquímic britànic Rupert Sheldrake, que afirma que tot l'univers conté xarxes d'informació –camps mòrfics–, a les quals cada espècie accedeix en funció de la seua proximitat biològica. L'espècie humana tindria disponible fora del cervell informació en xarxa generada per la resta de la humanitat, una mena de memòria col·lectiva; però, particularment, ens mostrariem més sensibles a la informació que produeixen les persones per les quals sentim afecte. Aquesta manera de processar la realitat és la que –segons Sheldrake– justificaria fenòmens com la intuïció, les premonicions o la telepatia. És inevitable recordar Hermes Trismegist, el personatge mític les referències al qual se submergeixen en les profunditats de la història. As-

sociat amb el déu egipci Tot i amb el grec Hermes, la literatura ocultista l'assenyala com el pare de l'hermetisme, un sistema de creences metafísiques —entre les quals hi ha l'alquímia— que va tindre un fort impacte en l'edat mitjana i que encara avui alimenta les creences ocultistes. Ara podem considerar absurd que algú amb una formació intel·lectual mitjana crega en l'hermetisme i en l'alquímia, però no hem de fer un judici precipitat. Un dels gegants de la ciència, Isaac Newton, va ser alquimista i va traduir del llatí a l'anglès la *Taula maragda*, una de les obres atribuïdes al savi Hermes. En aquesta obra, el vell savi sentenciava: «Allò que hi ha més avall és com allò que hi ha en la part més alta i allò que hi ha en la part més alta és com allò que hi ha davall. Cadascú actua per acomplir els prodigis d'un». Les actuals investigacions que parteixen del substrat de la mecànica quàntica i que persegueixen d'establir una teoria del tot que oferisca una explicació única a qüestions que abasten des de la cosmologia fins a la consciència humana són profundament captivadores i fascinants; però convé advertir que aquestes hipòtesis encara no han passat la validació de la ciència empírica. És una llàstima perquè, com comprovarem en aquest llibre, al nostre cervell li encanta la coherència.

*La cursa per conèixer completament el funcionament del cervell*

Europa i els Estats Units han decidit que el cervell deixi de tindre secrets per a la ciència i han acordat posar-hi un termini d'una dècada. Les administracions d'una vora i l'altra de l'Atlàntic han iniciat una cursa durant la qual reconeixen

que afronten el major esforç científic de la història i la meta serà construir el mapa complet de l'activitat cerebral. Es tracta de reproduir per a la neurociència allò que, per a la genètica, ha significat el projecte Genoma Humà, tot i que, ara, el repte és més complex. El cervell humà suma 100.000 milions de neurones, cadascuna de les quals és capaç d'establir unes 10.000 connexions. Aquest repte intenta comprendre el funcionament de la joia de l'evolució i avançar de manera simultània en el desenvolupament d'una forma extraordinària i encara desconeguda d'intel·ligència artificial. Si el projecte té èxit, també s'obrirà la porta al disseny de nous tractaments destinats, sobretot, a malalties degeneratives com el Parkinson i l'Alzheimer. Als Estats Units han fet números i els ixen els comptes. Cada dòlar que va invertir el país entre 1990 i 2003 per descobrir el genoma humà, es va multiplicar per cent en beneficis per a l'economia nacional. Van ser quasi 4.000 milions, els que s'invertiren per conèixer el genoma, i es parla de la mateixa xifra per descobrir els secrets del cervell. El projecte americà BRAIN –del qual el neurobiòleg espanyol Rafael Yuste n'és l'impulsor a la Universitat de Columbia– intenta capturar i controlar l'activitat cerebral mitjançant la creació de sensors de dimensions moleculars que actuen de forma no invasiva. Al mateix temps que la investigació estatunidenca, es desenvolupa el Projecte Cervell Humà (HBP), que dirigeix a Suïssa el científic Henry Markram i que mobilitzarà durant una dècada mil milions d'euros que finança la Unió Europea. Aquesta iniciativa no tracta de cartografiar una a una totes les connexions del cervell, sinó que intenta aprofitar els coneixements que la ciència acumula sobre com les neurones es connecten entre si per elaborar algorismes

matemàtics que permeten construir un model de predicció de tot el funcionament cerebral. Els Estats Units i Europa tracten de coordinar tots dos projectes amb l'objectiu d'aconseguir que la informació aconseguida amb el projecte BRAIN ajude a dissenyar la supercomputació cerebral del projecte HBP. Abans de rebre l'impuls europeu, Markram i el seu equip ja feia anys que treballaven en el projecte Blue Brain, amb el qual –amb l'ajuda del superordinador IBM Blue Gene– han aconseguit simular el funcionament de les 30.000 neurones que formen la columna neocortical dels rosegadors. Els crítics argumenten que encara no disposem d'ordinadors amb la potència suficient per a reproduir els bilions d'operacions per segon que executa el cervell humà. També objecten que mentre el nostre cervell consumeix l'equivalent a vint vats d'energia, una computadora d'aquesta envergadura hauria de disposar, en exclusiva, d'una central elèctrica. Markram està convençut que d'ací a uns anys es podran resoldre els impediments tècnics. El seu ordinador neuromòrfic es comportarà com un enorme cervell artificial que connectarà amb robots per tal d'analitzar com aprenen. La gran pregunta encara sense respondre és quines conseqüències tindria per a la nostra espècie el fet de fabricar robots amb cervells que podrien arribar a ser conscients. El mateix Markram reconeix que és una pregunta filosòfica per a la qual encara no té una resposta.

### *Plasticitat cerebral*

En les persones sanes, qualsevol òrgan funciona de manera eficient i adequada a l'objectiu per al qual s'ha dissenyat.

El cervell té la particularitat que processa molta informació complexa i, sovint, imprevisible, perquè una bona part d'aquestes informacions provenen de l'exterior. Resulta quasi increïble la capacitat del cervell per a adaptar-se a qualsevol situació, utilitzant la mínima energia possible. La seua *plasticitat* és la que permet, per exemple, que ens adaptem a la pèrdua d'un braç, una cama o una mà. Això és degut al fet que, per a qualsevol moviment que fem, el cervell hi té establert un mapa concret, un recorregut elèctric que va reforçant-se a mesura que l'utilitzem. Quan ens amputen un membre, el cervell continua fent servir el camí conegut durant un temps i la persona que ha patit l'amputació sent que el membre roman al seu lloc i que pot continuar utilitzant-lo. És allò que es coneix amb el nom de *membre fantasma*. Si li posen una pròtesi al pacient, les xarxes de neurones aprenen un altre camí, es desvien i estableixen connexions noves per a substituir les funcions perdudes. I com més es practique la ruta nova, com més esforç conscient faça el pacient, millor i més eficientment s'adaptarà a la nova situació. Els esportistes paralímpics són el millor exemple de com el cervell és capaç d'adaptar-se a una pèrdua i de com aconsegueix desenvolupar habilitats excepcionals i reforçar els camins alternatius. Un altre bon exemple ens l'ofereixen els astronautes. Fa anys, un grup d'astronautes va ser entrenat a la Terra i amb gravetat per a practicar un joc que consistia a llançar-se per atrapar una pilota que havia de passar a més de metre i mig per damunt dels seus caps i a tres velocitats distintes. Quan eixiren a l'espai i sense gravetat, repetiren la prova. Al principi, els astronautes calculaven malament la distància i els braços s'avançaven uns mil·lisegons a la pilota. Després de

dues setmanes sense gravetat, milloraren la seua capacitat de reacció i eren capaços de tirar la bola i recollir-la en l'aire sense equivocar-se. Els cervells dels astronautes s'havien adaptat a la nova circumstància.

El gran Ramón y Cajal va ser el descobridor d'una de les claus de la neurociència: la capacitat d'adaptació de les neurones, la plasticitat cerebral, que va demostrar en 1888. L'any 1906 va rebre, per aquest descobriment, el Premi Nobel de Medicina.

### *El cervell processa les imatges en 13 mil·lèsimes de segon*

Neurocientífics de l'Institut Tecnològic de Massachusetts han descobert que el cervell humà pot processar imatges completes que l'ull veu en un període tan fugaç com 13 mil·lèsimes de segon. Aquest descobriment fulmina un fet que es donava per cert fa uns quants anys i que establia un temps de 100 mil·lèsimes de segon per a identificar una imatge. Per a arribar a aquesta conclusió, els científics feren servir un grup de voluntaris que van situar davant de la pantalla d'un ordinador en la qual els mostraren sèries de sis a dotze imatges i els van demanar que buscaren en quines apareixia «una parella somrient» o «un dia al camp». A partir dels 100 mil·lèsims és quan el cervell humà és capaç d'identificar correctament les imatges que veu, però en l'experiment va anar acurtant-se gradualment el temps d'exposició fins a arribar al punt en el qual les respostes dels voluntaris no eren millors que les que contestaven si hagueren respost a l'atzar. Els subjectes van anar millorant els seus encerts segons

que anaven entrenant-se, fins que van aconseguir detectar imatges noves a una velocitat pròxima als 13 mil·lisegons. L'autora principal de l'estudi, Mari Potter, explica que allò que fa el cervell en un temps tan breu no és tant veure com intuir, perquè identifica allò que ha percebut amb conceptes semblants que guarda a la memòria. Aquest processament veloç de la informació és el que ens ajuda a dirigir i fixar la mirada tres vegades en un segon per donar sentit a la imatge i ajudar-nos a enfocar-la, encara que tardem entre 100 i 140 mil·lisegons a decidir cap a on mirem finalment.

En comparació amb molts altres animals, els humans som lents i maldestres en el procés d'analitzar la informació visual. Alguns insectes, com ara les mosques, i unes altres espècies com els esquirols, els coloms o els estornells, són quatre vegades més ràpides i aconsegueixen veure a càmera lenta: per això poden escapar dels seus predadors. Aquesta és la raó per la qual és tan difícil per a nosaltres atrapar una mosca o un ocell.

Dins de la nostra espècie, no tots tenim la mateixa capacitat per a processar imatges. Els joves són més eficients que els adults, i més encara si tenen la vista entrenada, com els passa als atletes, els tenistes o els porters de futbol que, literalment, les agafen al vol.

### *Tots tenim algun talent*

Cada cervell és diferent i és flexible, té capacitat per a desenvolupar habilitats i reforçar les xarxes nervioses necessàries en cada cas per a executar cada tasca. Però cadascun de nosaltres



venim preparats de sèrie, de manera natural, per a dur millor a terme uns treballs determinats i no uns altres. L'etapa crítica es desenvolupa durant els primers cinc anys de la vida, quan el cervell creix de pressa fins a arribar, a aquesta edat, al 90% del seu volum. L'altre 10% que falta, el desenvolupem fins que fem vint anys. Aquests primers cinc anys de la vida són clau en el desenvolupament de les nostres capacitats perquè és quan s'estableixen de forma natural la major part de les connexions que, si es fan servir, hi resten establides per sempre. Probablement, Mozart hauria sigut un desastre si en compte de treballar des que era un xiquet amb el seu pare, escrivint partitures i tocant el piano, s'haguera dedicat a la fontaneria; i a Rafa Nadal no li hauria fet tant de profit estudiar arquitectura com li'n va fer dedicar-se a desenvolupar, des de xiquet, la seua tècnica com a tenista.

Saber quins són els nostres punts forts i esforçar-nos a desenvolupar-los és la clau d'això que anomenem talent. Així que superem el període crític de la primera infantesa, ens costarà més esforç desenvolupar habilitats naturals que hem abandonat, però el cervell és plàstic i sempre és capaç de trobar el camí. Hi ha proves que avaluen, en els primers anys de la vida, quins són els punts forts del nostre cervell; proves que mesuren si estem més predisposats a treballar en grup o sols, en esports o en habilitats més intel·lectuals, en ciències o en humanitats...

En els casos de Mozart i de Nadal està clar que encertaren plenament les persones que van orientar les seues carreres quan encara eren uns infants, però és molt més freqüent que deixem morir per falta d'ús algunes de les capacitats que ens ajudarien a destacar. Crida l'atenció el fet que hi ha moltes

persones que descobreixen un talent ocult després de jubilar-se. El temps lliure els concedeix l'oportunitat i la llibertat de cultivar rutes del cervell que havien deixat abandonades per culpa de la rutina que imposa el treball i l'atenció a la família. És aleshores, en l'últim tram de la vida, que moltes persones aprofiten l'oportunitat per a canviar deliberadament i amb esforç els circuits de pensament que havien estat utilitzant des de la infantesa.

### *Només aprenem quan gaudim*

Si sabem com funciona el cervell, els pares i els professors podem ser més eficients a l'hora d'aconseguir que els xiquets aprenguen realment allò que els volem ensenyar. Mitjançant el procés d'educació, allò que fem és canviar literalment el cervell. Per tal d'aprendre, s'hi han d'establir noves connexions i això fa necessari un esforç, però el cervell, fidel a la seua obligació d'estalviar energia, es resisteix a canviar i té tendència a mantindre només les connexions imprescindibles, les que ens ajuden a sobreviure. Afortunadament, també tenim tendència a aprendre allò que ens sembla interessant, que desperta la nostra curiositat. Per això, la primera clau per a facilitar l'aprenentatge és aconseguir que els alumnes ens escolten amb atenció. No és senzill. Quan estem aprenent, establint connexions noves, els sistemes de fatiga nerviosa apareixen molt prompte. S'ha calculat que, a partir dels tres minuts d'activitat contínua, d'escoltar dades noves, un cervell poc entrenat per a l'aprenentatge necessita un descans que no és gaire diferent del descans que necessiten els músculs quan

practiquem un exercici físic. Després d'aquest breu lapse de temps, el cervell busca uns altres estímuls, tant interns, com ara somiar despert, com externs, com ara desviar l'atenció cap a qualsevol altra cosa. El truc per a mantindre desperta l'atenció és combinar la informació amb exemples i anècdotes, amb històries que contextualitzen les teories i que, alhora, activen zones diferents del cervell. I si les històries contenen emocions i humor, encara es consolidaran d'una forma més sòlida els aprenentatges i la fabricació de records.

Alternar les emocions amb els conceptes és la forma més eficient d'ensenyar. La informació a llarg termini necessita establir-se en un context com més ampli millor. Si les matemàtiques es presenten com una sèrie de números i equacions i no es tradueixen aquests símbols a exemples pràctics, hi ha poques possibilitats que el xiquet treballes amb la memòria a llarg termini. En cada classe, els alumnes haurien de tindre l'oportunitat de llegir, escriure i calcular, amb l'objectiu de comprometre l'hemisferi esquerre del cervell, que és el que comprén els conceptes complexos; però també haurien d'estar obligats a presentar informes orals i escrits per activar l'hemisferi dret, que és el que compon la informació com un tot i hi afegeix emocions i sentiments.

*Si vols que t'entenga, posa un exemple*

El nostre cervell aprén amb exemples, amb analogies. Tendim a imitar comportaments, pensaments i gestos de les persones en les quals confiem. Les xarxes nervioses, els mapes del cervell, comproven amb els centres emocionals si la persona amb

qui interactuem en cada moment ens sembla de confiança, si ens causa sensacions agradables, si ens agrada o no, o en un grau superior, si la volem o l'odiem. Només quan el centre de les emocions ho autoritza, obrim les portes a l'aprenentatge. Les denominades *neurons d'espill* són capaces de copiar i reproduir en el nostre cervell moviments i conductes de l'altre, i també poden activar-se per compadir els que sofreixen, en posar en marxa unes xarxes nervioses idèntiques a les de les persones que veiem sofrir.

El cervell humà té múltiples sistemes de neurones d'espill que s'especialitzen a realitzar i entendre no només les accions dels altres, sinó també les intencions, el significat social de les emocions i els comportaments aliens. La majoria de nosaltres podem llegir les emocions dels altres quan analitzem instantàniament les expressions de la cara, el to de la veu i el llenguatge corporal; i això ho podem fer perquè les nostres neurones d'espill simulen en nosaltres mateixos l'activitat muscular lligada a les emocions de les persones amb què ens comuniquem. Per això es denominen també *neurons de l'empatia*, perquè són les responsables de comprendre el comportament dels altres.

Aquest sistema també és bàsic en el desenvolupament del llenguatge. S'ha demostrat fins i tot que, quan forcem un somriure, el cervell arriba a alliberar les substàncies químiques relacionades amb la sensació d'estar alegres, i passa igual, però a l'inrevés, quan forcem el plor. Per això, l'aprenentatge està íntimament lligat a la confiança i l'afecte que hem dipositat en les persones que ens ensenyen, les que es converteixen en els nostres espills, tant si són familiars com amics. Ensenyem i aprenem amb l'exemple dels altres. El

risc és que, sense una educació adequada, els infants i els joves poden arribar a imitar accions inacceptables socialment que poden aprendre en les pel·lícules, els videojocs o mitjançant persones per les quals senten afecte. Som imitadors per naturalesa, la clau és triar bé les persones que considerem els nostres models.

### *Einstein el tenia menut*

Segur que vosté ha sentit comentar alguna volta això que només fem servir el deu per cent del nostre cervell. Doncs no és veritat, és una mentida que ja roda pel món des de fa més d'un segle i que encara apareix en alguns llibres poc rigorosos. Aquesta llegenda urbana podria haver nascut l'any 1908, quan el psicòleg William James va escriure en un llibre que a penes fem ús d'una part molt menuda dels nostres recursos mentals i físics. Això del deu per cent ho va afegir, més tard, alguna mà anònima, i cal reconèixer que va tindre molt d'eco.

La veritat és que utilitzem permanentment tot el nostre cervell i que, quan alguna malaltia o algun dany cerebral en destrueix una part o en paralitza alguna regió, tot el funcionament cerebral és afectat d'una manera o d'una altra. Les imatges que s'aconsegueixen amb tècniques d'escàner funcional demostren que quasi totes les àrees del cervell estan actives fins i tot quan realitzem funcions aparentment senzilles, com tancar el puny, caminar, parlar o escoltar música. L'activitat permanent i complexa del cervell ha determinat que aquest òrgan de quasi quilo i mig, que suposa el dos per cent del nostre pes total, consumisca al voltant del 20% de tota l'ener-

gia que necessitem per a viure. Però, aleshores, de què depèn que les persones siguin més o menys intel·ligents? El cervell d'Albert Einstein és un bon exemple de la mentida del deu percent. Quan va morir, l'any 1955, el seu cervell va ser preservat per a la ciència. I, al contrari d'allò que podríem imaginar, el tenia menut. Només pesava 1.230 grams, una xifra que està una miqueta per sota de la mitjana de qualsevol home adult. La clau de la seua intel·ligència no sembla estar en el volum del cervell que feia servir, sinó en alguns altres aspectes més subtils. La seua escorça cerebral era més prima, però més densa: tenia més cèl·lules glials en cada neurona. O, dit d'una altra forma, empaquetava més neurones per centímetre cúbic que vosté o que jo. A més, tenia un 15% més desenvolupades que la resta dels mortals les parts del cervell que governen les habilitats matemàtiques i de raonament espacial. I l'últim ingredient de la seua intel·ligència: els hemisferis del seu cervell estaven prodigiosament ben connectats. Això va ser demostrat en analitzar la voluminosa quantitat de fibres que albergava el seu cos callós, que és l'àrea que connecta les dues meitats cerebrals. De manera que, si prenem el científic alemany com a referència, la intel·ligència no té res a veure amb quin percentatge del cervell fem servir, sinó amb la densitat de les neurones, la intensitat de les connexions i el desenvolupament de zones cerebrals determinades.

### *Llegir ens fa intel·ligents*

La intel·ligència, la capacitat de resoldre problemes abstractes, està relacionada amb la densitat de les cèl·lules nervioses

que treballen al nostre cervell: com més xarxes hi romanen entrenades i actives, més intel·ligents som. Una de les formes més eficients d'entrenar el cervell és llegir.

Quan llegim, hi treballen alhora tres àrees de l'escorça cerebral: el lòbul frontal, que processa les imatges; l'occipital, que tradueix els símbols, les lletres, i els dóna significat; i el temporal, que atribueix so a les paraules, les fa sonar segons que anem llegint una història escrita.

Fa uns anys, es va fer un experiment entre antics membres de les guerrilles colombianes. Al principi de la prova eren analfabets i els feren un seguiment mitjançant imatges de ressonància magnètica cerebral, segons que anaven alfabetitzant-se. El resultat va ser espectacular: així que anaven aprenent, augmentava tant la substància grisa –la densitat de neurones– com la substància blanca, que s'encarrega de connectar els dos hemisferis. També s'ha demostrat que, mentre llegim, el cervell connecta i relaciona en mil·lèsimes de segon el significat del text que tenim entre mans amb els records vinculats amb allò que llegim, que teníem prèviament emmagatzemats. S'estableix un vincle amb records d'experiències personals que hem viscut i hem sentit, però també amb altres idees i experiències semblants que hem llegit alguna vegada, que només hem experimentat a través dels llibres. I si, a més, ens agrada allò que llegim, també s'activen els centres de plaer del cervell. Quan es produeix aquest fenomen, acabem buscant més llibres del mateix autor, enganxats als seus llibres, i també esdevenim més intel·ligents.