

# L'espècie humana

Carles Salazar Carrasco

PID\_00236739

---

Temps de lectura i comprensió: **3 hores**





# Índex

<b>1. L'evolució humana en la història de la vida.....</b>	<b>5</b>
1.1. La replicació d'estructures .....	9
<b>2. El coneixement genètic i el coneixement individual.....</b>	<b>17</b>
2.1. El coneixement genètic .....	17
2.2. El coneixement individual .....	20
<b>3. El desenvolupament del cervell humà.....</b>	<b>25</b>
3.1. Els enigmes de l'evolució humana .....	26
<b>4. La teoria de la ment i l'estructura modular de la ment i el cervell humans.....</b>	<b>30</b>
4.1. Fases de desenvolupament de la teoria de la ment .....	36
4.2. Orígens evolutius .....	37
<b>Bibliografia.....</b>	<b>41</b>



## 1. L'evolució humana en la història de la vida

Imaginem un científic marcià que hagués d'estudiar totes les formes de vida que hi ha a la Terra. Segurament, el primer que faria seria classificar els organismes vius segons l'espècie a la qual pertanyen. Però quan arribés a l'espècie humana, immediatament li cridaria l'atenció una cosa molt estranya. L'espècie humana sembla molt diferent de totes les altres.

Gairebé segur que el nostre amic marcià no es deixaria impressionar gaire pels resultats aparents de la intel·ligència humana, sigui el que sigui el que això significa per a nosaltres i el que el marcià hagués entès. És cert que alguns humans som capaços de fer coses espectaculars, com grans edificis. Però els tèrmits i el corall fan el mateix amb un cervell infinitament més petit, o fins i tot sense cervell. D'altra banda, imaginem-nos que el científic marcià tingués al seu abast –gràcies a algun mitjà tecnològic sofisticat desconegut– tota la història de la humanitat. Aleshores veuria que la major part dels humans hem viscut al llarg de la història en habitatges més aviat modestos, no gaire diferents dels nius dels ocells. Possiblement, el que el marcià trobaria més estrany serien les característiques del cos humà. Per exemple, els humans tenim un cervell molt gran. Però també és cert que el cervell de les balenes és set vegades més gran que el nostre. No és tampoc la relació entre el pes del cervell i el de la resta del cos, ja que en el cas de la musaranya el pes del cervell correspon al 10% del pes corporal, mentre que en els humans és del 2%. Més endavant, tornarem a aquests conceptes.

I què passa amb la cultura? És, sens dubte, un tema important i l'explorarem amb més detall a continuació. Però la pregunta és com sabria el marcià què és la cultura? Què ens fa pensar que els nius de les formigues no són cultura? O les llodrigueres dels castors? O els esculls de coral? Com sabria el marcià què és cultura i què no?

Sens dubte, abans d'entendre aquest concepte una mica fosc (i el mateix passa amb el concepte d'intel·ligència que acabem d'esmentar), hi ha una cosa molt més simple i òbvia que captarà l'atenció del marcià: la diversitat humana. En cap altra espècie trobarà la diversitat característica dels humans, sobretot si és capaç de tenir al seu davant tota la història de la humanitat. Especialment la diversitat d'estils de vida. Un animal de qualsevol espècie duu un estil de vida pràcticament idèntic al de qualsevol altre membre de la seva espècie. (Deixant de banda els animals domèstics, que són un exemple d'«enginyeria genètica» *avant la lettre*.) La vida d'un goril·la –la manera com s'alimenta, com interactua amb el medi, amb altres goril·les o amb altres animals, com s'aparella o es reproduïx, etc.– és gairebé idèntica a la de qualsevol altre goril·la. I el mateix passa amb qualsevol altre animal: formigues, peixos, ocells, lleons, el que sigui. I no només això. L'estil de vida d'un membre de qualsevol espècie ha estat

gairebé idèntic a la vida de qualsevol altre membre de la mateixa espècie des del principi de la història. Un goril·la o un ximpanzé viu de la mateixa manera que fa 1.000 o 100.000 anys, o, si més no, no tenim cap prova que ens faci pensar el contrari.

La situació dels éssers humans és completament diferent. No solament trobem diversitat en els estils de vida de qualsevol època de la història, sinó que veiem que els estils de vida han anat canviant al llarg del temps. La vida d'un ésser humà és avui molt diferent de la dels seus avantpassats de fa 100 anys, i no diguem dels de fa 1.000 anys o més. La pregunta és per què. Què pot explicar la diversitat del gènere humà? Per què els éssers humans som tan diferents els uns dels altres en comparació amb altres animals? Fins i tot amb els que ens són propers genèticament, com els altres primats? Com s'explica aquesta diversitat, que és sens dubte un dels trets distintius de l'espècie humana?

Aquest és l'objectiu de la ciència humana que anomenem antropologia: **explicar la diversitat humana**. Per aquest motiu, el principal objectiu d'una ciència que pretén ser la ciència dels éssers humans (*Anthropos – logia*) ha acabat sent la ciència de la diversitat humana, ja que la diversitat (la diversitat intraespecífica) és, al meu entendre, el tret més distintiu del gènere humà, el que fa que els humans siguem diferents de qualsevol altra espècie animal, o de qualsevol altre organisme viu. Per això, la finalitat d'aquesta invitació a l'antropologia és familiaritzar el lector amb el problema de la diversitat humana: per què els humans som tan diferents els uns dels altres i com podem explicar aquestes diferències?

I ara és quan arribem al concepte de **cultura**. Els antropòlegs consideren que el que diferencia els humans entre si –i fent-nos tan diferents els uns dels altres ens fa encara més diferents de qualsevol altra espècie– és el que anomenem *cultura*. Cal tenir en compte que la cultura és un concepte. No és un element visible, sinó simplement una idea. És un element que no veiem i que fem servir per a entendre el que sí que podem veure: la diversitat humana (d'estils de vida, etc.). Aquesta és la raó per la qual l'antropologia, com a ciència de la diversitat humana, també es coneix amb el nom d'antropologia sociocultural (o antropologia social i cultural). Una subdisciplina de l'antropologia és l'anomenada antropologia física o biològica, que consisteix a estudiar la diversitat humana des del punt de vista estrictament físic o biològic. Com veurem més endavant, els humans també som biològicament diferents els uns dels altres. Però aquestes diferències no són més grans que les que trobem entre els membres de qualsevol altra espècie. En altres paraules, les diferències biològiques intraespecífiques, tot i que existeixen, no són un tret distintiu del gènere humà.

Fa un temps es pensava que la diversitat humana es podria explicar en termes biològics. En altres paraules, que els humans amb diferents estils de vida també eren diferents des del punt de vista biològic. Això es deu al fet que, aparentment, els éssers humans que viuen de manera molt diferent de la nostra, els

anomenats *pobles primitius*, resulta que també són físicament diferents, pertanyen al que se solia anomenar *una altra raça*. Una raça és un grup d'individus que pertanyen a la mateixa espècie, que comparteixen algunes característiques físiques visibles (com ara el color de la pell, la forma dels ulls, del cap, del cos, etc.), que es pensa que són heretades, és a dir, que provenen dels seus pares. En aquest punt, cal introduir una distinció entre dos conceptes fonamentals de la biologia: el genotip i el fenotip. Mentre que el genotip és la constitució genètica d'un organisme, el fenotip és el conjunt de caràcters físics, externs i visibles que presenta un organisme com a resultat de la interacció entre el seu genotip i el medi. Per exemple:

Els meus gens determinen que tingui la pell de color blanc (o la mena de color castany clar que anomenem *blanc*). Però si prenc el sol durant uns dies, m'enfosquiré i em posaré moreno. Aquest color visible serà el meu fenotip, que és el resultat del color determinat pels meus gens més els efectes del medi, en aquest cas, la llum del sol.

Un altre exemple: posem que faig molt esport i que, com a resultat, els meus músculs es tornen forts i visibles. Un altre home, o dona, practica tant esport com jo però els seus músculs no s'enforteixen tant com els meus. Per què? (Suposem que fem més o menys la mateixa dieta i que no prenem pastilles de glutamina ni cap altre preparat per a reforçar la musculatura.) Tot i que l'entorn és el mateix, el genotip pot ser diferent. És possible que jo tingui una major predisposició genètica a desenvolupar musculatura. Per tant, en les mateixes circumstàncies els meus músculs s'enforteixen més que els dels altres. Els nostres fenotips respectius seran diferents perquè tenim gens diferents, encara que l'entorn sigui el mateix. I també pot passar el contrari: si aquella persona practica el doble d'esport que jo, els seus músculs es poden arribar a desenvolupar tant com els meus. En conseqüència, tindrem el mateix fenotip encara que els nostres gens siguin diferents. En aquest cas, perquè els entorns són diferents: ell o ella fa més peses que jo.

El bronzejat o la musculatura són reversibles, però també podríem trobar exemples de processos no reversibles: els nens més ben alimentats tendeixen a ser més alts; això també és fenotípic.

Ara bé, s'ha demostrat a bastament que les anomenades diferències racials entre humans (color de la pell, forma dels ulls, etc.) no poden explicar la diversitat d'estils de vida. A més, els intents de justificar la diversitat humana a partir de les diferències biològiques s'han titllat de «racisme», i això és molt greu. Però a part de ser molt negatiu des del punt de vista moral (ningú no gosaria qualificar-se de «racista», a part dels nazis i d'algun altre grup d'extrema dreta), hi ha raons de pes per a pensar que és un error. Aturem-nos un moment: el que és un error no és que les diferències humanes no tinguin res a veure amb la biologia, que sí que hi estan relacionades com veurem més endavant, sinó que les *diferències humanes* o la diversitat d'estils de vida siguin el resultat de diferències *biològiques*.

Aleshores com podem explicar la diversitat humana? Si no és la biologia, què és? Els antropòlegs ja fa temps que pensen que la diversitat, tan distintiva i única de l'espècie humana, només es pot explicar per mitjà d'un concepte que també és únic i distintiu de l'espècie: el concepte de cultura. L'antropologia també es coneix algunes vegades com la *ciència de la cultura*, i les teories antropològiques s'anomenen *teories de la cultura*, tot i que a dreta llei hauria de ser la ciència de les diferències culturals més que no pas la ciència de la cultura.

Una altra manera de parlar dels objectius d'aquesta assignatura seria explorar el concepte de cultura, és a dir, entendre com la cultura intervé en la determinació de la conducta humana. Ara bé, en la determinació del comportament humà intervenen molts factors (biològics, biogràfics, existencials, etc.). Entre tots aquests factors n'hi ha un que anomenem *cultura*, el factor cultura. I la finalitat d'aquesta invitació a l'antropologia és que el lector entengui com funciona, com el factor cultural intervé en la determinació del comportament humà.

I què és la cultura? Com podem definir-la? Avancem una definició provisional. Dic provisional perquè (amb una mica de sort) només es podrà entendre del tot què és la cultura al final d'aquesta assignatura. Però necessitem alguna cosa per a començar: la cultura és un sistema de significats i símbols amb els quals els éssers humans governen el seu comportament.

Sempre que veiem que algú es comporta d'una manera que es pot explicar a partir d'un sistema particular de símbols i significats, direm que aquest comportament és un «comportament cultural» i que ha estat «determinat culturalment». Però d'on prové aquest sistema de símbols i significats? Per què els éssers humans tenen cultura i els altres animals, no? O sí que en tenen? Com penetra la cultura en la nostra ment? Com «entendem» una cultura? Aquestes són algunes de les qüestions que examinarem en les pàgines següents. Com veurem, les cultures tenen molts trets distintius. Però n'hi ha un que m'agradaria destacar des del principi: els sistemes de símbols i significats que componen les cultures humanes no són innats, és a dir, penetren en la nostra ment com a resultat d'un **procés d'aprenentatge**. Les cultures s'aprenen; no naixem amb cultura, sinó que l'adquirim a mesura que creixem i ens formem en una societat concreta. Això és el que diferencia la cultura de la biologia, naixem amb una biologia pròpia (deixant de banda ara les diferències ambientals postnals), però no amb cultura. Com que les societats humanes poden ser molt diverses, i ho han estat al llarg de la història, les cultures que els homes i les dones adquireixen com a membres d'aquestes societats són diferents. En conseqüència, els comportaments que resulten de cada cultura també ho són. Així, en poques paraules, és com els antropòlegs solen explicar la diversitat humana. Els humans som diferents, tan diferents, els uns dels altres perquè les cultures que adquirim són diferents.

El que ara intentarem esbrinar és per què el cervell humà és susceptible de produir, aprendre i absorbir una «cultura». Per què els humans tenen cultures (i per què són diferents entre si) i els altres animals no? I si en tenen, per què són molt més limitades que les humanes? Què ha passat en el procés de l'evolució humana que ha fet que els nostres cervells siguin capaços de produir i assimilar cultures?



## 1.1. La replicació d'estructures

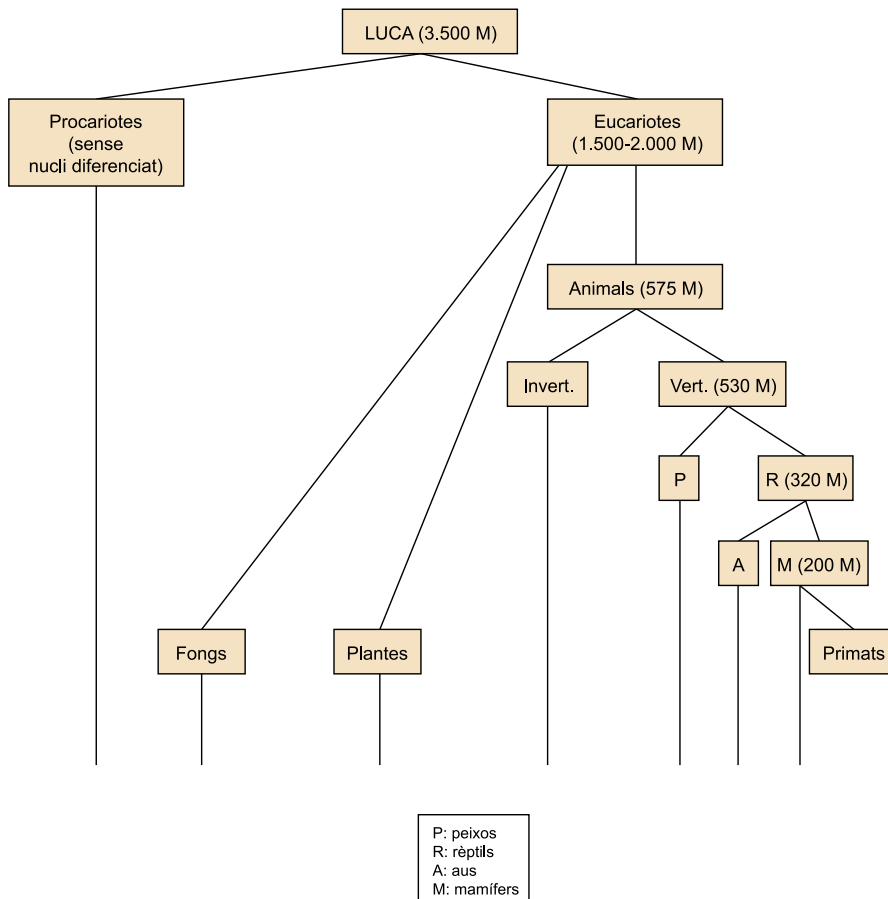
Comencem la història de l'evolució humana des del principi. Els éssers humans no venim de l'espai exterior. L'espècie humana, igual que qualsevol altra espècie, prové d'una altra espècie prehumana anterior, la qual prové d'una altra que va existir abans i així fins als principis de la vida sobre la Terra, que va tenir lloc fa uns 3.500 milions d'anys. El procés que va donar lloc a l'aparició de l'espècie s'anomena *evolució humana*. La qüestió que voldria subratllar aquí és que durant aquest llarg procés, que va durar aproximadament sis milions d'anys (tot seguit veurem per què diem que va durar sis milions d'anys), va sorgir la cultura, per primera i, pel que sabem, única vegada en la història d'aquest planeta. Va ser, doncs, un fenomen únic en els 3.500 milions d'anys d'història de vida a la Terra. Com es pot explicar aquest fenomen tan excepcional?

Diem que l'evolució humana va durar sis milions d'anys perquè es calcula que l'últim avantpassat comú tant dels éssers humans com de l'espècie viva més propera a nosaltres (els ximpanzés) va viure fa sis milions d'anys. Això significa que si els ximpanzés s'haguessin extingit, l'evolució humana s'hauria prolongat durant deu milions d'anys en comptes de sis, perquè aquest és el temps en què hauríem trobat el nostre últim avantpassat comú amb els gorilles, que seria l'espècie viva més propera a la nostra en absència dels ximpanzés. Igualment, si els australopitecs encara fossin vius, aleshores l'evolució humana s'hauria escurçat fins a dos milions d'anys. Ara bé, sigui quina sigui la manera de mesurar la durada de l'evolució humana, el que no es pot dubtar és que alguna cosa va passar durant aquest procés que explica l'aparició de la cultura, cosa que no havia passat abans i que no tornaria a passar mai més. Oi que sembla un miracle? Però no és l'únic «miracle» que va tenir lloc en la història del nostre planeta. Pensem en els orígens de la vida. He dit abans que la vida a la Terra va començar fa 3.500 milions d'anys. El nostre planeta té, segons els astrofísics, aproximadament 5.000 milions d'anys d'edat. És a dir, va néixer «només» fa 8.700 milions d'anys després del Big Bang, que se suposa que és el que va desencadenar l'expansió de l'Univers. Però oblidem-nos ara del Big Bang i centrem-nos en la història de la vida. La vida va començar a la Terra fa 3.500 milions d'anys i, més o menys com la cultura, ho va fer només un sol cop. Això explica per què tots els organismes vius que hi ha avui a la Terra provenen d'altres organismes vius, que al seu torn en provenen d'altres i així successivament des del principi de la vida fa 3.500 milions d'anys, en altres paraules, des del primer organisme viu que va existir al planeta, que no va ser un organisme viu pròpiament dit, sinó una seqüència d'un àcid anomenat ADN (o ARN) que va començar a replicar-se, és a dir, a generar còpies d'ell mateix. Això és coneix amb el nom de LUCA (*Last Universal Common Ancestor*): últim avantpassat universal comú. Encara no sabem ben bé per què això va passar fa 3.500 milions d'anys i no ha tornat a passar mai més (i probablement no ho sabrem mai del cert). Però el que sí que sabem és que va ser un fenomen únic, que va passar una vegada en 5.000 milions d'anys i que no ha tornat a passar (o almenys que només ha passat una vegada a la Terra).

Tant l'aparició de la vida com el naixement de l'espècie humana, és a dir, el procés de l'evolució humana amb aquesta característica **única i idiosincràtica** (el fet de ser una espècie cultural pròpiament dita, no l'única espècie cultural que ha existit mai, però sí sens dubte la més culta), són dos fets tan misteriosos i únics en ells mateixos que encara no tenim una explicació clara de per què van tenir lloc. Tot plegat fa que les explicacions creacionistes resultin atractives, tant per a explicar els orígens de la vida com els de l'espècie humana. El creacionisme és la doctrina segons la qual ni els orígens de la vida ni els de l'espècie humana, o els de qualsevol altra espècie, no es poden explicar sense recórrer a algun tipus d'intervenció externa (divina). No cal dir que aquest no és el punt de vista d'aquesta assignatura. Per molt atractiu que sembli el creacionisme –i certament ho és per tot el que hem dit, per tots els misteris i les incerteses que giren al voltant de l'origen de la vida i de la nostra espècie–, no és una hipòtesi científica, i nosaltres, com a científics, només podem acceptar hipòtesis científiques. No és una hipòtesi científica perquè pren com a premissa un fet que no es pot demostrar (o que fins ara no ha estat demostrat): l'existència d'uns éssers sobrenaturals o de qualsevol altra mena als quals es poden atribuir poders de creació.

Tanmateix, aquí no ens interessen els orígens de la vida (almenys no directament), sinó els orígens de l'espècie humana i els seus trets distintius, que la diferencien de totes les altres espècies que han existit sobre la Terra. No obstant això, crec que és important no oblidar aquestes temporalitats, aquestes enormes dimensions, a l'hora de reflexionar sobre els orígens de l'espècie. Fixem-nos, doncs, en el quadre següent, que vol ser un resum concís de la història de la vida a la Terra:

Figura 1



El que veiem a la figura 1 és el que Darwin va anomenar «l'arbre de la vida», que demostra que tots els organismes vius, incloent-hi els humans, compartim un avantpassat comú: la **cadena d'ADN** que va sorgir fa 3.500 milions d'anys. Fem una ullada ràpida a la manera com va tenir lloc aquest procés evolutiu. M'interessa sobretot posar en relleu alguns aspectes que seran rellevants per al que veurem més endavant.

Començarem analitzant el concepte mateix de la vida. Què és la vida? Què és un organisme viu? Quina és la diferència entre un organisme viu i la matèria inert? Un organisme viu és una estructura que es replica, és a dir, que és capaç de produir còpies d'ella mateixa. Actualment, només coneixem una única substància capaç de fer-ho: la cadena molecular anomenada ADN. Tots els organismes vius contenen ADN. Al seu torn, l'ADN està compost de nucleòtids. Hi ha quatre tipus de nucleòtids: adenina, citosina, guanina i timina. En una molècula d'ADN el que trobem és una llarga cadena composta d'una seqüència d'aquests nucleòtids disposats en un ordre determinat:

ACGTGGTAAGCTAACTGGA etc.

Aquesta és, doncs, la substància de la vida, la matèria de què està feta la vida. Les cadenes d'ADN són estructures que es reproduïxen elles mateixes. Quina és la finalitat de les cadenes d'ADN? Per què s'han d'ordenar en seqüències particulars? Perquè, juntament amb altres processos químics que ara no ens

interessen, aquestes seqüències d'ADN permeten la síntesi d'una altra substància química que, per dir-ho d'alguna manera, configura els maons amb els quals es pot edificar qualsevol organisme viu: les **proteïnes**. El cos de qualsevol ésser viu, incloent-hi el dels éssers humans, està compost de proteïnes, a més d'altres components com greixos, aigua, etc. El tipus de proteïnes de què estan compostos els organismes vius determina les diferències significatives entre uns i altres. És per això que l'ADN, ordenat en seqüències específiques, és tan important per a la vida. L'ADN és com l'alfabet i les proteïnes són les paraules que es poden compondre amb les lletres d'aquest alfabet: les lletres són sempre les mateixes, però les paraules canvien, per això els cossos dels organismes vius són tan diversos.

Ara bé, el que fa que la vida sigui un fenomen tan singular no és tant la substància de què esta composta (ADN i proteïnes), com la capacitat d'aquesta substància per a produir còpies d'ella mateixa. Cal recordar que un ésser viu és simplement una estructura que pot generar còpies d'ella mateixa.

Com es produeix aquest procés de reproducció? De dues maneres diferents:

1) **Clonació**. La manera més simple i primitiva de reproduir un organisme viu és la clonació, que consisteix simplement en l'obtenció d'una còpia idèntica d'aquest organisme, que anomenem clon.

2) Però fa aproximadament 1.000-1.200 milions d'anys va aparèixer una nova forma de reproducció entre els eucariotes (organismes amb cèl·lules i nuclis, vegeu més avall): la **reproducció sexual**. En la reproducció sexual no es necessita un sol organisme, sinó dos, els progenitors, que intercanviaran el seu ADN (la meitat) per produir un nou organisme, que no serà un rèplica, un clon, de cap dels progenitors, sinó una barreja de tots dos. En els homes i les dones, per exemple, la meitat de l'ADN prové del nostre pare i l'altra meitat de la nostra mare, i el mateix succeeix amb qualsevol organisme que es reproduueixi sexualment, ja sigui una planta, un animal, un fong, etc.

Un organisme eucariota està compost de cèl·lules amb un nucli diferenciat. Poden ser organismes unicel·lulars, amb només una cèl·lula, o organismes pluricel·lulars, com nosaltres (que, de mitjana, tenim 100 bilions de cèl·lules o  $10^{14}$ ). En el nucli de cada una d'aquestes cèl·lules, s'emmagatzema l'ADN en unes molècules molt grans (relativament grans) anomenades *cromosomes*. Els éssers humans tenim 23 parells de cromosomes. Més endavant veurem per què aquests cromosomes s'agrupen en parelles en tots els animals que es reproduueixen sexualment.

Quan va sorgir la reproducció sexual en la història de la vida va tenir tant d'èxit que la majoria d'organismes eucariotes van acabar reproduint-se d'aquesta manera (fins i tot els fongs i les plantes, tot i que encara n'hi ha que es reproduïxen per clonació). Per què la reproducció sexual va tenir tant d'èxit? Perquè combinant l'ADN de dos organismes se'n creava un de nou, diferent dels anteriors, és a dir, amb noves cadenes d'ADN i, en conseqüència, amb noves combinacions de proteïnes. Com a resultat, aquest nou organisme tenia un cos lleugerament diferent del dels seus progenitors i, per tant, amb **noves possibilitats d'adaptació** al medi i, sobretot, als entorns canviants.

Per tal que un organisme viu es pugui reproduir ell mateix (una cadena d'ADN pot generar còpies d'ella mateixa) cal que visqui en un medi particular.

Els animals, per exemple, necessiten matèria orgànica, que poden obtenir d'altres organismes vius, ja siguin plantes o animals, per a alimentar-se, viure i reproduir-se. Les plantes i els fongs són capaços de sintetitzar la matèria inert (oxigen, diòxid de carboni, sals minerals, etc.) i convertir-la en matèria orgànica.

Però, per a fer-ho, els organismes necessiten un medi determinat, i han de trobar-hi les substàncies que necessiten per a viure. L'adaptació és la condició dels organismes que troben en el medi allò que necessiten per a viure i reproduir-se. La no-adaptació o inadaptació és la condició dels organismes que no troben en el medi les substàncies que necessiten per a sobreviure i reproduir-se.

Examinem-ho amb una mica més de detall. Ha arribat el moment d'introduir un nou concepte que ens permetrà entendre millor com tenen lloc els processos de la vida al nostre planeta: el concepte de **selecció natural**. Quan els organismes vius es reproduïxen, ja sigui per clonació o per reproducció sexual, l'ADN fa còpies d'ell mateix. Però de vegades es produeix un error a l'hora de produir aquestes còpies. L'error té lloc quan la seqüència original era ACGG-TAT i la còpia és ACGGTGT, és a dir, quan una A es converteix en una G. És el que els biòlegs anomenen *mutacions*. Una mutació és, doncs, un simple error en la replicació d'una seqüència determinada d'ADN. Un error implica que la nova seqüència mutant d'ADN probablement no serà capaç de produir, codificar, la mateixa proteïna que la seqüència prèvia. La majoria d'aquestes mutacions són inofensives o no adaptatives, la qual cosa significa que l'individu mutant no serà capaç de reproduir-se de la mateixa manera o al mateix ritme que els no mutants. Com a conseqüència, la mutació desapareixerà, immediatament si el mutant no es pot reproduir o si, al cap d'unes quantes generacions, es reproduïx menys que els no mutants. Però també pot ser que la mutació esdevingui adaptativa, la qual cosa significa que l'individu mutant es podrà reproduir a un ritme més ràpid que el no mutant. El resultat serà, doncs, el contrari: al cap d'unes quantes generacions només hi haurà individus mutants en un medi particular. Hauran superat els altres pel que fa a la reproducció. Si aquest procés es repeteix milions de vegades, atès que els organismes vius es continuen reproduint i van produint mutacions, el resultat final serà que tots els organismes estaran ben adaptats al medi on viuen, i això succeeix perquè les mutacions no adaptatives s'extingeixen mentre que les adaptatives sobre-

viuen. Ara bé, això no significa que tots els individus acabin sent idèntics genèticament. Els errors de còpia o les mutacions es produeixen quan els individus ja estan ben adaptats al medi, de manera que continuen apareixent noves variants, que seran posades a prova en aquest medi una i altra vegada. Aquest és el procés que, des de Darwin –que va ser qui el va descobrir, tot i que no sabia res sobre l'ADN–, es coneix amb el nom de selecció natural. El resultat d'aquesta selecció natural, que és l'adaptació progressiva dels organismes al medi, és el que s'anomena, també gràcies a Darwin, **evolució**. Cal assenyalar, però, que l'adaptació és un concepte sempre relliscós. Potser el resultat de la selecció natural s'hauria de definir més adequadament com la simple reproducció diferencial d'una població de variants, ja que com més en harmonia està un organisme amb el seu medi (com més «adaptat»), més propens serà al desastre quan aquest canviï. Per això, les espècies més difícils d'extingir no estan especialment ben adaptades a cap medi en particular (rates, paneroles, etc.).

Perquè tingui lloc la selecció natural, cal que les estructures d'ADN continuïn canviant a un ritme determinat, de manera que les bones es mantinguin i les dolentes es descartin. Mentre que els organismes que es reproduïen per clonació només poden canviar les estructures d'ADN per mitjà de mutacions, els organismes que es reproduïen sexualment continuen modificant, pel mateix procés de reproducció sexual, les estructures d'ADN a cada reemplaçament generacional, atès que els nous individus són sempre una combinació, una barreja, de les estructures d'ADN dels seus dos progenitors. En altres paraules:

La reproducció sexual incrementa la variabilitat de les seqüències d'ADN en una població determinada, la qual cosa permet una adaptació més bona i més ràpida gràcies al procés de selecció natural. Aquesta és la raó per la qual la majoria dels organismes vius es reproduïen sexualment, ja que quan va sorgir la reproducció sexual en la història de la vida es va estendre ràpidament perquè accelerava i millorava l'adaptació dels individus.

M'agradaria presentar un altre concepte que hem utilitzat implícitament, però que ara toca fer explícit: el concepte de **gen**. Durant molt de temps, es va pensar que un gen era una seqüència d'ADN productora de proteïnes. Però en les últimes dècades i, sobretot, des de l'any 2002, que és quan es va completar el mapa del genoma humà, els biòlegs es van adonar que la major part del nostre ADN, i el de qualsevol organisme, és el que anomenen «ADN escombraries», que és l'ADN que no codifica cap proteïna i que, si més no aparentment, no sembla fer cap altra funció que replicar-se ell mateix.

En el cas dels éssers humans, s'ha calculat que de les 3.000 milions de bases d'ADN del genoma (un genoma és la suma de totes les seqüències d'ADN d'un organisme), només l'1% són seqüències productores de proteïna i el 9% són seqüències que no produeixen proteïnes però que, d'una manera o altra, ajuden a produir-les, en altres paraules, fan algun tipus de funció, encara que no sigui aquesta. Però el 90% restant és ADN escombraries, la qual cosa significa que, de moment, no fa cap funció en absolut.

El biòleg britànic Richard Dawkins compara l'ADN escombraries amb els arxius d'un ordinador. La majoria dels arxius que tenim a l'ordinador són arxius escombraries, carpetes que en algun moment ens han estat útils però que després oblidem i deixem allà on eren. Per tant, la quantitat d'informació real que utilitzem només representa una petita fracció de totes les dades que aquell ordinador té emmagatzemat en el disc dur. Així, el nostre cos (el nostre genoma) és com el disc dur d'un ordinador: una gran quantitat d'informació totalment inútil, que, segurament, alguns dels nostres avantpassats devien utilitzar en algun moment de la història de l'evolució.

Què és, doncs, un gen? Un gen és una seqüència d'ADN que roman sense modificar de generació en generació (tret quan es produeix una mutació). I no es modifica perquè en aquell moment fa una funció, com ara codificar una proteïna, o la va fer en el passat. Per això, els gens també reben el nom d'*unitats d'herència*, perquè el mateix ADN escombraries es transmetrà de generació en generació, reproducció rere reproducció. Els éssers humans, per exemple, tenim 23 parells de cromosomes en el nucli de cada una de les nostres 100 bilions de cèl·lules. En totes menys en un grup determinat, que anomenem *cèl·lules germinals*. Són els espermatozoides masculins i els òvuls femenins (també anomenats *gàmetes*), que es diferencien de les altres cèl·lules (anomenades *cèl·lules somàtiques*) perquè en el nucli només tenen 23 cromosomes, no 23 parells. Això passa perquè quan té lloc la reproducció sexual, l'ADN masculí s'introdueix en el nucli femení per tal de produir una nova cèl·lula (anomenada *zigot*), de la qual, en el seu moment, naixerà un nou individu. Aquesta és la raó per la qual tots tenim 23 parells de cromosomes en les cèl·lules somàtiques; un membre de cada parell prové del nostre pare i l'altre de la nostra mare. Aquest zigot, que és un òvul fertilitzat, començarà a dividir-se en un procés anomenat *mitosi* i produirà altres còpies de la cèl·lula inicial. Així és com, al final, es convertirà en un embrió, en un fetus i en un nou ésser humà. Juntament amb la mitosi, en un moment determinat s'iniciarà un nou procés, anomenat *meiosi*. La meiosi es diferencia de la mitosi en el fet que, en comptes de formar una nova cèl·lula amb 23 parells de cromosomes, produeix una nova cèl·lula amb només 23 cromosomes, en altres paraules, cèl·lules germinals del nou individu (espermatozoides o òvuls, segons el cas). Com es produeix la meiosi? Per mitjà d'un procediment anomenat *entrecruament*, fragments sencers d'ADN d'un cromosoma determinat es barregen amb fragments de l'ADN del cromosoma «parell», és a dir, de l'altre membre de la parella que prové de l'altre progenitor. Aquests fragments sencers que no es descomponen durant el procés d'entrecruament són els gens.

Ara que ja sabem què és un gen i què són l'ADN, l'adaptació, la selecció natural i l'evolució, ja coneixem els elements essencials de la vida sobre el planeta. Estem, doncs, en disposició d'entendre un nou concepte, una idea essencial per a l'argument que es planteja en bona part d'aquest mòdul didàctic: el concepte de **coneixement genètic**. En primer lloc, defineixo «coneixement» com qualsevol tipus d'informació, tant si prové del medi o del cos d'un organisme (informació interna), que és processada per aquell i, com a resultat, dona lloc a un canvi. Pot ser un canvi de comportament o un canvi orgànic, i es pot entendre com una resposta o reacció a aquella informació. Per tant, el coneixement és simplement una *informació processada* per un organisme.

La meua tesi és que en els éssers humans, el comportament és el resultat o la conseqüència de tres tipus de coneixement:

- 1) Coneixement genètic
- 2) Coneixement individual
- 3) Coneixement cultural

Són informacions que, d'una manera o altra, estan allotjades en el nostre organisme, informacions processades per aquest organisme i que en determinen el comportament. En conseqüència, el comportament de qualsevol ésser humà és fruit de la interacció entre aquests tres tipus de coneixement. La pregunta clau que cal plantejar-se a continuació és com té lloc aquesta interacció. Analtzem més detalladament els dos primers: el coneixement genètic i el coneixement individual.



## 2. El coneixement genètic i el coneixement individual

### 2.1. El coneixement genètic

El coneixement genètic és el que està emmagatzemat en els gens, en el genoma, com a resultat del procés de selecció natural. Com hem vist, per mitjà de la selecció natural, en la seqüència d'ADN es descarten les mutacions errònies, mentre que les bones es repliquen i es transmeten a la generació següent. Així, al final el que hi ha en el genoma de qualsevol organisme són seqüències adaptatives d'ADN, gens que codifiquen les proteïnes adequades per a permetre la reproducció d'aquell organisme en un medi determinat i que n'han facilitat la reproducció de generació en generació. És el «coneixement genètic» d'aquell organisme: una forma de coneixement que determina gran part de les seves característiques, tant del cos com, en el cas dels animals, del comportament. Considero que és una forma de coneixement perquè és una informació del medi que ha estat processada per l'organisme i ha donat lloc a una resposta determinada: una seqüència determinada d'ADN o gens o conjunts de gens, que, al seu torn, codifiquen un tret biològic (somàtic o de comportament) que resulta adaptatiu en un medi concret.

En sentit estricte, no és el medi el que provoca les mutacions d'ADN, ja que aquestes es produeixen de manera totalment aleatòria. El medi simplement selecciona les bones i descarta les que no ho són. El que cal subratllar aquí és que totes aquestes característiques existeixen, que el coneixement genètic existeix, perquè permet l'adaptació (la supervivència i la reproducció) d'un organisme en un medi determinat.

D'això tracta el coneixement genètic. Atès que el coneixement genètic és el resultat (molt sovint, però no sempre, com veurem) de centenars de milers o fins i tot milions d'anys d'evolució per mitjà de la selecció natural, pot ser molt precís. Això explica per què les adaptacions que trobem en els organismes vius són tan perfectes que sembla que hagin estat dissenyades per un enginyer.

Hi ha una branca del creacionisme (recordem que és la doctrina segons la qual no es pot explicar l'existència de la vida a la Terra sense recórrer a la intervenció divina) que s'anomena *disseny intel·ligent*. Per als defensors d'aquesta teoria, les formes de vida a la Terra són tan complexes i estan tan adaptades al medi que fan pensar en l'existència prèvia d'un dissenyador intel·ligent. Tot va començar al principi del segle XIX, quan un teòleg anglès anomenat William Paley va publicar un tractat sobre teologia natural en el qual intentava demostrar l'existència de Déu en aquests termes: la necessitat d'un dissenyador intel·ligent. Segons ell, si trobem una pedra enmig del carrer no pensem que algú l'ha deixat allí deliberadament, o que té aquella forma determinada perquè algú l'ha dissenyat amb aquella finalitat. Pensem que la pedra hi és per casualitat. Però si trobem un rellotge, no pensem que totes les seves peces s'han agrupat per atzar. És impossible. Es com si llencéssim un munt de ferralla enlaire i en caure, per pura casualitat, es convertís en un rellotge. Només hi ha una possibilitat entre bilions de bilions de possibilitats que això passi. En altres paraules, per tenir un rellotge necessitem un rellotger. El mateix és aplicable als organismes vius, va pensar Paley. L'òrgan de l'ésser viu més diminut és extremament complex, de vegades més complex que la majoria dels rellotges. Pensem en l'ull humà, per exemple, en la quantitat de petites cèl·lules, teixits i nervis que s'han d'ajustar i articular perquè hi puguem veure. Pot ser «casualitat»? Cal que algú hagi creat l'ull o qualsevol altra part d'un organisme viu. I, segons Paley, només pot ser Déu.

Però ara sabem més coses. La selecció natural no necessita que hi hagi un Déu o dissenyador intel·ligent. El fet que la selecció natural descarti les males mutacions i deixi només les bones significa que al cap d'unes quantes generacions les bones mutacions esdevenen, de fet, excel·lents. Però el procés és automàtic, no cal cap cervell perquè es produeixi. A més, els organismes vius no necessiten ser conscients del seu coneixement genètic. Per això podem dir que el coneixement genètic és alhora molt precís i molt simple. I només té un objectiu: la replicació de seqüències d'ADN.

Quatre característiques diferencien el coneixement genètic d'altres tipus de coneixement (que veurem tot seguit):

- 1) És innat: naixem amb coneixement genètic i no l'hem d'aprendre d'enlloc. Es podria dir que els nostres avantpassats el van «aprendre» i ens ha estat transmès en el genoma.
- 2) És acumulatiu: és fruit de les experiències acumulades de totes les generacions que ens han precedit.
- 3) És compartit: compartim els nostres gens amb els altres membres de l'espècie. (La variació genètica dins de l'espècie humana representa, de mitjana, l'1 per mil de les bases d'ADN.) També compartim una part del coneixement genètic amb altres espècies, sobretot amb les més pròximes, és a dir, amb les que tenim un avantpassat comú. (Compartim el 99% de l'ADN amb els ximpanzés.) En altres paraules, tret d'aquest 1%, que és específic dels éssers humans, compartim la resta amb altres espècies no humanes: com més a prop tenim l'avantpassat comú, més quantitat d'ADN compartim.

4) És automàtic: els trets somàtics o actitudinals a què dona lloc el coneixement genètic es generen automàticament amb l'estímul apropiat. Per exemple, quan el coneixement genètic ens informa que ens podem cremar si ens apropem a una flama, en sentir l'escalfor, el sistema nerviós ens farà allunyar automàticament de la font de calor.

Ens interessa especialment aquella petita part del coneixement genètic que determina el comportament. Però el que m'agradaria subratllar aquí és que el mecanisme que fa que una determinada seqüència d'ADN produeixi un comportament específic és exactament el mateix que genera altres característiques de l'organisme. El conjunt de comportaments generats pel coneixement genètic s'anomenen **instints o comportament instintiu**. Per tant, què és un instint? És un impuls del sistema nerviós que ens fa reaccionar o comportar-nos d'una manera determinada quan rebem un estímul concret, una informació concreta, del medi. Per exemple, l'impuls de separar les parts del cos que entren en contacte amb un objecte molt calent.

El mecanisme és el mateix, i la finalitat també: millorar l'adaptabilitat de l'organisme. És a dir, els comportaments instintius existeixen perquè milloren la capacitat de sobreviure i de reproduir-se en un entorn determinat.

Per exemple, com ja deveu haver observat, els nens petits tenen una por instintiva a la foscor. De fet, a tots ens fa por la foscor, i quan entrem en un espai fosc (una habitació a les fosques, etc.), el nostre sistema nerviós es posa en alerta automàticament; no cal haver tingut una mala experiència prèvia per a tenir por. I el mateix els passa a altres animals, sobretot als primats, que, com nosaltres, confien bàsicament en la vista per a orientar-se (a diferència de la majoria dels mamífers, que confien sobretot en el sentit de l'olfacte). És fàcil trobar-hi una explicació: a les fosques els primats són més vulnerables als atacs dels depredadors, per tant, segurament en temps ancestrals els nostres avantpassats que no tenien por de la foscor o no estaven alerta quan es feia fosc tenien menys possibilitats de sobreviure, és a dir, menys possibilitats de transmetre els seus gens.

És important observar que perquè sorgeixi el coneixement genètic, és a dir, perquè els nostres trets adaptatius siguin generats per l'ADN, cal que es produeixi una gran quantitat de mutacions, de manera que les bones es mantinguin per selecció i les dolentes es rebutgin i es descartin. I perquè tinguin lloc moltes mutacions hi ha d'haver molts cicles reproductius en un medi estable. En conseqüència, com més llarg sigui el cicle reproductiu d'una espècie determinada, més estable ha de ser el medi (més estable durant més temps) perquè aquella espècie produeixi trets adaptatius, és a dir, coneixement genètic. I, a la inversa, com més curt és el cicle reproductiu d'una espècie (pensem en els microorganismes que es poden reproduir al cap de pocs minuts de néixer, mentre que poden passar vint anys o més abans que ho faci un ésser humà), més ràpida serà la seva adaptació, és a dir, adquirirà més ràpidament les característiques que li permetran acomodar-se a un entorn particular i, per tant, adaptar-se més de pressa a un entorn *canviant*.

Per a qualsevol espècie, l'**entorn d'adaptabilitat evolutiva** (EAE) és el medi en què ha tingut lloc la selecció natural dels seus trets biològics distintius. Per a totes les espècies, tret dels éssers humans, aquest entorn ha de ser molt similar

al medi actual, perquè com més diferent és de l'EAE, menys possibilitats de sobreviure tindrà, ja que, òbviament, els seus trets ja no s'adaptaran al medi on viu (deixant de banda, de moment, el cas de les espècies domesticades). Però als humans no ens passa el mateix; més endavant veurem per què.

El coneixement genètic és, en termes metabòlics, molt «poc costós». Tots els organismes, fins i tot els més simples, contenen alguna forma de coneixement genètic, en la mesura que tenen seqüències d'ADN especialment adaptades per a replicar-se en un entorn determinat. Però és una forma de coneixement poc sofisticada: el mateix estímul tendirà a donar peu a la mateixa reacció. No tot el coneixement genètic és tan simple, ja que els gens poden donar lloc a un cert grau de plasticitat fenotípica que produeix diferents respostes en diferents entorns, tot i que aquesta plasticitat té un límit. El problema és que en un entorn canviant, el coneixement genètic pot ser mortal. Un cop desaparegudes les característiques ambientals que han convertit en adaptativa una reacció determinada, aquell tret biològic (sigui quin sigui) deixa de ser adaptatiu i pot provocar l'extinció de l'espècie si no es produeix una nova mutació que resulti adaptativa. No obstant això, en animals grans i que tenen un cicle reproductiu llarg, les mutacions apareixen (i sobretot s'acumulen) molt lentament. Per això, la mare naturalesa (o el que és el mateix, la selecció natural) ha dotat aquests animals d'una altra forma de coneixement. Es tracta d'una altra forma de coneixement que no modifica les característiques somàtiques de l'espècie però que pot alterar-ne el comportament i adaptar-lo a les circumstàncies; en altres paraules, canvia el cervell sense canviar la resta del cos. És el que anomenem *coneixement individual*.

## 2.2. El coneixement individual

El coneixement individual és informació del medi que pot donar lloc a un canvi de comportament de l'individu sense modificar-ne l'ADN, o sigui, sense haver d'esperar que una mutació del genoma s'adapti a les noves circumstàncies. A primera vista, es tracta d'una dicotomia més aviat simplista, perquè l'expressió genètica també pot variar amb el medi sense haver d'esperar una mutació. És el que es coneix amb el nom de *variacions epigenètiques*. Però, també en aquest cas, la variabilitat té un límit. Per això necessitem un mecanisme addicional d'adaptació que vagi més enllà del que ofereix el coneixement genètic. Com és possible? A aquest efecte, hem de dotar l'animal d'un sistema nerviós complex, que no solament sigui capaç de processar informació i generar la reacció apropiada, d'acord amb el seu coneixement genètic, sinó també d'emmagatzemar-la, de manera que quan entri nova informació, es pugui processar a través del coneixement genètic, però també mitjançant la informació prèvia emmagatzemada i, en conseqüència, sigui capaç de generar una nova forma de comportament.

Imaginem un organisme terrestre que viu en una zona on hi ha poca aigua, per exemple, un desert. De sobte, hi ha un canvi climàtic, com ha succeït sovint al llarg de la història, comença a ploure i es formen grans basses d'aigua: rius, llacs, etc. Com que fins ara aquestes basses no han existit, no hi ha res en el seu coneixement genètic que li digui que si intenta travessar-les s'enfonsarà i s'ofegarà, ja que no pot respirar sota l'aigua. Fins i tot si la primera vegada que intenta caminar sobre l'aigua aconsegueix sortir-se'n i sobreviu, en no tenir cap informació emmagatzemada en el seu sistema nerviós sobre la perillositat d'aquest indret, la propera vegada que es trobi amb una bassa d'aigua, en comptes d'evitar-la, ell i tots els membres de la seva espècie faran el mateix, fins que neixi un mutant que, instintivament, les eviti. Però si aquesta mutació no apareix a temps, també podria ser que l'espècie s'extingís perquè tots els seus membres s'han ofegat. Suposem ara que té alguna possibilitat d'emmagatzemar aquesta informació, que diu que no pot caminar sobre l'aigua i que, si s'enfonsa, no podrà respirar. En aquest cas, el seu comportament pot canviar i pot deixar d'intentar caminar sobre l'aigua sense haver d'esperar un canvi en el genoma.

Aquesta informació que ha estat capaç d'emmagatzemar en algun lloc del seu sistema nerviós i que li permetrà aprendre del medi, és a dir, adaptar el seu comportament a un entorn canviant sense alterar el coneixement genètic, és el que anomenem *coneixement individual*.

La principal característica del coneixement individual és que l'adquireix un organisme individual com a resultat de la interacció amb el medi. Com que aquestes interaccions seran diferents en cada individu de la mateixa espècie, el coneixement individual de cadascú també serà diferent, i també ho seran els comportaments que se'n derivin, malgrat que, com a membres de la mateixa espècie, tots tenim el mateix coneixement genètic. Fem una ullada ràpida a les principals característiques d'aquesta nova forma de coneixement:

- 1) No és innat. A diferència del coneixement genètic, no naixem amb coneixement individual, sinó que l'adquirim per mitjà de les interaccions amb el medi.
- 2) És acumulable, però només en el sistema nerviós de cada individu. A aquest efecte, l'individu ha de tenir un sistema nerviós complex amb capacitat per a emmagatzemar i processar informació procedent del medi. En altres paraules, necessita un cervell amb memòria a llarg termini. La majoria de vertebrats tenen algun tipus de coneixement individual, però com més gran tenen el cervell (com més complex és el seu sistema nerviós), més coneixement individual seran capaços d'acumular. Les aus i els mamífers són les espècies amb el cervell més desenvolupat, per la qual cosa són les que tenen més possibilitats d'acumular coneixement individual.
- 3) No és compartit. Per definició, depèn només de les experiències de cada individu, per la qual cosa els individus d'una mateixa espècie que hagin viscut diferents experiències, tindran diferents coneixements individuals.

4) I no és automàtic. Ha de ser processat adequadament pel sistema cognitiu, és a dir, per un cervell complex. En conseqüència, és més costós, en termes metabòlics, que el coneixement genètic, ja que l'animal ha de tenir un òrgan especial destinat a emmagatzemar i processar la informació que produeix el coneixement individual.

Fixem-nos que el principal avantatge del coneixement individual és la seva **ràpida adaptabilitat**. Els animals poden ajustar el seu comportament a les circumstàncies, a un entorn canviant, sense haver d'esperar una mutació. Per tant, funciona millor en animals grans amb un cicle reproductiu de llarga durada. No podem esperar que sorgeixin les mutacions adequades, ja que només apareixen molt de tant en tant, cosa que pot ser letal en entorns que canvien ràpidament. Tanmateix, el principal desavantatge és que resulta costós (des del punt de vista metabòlic). Per a processar el coneixement individual, es necessiten òrgans especials, com un cervell desenvolupat amb memòria a llarg termini, que els animals petits (invertebrats, etc.) no solen tenir. A més, com que és costós metabòlicament, en medis estables els animals tendeixen a convertir el coneixement individual en coneixement genètic menys costós. Si apareix una mutació que fa que els animals terrestres evitin automàticament les basses d'aigua, sense haver tingut abans una mala experiència (enfonsament, ofegament, etc.), és probable que aquesta mutació s'estengui ràpidament, de manera que el que inicialment era coneixement individual passarà a ser coneixement genètic (el que els biòlegs anomenen *efecte Baldwin*).

Aquestes dues formes de coneixement han estat els factors determinants del comportament animal durant gran part de la història de la vida a la Terra. Va ser així fins que va aparèixer una nova espècie, l'espècie humana, que és l'única que ha estat capaç d'afegir una nova forma de coneixement a les existents (genètic i individual). Es tracta de la forma única i distintiva de coneixement de l'espècie humana (amb algunes excepcions que ja hem assenyalat) que anomenem *coneixement cultural*. Però abans d'analitzar les característiques d'aquesta nova forma de coneixement, ha arribat el moment de referir-nos als orígens i l'evolució de la nostra espècie, perquè només analitzant detalladament la naturalesa d'aquest procés, serem capaços d'entendre'n les característiques.

Figura 2

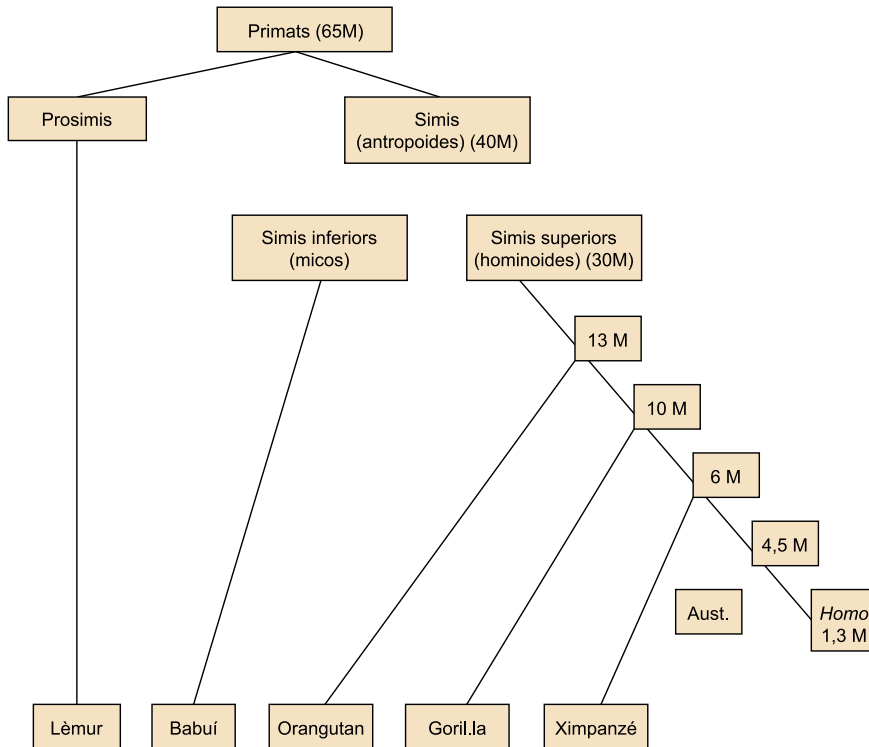
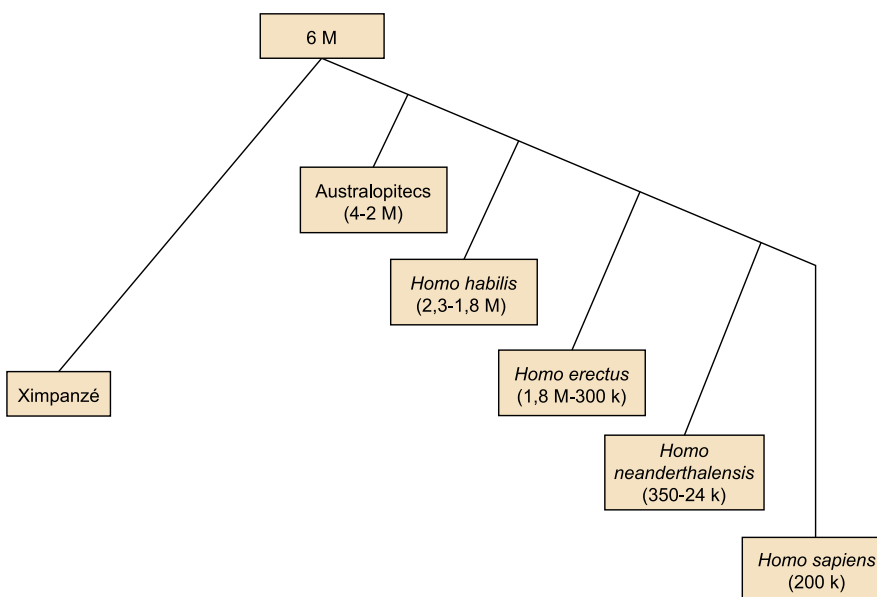


Figura 3



Les figures 2 i 3 presenten un esquema de la història evolutiva de l'espècie humana. El procés que va des del nostre últim avantpassat comú amb el ximpanzé, fa sis milions d'anys, fins a l'aparició de la nostra espècie, l'*homo sapiens*, es denomina *procés de l'evolució humana*. L'objectiu és esbrinar què va passar durant el procés de l'evolució humana que donés lloc a l'aparició d'aquest tret distintiu dels humans: la capacitat d'adquirir cultura, coneixement cultural. Però què és el «coneixement cultural»?

El coneixement cultural és el que adquireix un organisme (que només pot ser, amb totes les excepcions, un ésser humà) no a partir de la interacció amb el medi (coneixement individual), sinó a partir de la interacció amb altres organismes, que, per regla general, són altres éssers humans.

Els éssers humans són molt més capaços de fer-ho que els altres animals. Igual que el coneixement individual, el coneixement cultural s'adquireix per mitjà del cervell. Per tant hi ha d'haver algun tret molt distintiu en el cervell humà que el diferenciï del d'altres espècies. Què pot ser?



### 3. El desenvolupament del cervell humà

El cervell humà és un òrgan realment complex. Té 100.000 milions de cèl·lules anomenades *neurones*, un volum mitjà de  $1.330 \text{ c}^3$  i un pes entre 1.300 i 1.400 g, la qual cosa representa un 2% del pes corporal total (d'un individu adult). No obstant això, fa servir fins a un 20% de tota l'energia que consumeix el nostre cos. És, per tant, un òrgan metabòlicament molt costós. En efecte, el primer que crida l'atenció quan comparem el cervell humà amb el d'altres animals, sobretot dels nostres parents més propers, és la mida. Tenim un cervell molt més gran que els altres primats. És, per exemple, tres vegades més gran que el d'un ximpanzé.

Tot i així, no tenim el cervell més gran del regne animal. Les balenes i els elefants el tenen encara més gran. Però també és més gran el seu cos. Hi ha una relació directa entre la mida del cos d'un animal i la grandària del cervell: com més gran és el cos, més gran és el cervell. Tanmateix, aquesta relació no és regular, perquè el cos creix «més ràpidament» que el cervell. Això significa que els animals grans tenen, proporcionalment, un cervell de dimensions més reduïdes que els petits.

Així, la mida cerebral d'una musaranya representa el 10% del seu cos, per tant és cinc vegades «més gran», en relació amb les dimensions corporals, que el cervell humà.

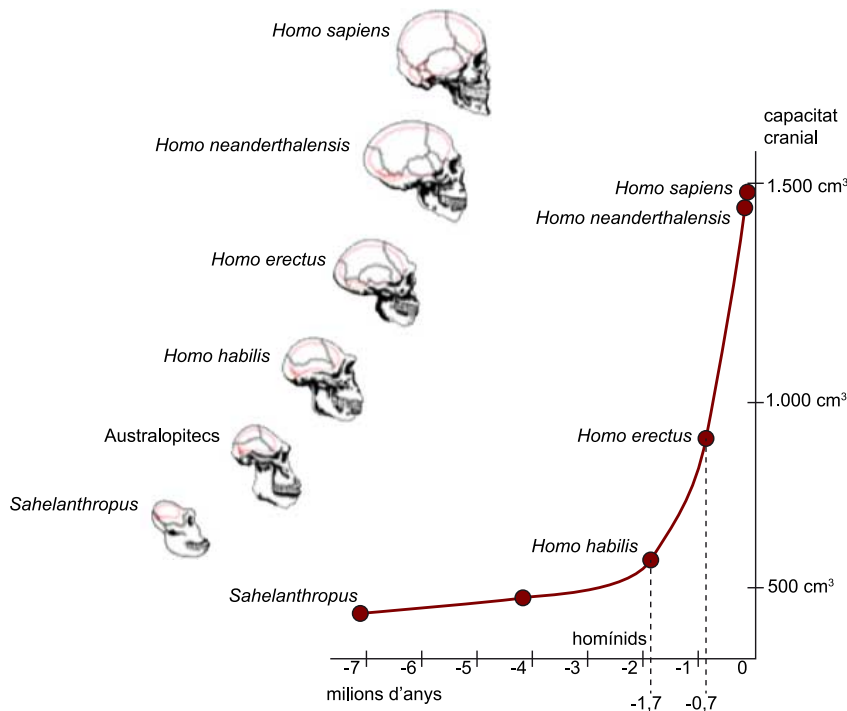
Aquesta mena de relació entre la grandària del cervell i la del cos, s'anomena *relació al·lomètrica*, és a dir, una relació que es pot expressar per mitjà d'una fórmula matemàtica: si sabem la mida del cos podem conèixer la grandària del cervell i viceversa.

Un cop sabem això, estem en situació d'entendre què és el **quocient d'encefalització** (QE): la mida del cervell que sobrepassa la que hauria de tenir segons la relació al·lomètrica que acabem de veure. En altres paraules, la quantitat de massa cerebral excedent en relació amb la mida que correspon al pes corporal. En línies generals, el QE és el que mesura la «intel·ligència» d'un animal. Cal destacar que no hi ha cap relació (que s'hagi detectat fins ara) entre el QE i les capacitats cognitives entre membres de la mateixa espècie. La relació només fa referència als membres de diferents espècies.

Ara bé, pel que fa a l'encefalització, els éssers humans tenim el QE més alt del regne animal, és a dir, tenim molta massa cerebral excedent en relació amb la mida del cos (els dofins, però, tenen un QE molt similar al dels humans). En aquest sentit, podem concloure amb tota certesa que el cervell humà és molt gran.

La pregunta és per què, per què és tan gran, tenint en compte que és tan costós metabòlicament?

Figura 4



Font: [fubini.swarthmore.edu/~ENVS2/astigli1/greatleapsforward.html](http://fubini.swarthmore.edu/~ENVS2/astigli1/greatleapsforward.html)

La figura 4 mostra el creixement del cervell durant el procés de l'evolució humana. S'observa clarament una discontinuïtat brusca, que va començar a manifestar-se fa aproximadament 2,1-2,3 milions d'anys. Fins aleshores, el cervell dels nostres avantpassats no es va desenvolupar més que el dels ximpanzés, que té un volum aproximat de 400 cm<sup>3</sup>. Però a partir d'aquell moment, que és precisament quan va aparèixer el gènere *Homo*, va començar a créixer a un ritme relativament ràpid (en termes evolutius). Per tant, al llarg dels sis milions d'anys que va durar l'evolució humana, el cervell dels nostres avantpassats va tenir, almenys durant quatre milions d'anys, la mateixa mida que el dels ximpanzés, però després, en poc més de dos milions d'anys, es va triplicar. Fins a cert punt, la causa va ser el creixement paral·lel del cos, que en el cas dels australopitecs era també més petit que el dels humans. Tanmateix, el nostre cervell ha crescut molt més que el nostre cos.

### 3.1. Els enigmes de l'evolució humana

Sembla que si fa no fa en aquell moment, entre 2 i 2,5 milions d'anys enrere, la temperatura mitjana de la Terra es va començar a refredar. Arran d'aquest procés, les selves pluvials que hi havia al sud-est del que ara és el desert del Sàhara van desaparèixer i es van convertir en les sabanes actuals. Tots els animals que s'havien adaptat a viure a la selva pluvial es van desplaçar cap a regions més càlides i humides i es van refugiar en zones forestals. Entre aquests animals hi havia els primats, avantpassats dels ximpanzés, i els goril·les que

avui trobem a la selva pluvial de l'Àfrica Central (sud-oest del desert del Sàhara). Altres primats es van quedar a la sabana, com els babuïns i altres espècies de micos adaptades a hàbitats més oberts. Així és com solen aparèixer noves espècies: hi ha un canvi climàtic i un grup d'animals deixa d'estar adaptat al nou medi; la majoria emigren, tret d'un petit grup que, per alguna raó, queda aïllat de la resta. Apareixen noves mutacions que podrien ser adaptatives a les noves condicions del medi, però que no es replicaran entre els que han emigrat, només en el grup aïllat. Al cap d'unes quantes generacions, haurà nascut una **nova espècie**.

Però algunes vegades és difícil que apareguin les mutacions adequades, sobretot en els grans mamífers. Va ser el cas d'un petit grup d'australopitecs que, per la raó que fos, es van trobar aïllats a la sabana. Per a aquell grup aïllat d'australopitecs la vida devia ser molt dura. Tot i que ja eren bípedes, passaven bona part del temps als arbres, com la majoria dels primats, d'on obtenien menjar (fruites i fulles), refugi i protecció dels depredadors. Per a ells, la sabana, amb pocs arbres, era un entorn més aviat hostil. Probablement, el bipedisme va resultar més adaptatiu a la sabana (perquè el cos estava menys exposat al sol), cosa que explicaria per què els australopitecs van sobreviure-hi, mentre que els altres primats que no van aconseguir arribar a la selva pluvial es devien extingir. Però tenien encara el problema del menjar. Els australopitecs eren, en la seva majoria, vegetarians, però en el nou entorn hi havia molt poques verdures i fruites per a alimentar-se. La solució va ser la carn.

Tant els goril·les com els ximpanzés són vegetarians, però mentre que els goril·les són 100% vegetarians, els ximpanzés mengen carn de tant en tant... de fet, cacen micos i petits animals. Per tant, no és del tot inconcebible que alguns d'aquests primats aïllats comencessin a consumir carn, primer com a carronyers i més endavant de la seva pròpia caça. El problema, però, és que el cos dels grans simis no ha estat seleccionat de forma natural per a menjar carn ni encara menys per a caçar. Els grans simis no tenen, en general, urpes potents ni dents amb les quals capturar les preses i arrancar-los la carn, no són bons corredors (pràcticament tots els animals corren més que ells) i, per acabar-ho d'adobar, no tenen un aparell digestiu dissenyat per a digerir la carn, almenys, no sistemàticament –tot i que la carn és bastant fàcil de digerir, ja que només cal tenir intestí prim, mentre que la matèria vegetal necessita un intestí més especialitzat. En qualsevol cas, la manca d'adaptació al consum de carn és el que explica per què els ximpanzés només en consumeixen ocasionalment. Però els nostres avantpassats no en tenien prou a menjar carn només de tant en tant, havien de consumir-la sovint perquè tenien molt pocs aliments (vegetarians) a l'abast. Com s'ho van fer per resoldre aquest problema?

S'ha demostrat que el primer homínid que va consumir carn va ser l'*homo habilis* (2,3–1,8 milions d'anys), que també era capaç de fabricar eines de pedra molt rudimentàries. Ara bé, l'eina de pedra més antiga que s'ha trobat té tres milions d'anys, per la qual cosa és molt possible que alguns australopitecs ja fossin capaços de fer algunes eines. Òbviament, una cosa va amb l'altra. La

finalitat d'aquestes eines de pedra era, gairebé amb tota certesa, aixafar ossos d'animals morts i arrancar-los la carn. Cal dir que hi ha una diferència important entre utilitzar un objecte com a eina i *fabricar-la*. Els ximpanzés fan servir objectes com si fossin eines –per exemple, pedres per a obrir fruits secs–, però no saben fabricar-les, ni tan sols els que han estat entrenats específicament amb aquesta finalitat. Les eines fabricades per l'*homo habilis* eren, en realitat, molt simples. Bàsicament les feien servir de talla: colpejar una pedra contra una altra per polir-ne la superfície o fer-ne peces tallades: petites eines de punta afilada que servien per a tallar.

Per molt senzilla que ens sembli ara aquesta tècnica, no hi ha cap animal no humà que sigui capaç de fer-la servir. Però no queda clar per què. En termes evolutius, la raó és sens dubte que no en tenen cap necessitat; en altres paraules, els seus avantpassats no van rebre cap pressió selectiva per a generar aquesta habilitat cognitiva, precisament les pressions selectives que van convertir-la en una qüestió de vida o mort per als primers homínids.

El consum sistemàtic de carn va tenir una conseqüència metabòlica importantíssima per a aquests primers homínids: els va proporcionar una font valuosa de proteïnes i greixos amb què alimentar els cervells en evolució. Com hem vist, un cervell gran és un òrgan molt costós. Hauria estat molt difícil alimentar-lo només amb les proteïnes i els greixos que es podien obtenir dels vegetals. En conseqüència, es va començar a desenvolupar un bucle de retroalimentació positiva entre el desenvolupament del cervell i el consum de carn. Cal tenir en compte, però, que no és el consum de carn el que genera un cervell de majors dimensions, perquè els carnívors no són necessàriament més intel·ligents que els herbívors.

La carn simplement va aportar les proteïnes i els greixos addicionals necessaris per al creixement cerebral. Però el desenvolupament del cervell s'ha d'explicar, com qualsevol altre tret biològic, en termes funcionals i no causals. Amb un cervell més gran els nostres avantpassats homínids van ser capaços de fer eines més útils, que els van permetre consumir més carn, la qual cosa, al seu torn, els va ajudar a alimentar el cervell, etc.

El desenvolupament cerebral és el que va permetre que els homínids generessin comportaments adaptatius apropiats a la sabana, com ara la fabricació d'eines per a caçar i esquarterar, tot i que encara tenien un cos clarament mal adaptat a aquesta finalitat. Més endavant, tornarem a aquesta idea.

No hi ha cap prova que l'*homo habilis* es dediqués a la caça; per tant, gairebé segur que només era carronyer. Possiblement caçava de tant en tant, com el ximpanzé, però els paleoantropòlegs no ho han pogut demostrar. En canvi, hi ha un munt de proves que demostren que l'*homo erectus*, que és l'espècie

d'homínids següent (1,8–300 milions d'anys), ja era un caçador consumat. L'*homo erectus* tenia un cervell molt més gran, gairebé de 1.000 cm<sup>3</sup>, mentre que el de l'*homo habilis* només arribava als 660 cm<sup>3</sup>. Va ser el primer homínid que va sortir de l'Àfrica: s'han trobat restes d'*homo erectus* en llocs tan remots com la Xina i Java. Així, doncs, van aconseguir colonitzar tota Europa i Àsia. Dormien a terra, mentre que els *homo habilis* encara ho feien als arbres, tot i que les proves no acaben de ser concloents. Sabien fer foc. Per tant, a més de ser bons caçadors, també cuinaven la carn, cosa que els ajudava a digerir-la millor. Hi ha qui afirma que feien servir un llenguatge rudimentari, però és només una especulació. I a més l'*homo erectus* era capaç de **reutilitzar sistemàticament les eines que fabricava**.

És un tema molt important, que mereix una atenció especial. Tot i que, tampoc en aquest cas, tenim proves concloents, sembla que l'*homo habilis* feia eines noves cada cop que les necessitava, que és el que fan gairebé sempre els ximpanzés amb les pedres o petites branques que utilitzen com a eines (tot i que ocasionalment també les reutilitzen). Però no va ser el cas dels *homo erectus*: fabricaven eines i les guardaven per tornar-les a fer servir quan sorgia la necessitat. La reutilització d'eines usades, juntament amb la producció sistemàtica de nous utensilis, és possible gràcies a una habilitat cognitiva que només han desenvolupat plenament els éssers humans: el viatge mental en el temps. Els humans estem sempre viatjant mentalment en el temps: sempre preocupats pel que passarà en el futur, fins i tot en el futur més llunyà, i recordant què vam fer, o què ens van fer, en el passat, sovint també llunyà. La relació entre viatge mental en el temps i producció i reutilització d'eines és obvia. No perdrem el temps fabricant un objecte que només ens serà útil en el futur, ni el conservarem un cop utilitzat per si el tornem a necessitar, si no som capaços d'imaginar la nostra existència en el futur. Però encara més important que el viatge mental en el temps és que la reutilització d'eines va permetre l'*homo erectus* compartir les que fabricava, de manera que no solament podia reutilitzar les seves sinó també les dels altres. L'**intercanvi d'eines** és una fita essencial en l'evolució humana. Per a fer servir una eina feta per algú altre cal tenir una altra habilitat cognitiva que només tenim els humans (o que només els humans hem desenvolupat plenament): la capacitat d'interpretar els objectes manufacturats segons les intencions del seu creador, en altres paraules, la capacitat d'entendre i comprendre la intencionalitat. És cert que podem reutilitzar eines molt simples senzillament provant-les i trobant-ne un ús independentment dels objectius de qui les ha fabricat. Però no passa el mateix amb artefactes més sofisticats. Ara veurem els orígens d'aquesta capacitat i per què va ser tan important en la història de l'evolució humana.

## 4. La teoria de la ment i l'estructura modular de la ment i el cervell humans

Pensem en la manera com fem servir objectes manufacturats en la vida quotidiana. Com sabem quina és la finalitat d'un objecte, sobretot si el veiem per primera vegada? Cal esbrinar les intencions de la persona que l'ha creat. En la vida diària estem envoltats d'objectes manufacturats. Els fem servir a totes hores i, en realitat, no sabem com actua la nostra ment per saber com utilitzar-los. És un procés que té lloc sobretot fora del nostre coneixement conscient i que consisteix, en poques paraules, a situar-nos en la ment del seu creador. És precisament aquesta manca de capacitat cognitiva el que no permet que els animals no humans fabriquin i comparteixin eines. Ara bé, la capacitat d'esbrinar les intencions, ja sigui darrere de determinats objectes, moviments o esdeveniments, és a dir, la capacitat de pensar que certes coses passen, o que certs objectes existeixen, perquè algú vol que passin o existeixin d'una manera determinada, s'origina en un mecanisme cognitiu molt particular, exclusiu de l'espècie humana, anomenat **teoria de la ment** (TM).

Què és la TM? És la capacitat que tenim els humans de desxifrar l'existència dels estats mental (intencions, creences, desitjos) darrere de determinats objectes (com ara els moviments d'un animal o de qualsevol altre ésser viu o, com hem vist, dels objectes manufacturats), de manera que l'existència d'aquests objectes, comportaments o esdeveniments pugui explicar-se com a resultat d'aquests estats mentals. La TM també s'anomena «mentaltització» o «cognició social».

Més endavant veurem la importància que té la TM, una capacitat cognitiva única i distintiva del gènere humà, per a explicar la generació d'aquella altra forma de coneixement que anomenem «coneixement cultural», que també és singular de l'espècie humana. Però aturem-nos un moment i tornem a l'evolució de l'*homo erectus* i el seu cervell. Per què el cervell de l'*homo erectus* va créixer tant (més del doble que el de l'australopitec en només un milió d'anys)? Va créixer tant perquè la selecció natural havia de preveure un mecanisme per a sobreviure en un entorn molt hostil, mecanisme per al qual el seu cos no havia estat dissenyat. El destí de qualsevol altre animal en aquest entorn hauria estat la mutació o l'extinció. Però en el cas dels *homo erectus* i els seus avantpassats, els australopitecs i els *homo habilis*, la selecció natural va prendre un altre camí: a més de canviar-los el cos, els va canviar el cervell. Per què? L'evolució es conforma sempre amb allò que té a l'abast en un moment determinat, i amb la solució menys costosa en termes biològics, atès que les solucions costoses són descartades pel mateix procés de selecció natural. Sens dubte, el cos dels australopitecs també va evolucionar: convertint-se exclusi-

vament en bípedes, per exemple, guanyant en alçada, possiblement desenvolupant mecanismes fisiològics per a augmentar la resistència a l'hora de córrer. Però sigui com sigui, amb tota probabilitat, haurien calgut massa mutacions perquè el cos dels nostres avantpassats primats s'adaptés plenament a la vida a la sabana. Es necessitava molt menys perquè el seu cervell relativament gran assolís aquest propòsit. Recordem que els primats ja tenen un cervell força gran en comparació amb altres mamífers, per la qual cosa, de fet, l'augment de les dimensions cerebrals es pot considerar una forma d'adaptació distintiva dels primats. I de quina manera l'evolució cerebral pot compensar la manca de desenvolupament corporal?

Comparem el cervell amb un ordinador, no solament el cervell humà, sinó el de qualsevol animal, en particular els que tenen un cervell més potent i desenvolupat (mamífers i aus). Què és el que augmenta la potència d'un ordinador? Podríem dir que és la capacitat del disc dur. Però un disc dur sense programari no serveix per a res. El que fa que un ordinador sigui potent –capaç de processar textos, imatges, vídeos, gràfics, etc.– són els programes específics de què disposa. Ara bé, la capacitat del disc dur –la memòria– no és important solament perquè permet a l'ordinador acumular molta informació, moltes dades, sinó perquè facilita l'emmagatzematge d'un gran nombre de programes, que són els que el doten de potència.

Passa el mateix amb el cervell de qualsevol animal. Els cervells desenvolupats no són els que poden emmagatzemar una gran quantitat d'informació, sinó els que permeten contenir molts «programes», que són necessaris per a manipular i fer ús d'aquella informació. Els programes que emmagatzemem en el nostre cervell i que ens permeten manipular la informació que obtenim de l'entorn, s'anomenen *mòduls cognitius*.

En llenguatge planer, un **mòdul cognitiu** és un programa que ens permet processar un cert tipus d'informació (de l'entorn) i generar una reacció o comportament adequats: igual que els programes d'ordinador o les aplicacions de mòbil.

Un ordinador sense processador de text, per exemple, no pot produir cap text; un ordinador sense processador de vídeo o imatges serà incapaç de produir cap imatge. Podem introduir imatges en un ordinador però no apareixerà res a la pantalla, simplement perquè no disposa del programa adequat per a processar aquesta informació.

Es pot aplicar un argument semblant en el cas del cervell: podem processar informació, un tipus determinat d'informació procedent de l'entorn, perquè tenim els programes adequats, és a dir, els mòduls cognitius. Cal destacar aquí, tanmateix, una de les diferències substancials entre un mòdul cognitiu i un programa d'ordinador: la **plasticitat funcional**. El domini real d'un mòdul cognitiu, és a dir, el conjunt de comportaments que pot generar en un lloc i en un moment determinats, és en general més gran que el seu domini propi, que només inclou el comportament o comportaments pels quals ha estat seleccionat naturalment. No podria ser d'una altra manera si tenim en compte que un mòdul cognitiu no ha estat creat per un enginyer sinó per la selecció natural. Cal observar, d'altra banda, que la flexibilitat actitudinal dels mòduls cogni-

tius no és necessàriament un desavantatge, ja que pot proporcionar avantatges adaptatius en entorns canviants. Aquesta és la raó per la qual el cervell humà va créixer tant. Com ja hem assenyalat, els primats tenen un cervell més gran que els altres mamífers, perquè les pressions selectives tendeixen a actuar sobre el cervell més que no pas sobre la resta del cos. L'evolució humana va seguir el mateix camí, però d'una manera excepcionalment exagerada. El cervell humà va haver d'acomodar molts més «programes» –mòduls cognitius– que el cervell de qualsevol altre animal, perquè sense ells els nostres avantpassats no haurien pogut sobreviure en el medi en què es van haver de desenvolupar fa més de dos milions d'anys. Fixem-nos que, de moment, no hem dit res sobre el coneixement cultural. Tradicionalment, es pensava que els humans teníem un cervell més gran que els altres animals perquè nosaltres vam haver d'acomodar-hi el coneixement cultural, una forma de coneixement exclusiva del gènere humà. Però això és poc probable per una raó molt simple: el cervell humà va començar a créixer *abans* que el coneixement cultural fos significatiu o substancial, és a dir, molt abans que els éssers humans disposessin de llenguatge (vegeu la figura 2). Això també significa que quan el coneixement cultural va esdevenir indispensable per a la supervivència i la reproducció humanes, molts d'aquests mòduls cognitius deuriem tenir un paper crucial en el procés d'aprenentatge cultural, com ara la TM o la capacitat per a adquirir el llenguatge (vegeu més avall), de manera que la seva existència en els humans moderns s'ha d'explicar també per mitjà d'aquesta nova funció. No obstant això, el que m'agradaria subratllar és el següent:

El creixement inicial del cervell humà no pot ser conseqüència de la necessitat d'aprenentatge cultural, ja que no té cap sentit tenir un òrgan tan gran i tan costós quan no hi ha cap (o molt poca) cultura per a adquirir.

Ara bé, el mecanisme pel qual aquests mòduls es van desenvolupar en el nostre cervell no és altre que la selecció natural: mutacions aleatòries en els gens que codifiquen l'arquitectura neuronal (l'estructura del cervell) que van resultar adaptatius, és a dir, que van generar conductes apropiades per a millorar l'eficàcia reproductiva de l'individu en un medi particular. La selecció natural és el mateix procés que modifica el cos de qualsevol espècie i la converteix en una altra. La diferència, en el nostre cas, és que en comptes de canviar-nos el cos (o a més de canviar-nos també lleugerament el cos, ja que el cos d'un *homo sapiens* és diferent del de l'*homo erectus* o de l'australopitec), ens va modificar el cervell, fent-lo cada cop més potent, equipant-lo amb més i millors mòduls cognitius, per tal de compensar un cos mal adaptat, o no del tot adaptat, mitjançant un comportament adaptatiu.



Així, doncs, ja sabem perquè el cervell humà va créixer tant: perquè l'adaptació dels nostres avantpassats homínids va ser el que podríem anomenar una adaptació actitudinal en comptes d'una adaptació (exclusivament) corporal, i es necessita tenir un cervell gran per a poder generar comportaments apropiats.

Cal tenir en compte quatre principis importants pel que fa als mòduls cognitius:

1) Formen part del coneixement genètic. No els adquirim del medi o de la interacció amb el medi, sinó dels nostres avantpassats, dels nostres gens. Els tenim des que naixem o es desenvolupen quan madurem («coneixement maduratiu», segons el filòsof nord-americà Robert McCauley). Això no significa que un nounat tingui tots els mòduls cognitius que trobem en un cervell adult plenament desenvolupat, sinó que els arribarà a «desenvolupar» amb estímuls procedents de l'entorn. Per això, el que adquirim de l'entorn no és el mòdul, sinó l'estímul perquè es desenvolupi. És com si el nadó naixés amb les llavors i només calgués regar-les i nodrir-les per a fer-les créixer i convertir-les en plantes.

2) Des d'aquest punt de vista estrictament cognitiu, la diferència entre el cervell humà i el dels animals no humans, sobretot dels que tenim més a prop (ximpanzés, goril·les, micos, etc.), és purament quantitativa: nosaltres en tenim «més»; ells, «menys». El nostre cervell és més gran perquè senzillament tenim un ordinador amb més programes. Més endavant veurem que no és l'única distinció, ja que també hi ha una diferència qualitativa.

3) Els mòduls cognitius són el que els científics anomenen «específics del domini». Cada mòdul només és capaç de processar un tipus particular d'informació (també, en aquest cas, actuen de la mateixa manera que els programes informàtics). Si un ordinador no té processador d'imatges, independentment de la quantitat d'imatges que intentem introduir, no les reconeixerà, no les «veurà», serà com si no existissin. Passa una cosa semblant amb els mòduls cognitius. Però, com ja hem apuntat, en aquest cas, l'analogia amb els ordinadors pot ser una mica enganyosa. Mentre que el programari ha estat dissenyat per un enginyer informàtic, els mòduls cognitius no han estat concebuts per cap enginyer sinó per la mare naturalesa, és a dir, per la selecció natural. Això no significa que la selecció natural no pugui produir estructures extraordinàriament ben dissenyades, sinó que els mòduls cognitius són segurament més flexibles que els programes informàtics pel que fa a la classe d'informació que poden processar.

4) Els mòduls cognitius són funcions cerebrals, no regions del cervell, tot i que alguns es poden correspondre amb unes zones o àrees cerebrals determinades. Quan parlem de mòduls cognitius no ens referim necessàriament a una secció particular del cervell (algunes vegades, sí, però no sempre), sinó més aviat a la funció que poden fer.

Quins exemples podríem donar de mòduls cognitius? Quants en tenim? Si busquem «mòdul cognitiu» a la Viquipèdia trobem els exemples següents:

- 1) Els mòduls que controlen les mans quan anem amb bicicleta i que eviten que xoquem amb petits girs a esquerra i dreta.
- 2) Els mòduls que permeten que un jugador de bàsquet encistelli amb precisió seguint l'òrbita de la pilota.
- 3) Els mòduls que reconeixen quan tenim gana i ens avisen que hem de menjar.
- 4) Els mòduls que ens fan apreciar una flor, una pintura o una persona bonica.
- 5) Els mòduls que fan que els éssers humans siguem molt eficients a l'hora de reconèixer cares, capacitat que ja es pot apreciar en nadons de dos mesos.
- 6) Els mòduls que fan que alguns humans tinguin gelosia dels amics de la seva parella.
- 7) Els mòduls que calculen la velocitat dels vehicles que passen per davant i ens diuen si tenim temps de creuar sense topar-hi.
- 8) Els mòduls que ens diuen que hem de mirar a dreta i a esquerra abans de travessar el carrer.
- 9) Els mòduls que fan que els pares estimin els seus fills i en tinguin cura.
- 10) Els mòduls de la libido.
- 11) Els mòduls que discerneixen específicament els moviments dels animals.
- 12) Els mòduls que ens fan triar entre el reflex de lluita o fugida.

Alguns són exclusius del gènere humà, mentre que altres poder ser compartits (totalment o parcialment) per altres espècies. De fet, no sabem exactament quants mòduls tenim i quins són. En qualsevol cas, aquí ens interessen especialment els mòduls humans, els que són exclusius de l'espècie humana. Em referiré breument a dos dels mòduls cognitius distintius dels humans: el mòdul del llenguatge i el mòdul TM.

El **mòdul del llenguatge** és un exemple clar d'una competència exclusivament humana. Sovint s'anomena *dispositiu d'adquisició del llenguatge*, que és el nom que va encunyar el lingüista nord-americà Noam Chomsky, que va ser el primer que va postular l'existència d'aquesta capacitat cognitiva específicament humana. El mòdul del llenguatge sembla que es correspon amb una regió determinada del cervell, les anomenades àrees de Broca i de Wernicke (a l'hemisferi esquerre). Les persones que tenen lesions en aquesta àrea presenten un deteriorament de les habilitats lingüístiques, segons la gravetat de la lesió, mentre que la resta de capacitats cognitives es mantenen intactes. Com va arribar Chomsky a la conclusió que tenim un mòdul del llenguatge? Acabem de dir que els mòduls cognitius formen part del coneixement genètic, els tenim des que naixem. Però, aparentment, el llenguatge no és innat, sinó adquirit.

Els nounats no saben parlar, n'han d'aprendre, i segons el seu país d'origen aprendran una llengua o una altra. Per tant, com pot ser que hi hagi un mòdul destinat al llenguatge, si el llenguatge l'adquirim després de néixer?

El contingut del mòdul del llenguatge no és el llenguatge en si sinó la *capacitat* per a aprendre'l. Chomsky va observar que tots els llenguatges humans són extremament complexos des d'un punt de vista lògic. Pensem per un moment en la complexitat de les regles sintàctiques de qualsevol idioma. Tanmateix, tots els nens de totes les societats són capaços d'aprendre una llengua en un període relativament curt de temps i amb molt poca instrucció prèvia. Això és el que Chomsky va anomenar *argument de la pobresa de l'estímul*. Tradicionalment, es pensava que els nens aprenien una llengua simplement escoltant els adults, repetint frases que havien escoltat i deduint-ne (per mitjà d'un procés inductiu i inconscient) les regles gramaticals que en presideixen la producció. Però Chomsky va arribar a la conclusió que això era poc probable, ja que la informació que els nens obtenen dels adults és molt pobre, mentre que les regles d'una llengua –les regles gramaticals– són extremament complexes. En conseqüència, perquè els nens puguin aprendre una llengua han de tenir un dispositiu especial al cervell que els predisposi a fer-ho i que *ja disposi* de les regles gramaticals més elementals d'aquell idioma. És un dispositiu que només es pot trobar en el cervell humà, ja que cap altre animal és capaç d'aprendre una llengua, ni tan sols quan se l'ha ensinistrat explícitament. Chomsky va anomenar aquest mecanisme *dispositiu d'adquisició del llenguatge* (DAL). Per tant, no és el llenguatge en si el que tenim en el nostre coneixement genètic, sinó la capacitat per a adquirir-lo, juntament amb les regles gramaticals més fonamentals, perquè aquestes regles bàsiques són compartides per tots els llenguatges humans, és a dir, són universals: això és el que Chomsky va anomenar *gramàtica universal* o *gramàtica generativa*. De fet, no «aprenem» una llengua, sinó que es «desenvolupa» en la nostra ment, amb l'ajut d'alguns estímuls externs, que són les paraules que els nens senten quan creixen. (Això explicaria perquè els nens que, per alguna raó, no han sentit cap llengua parlada mentre creixien són incapaços de parlar quan són més grans, o els costa molt.) Més endavant, veurem els problemes que es plantegen quan intentem explicar els orígens evolutius del DAL.

Aquest és l'exemple més clar del que és un mòdul cognitiu. El coneixement lingüístic és clarament un coneixement maduratiu: l'adquirim quan madurem en un entorn apropiat, però ja naixem amb les llavors. Hi ha també un altre exemple de mòdul cognitiu al qual ja hem fet referència: la **TM**, que és la capacitat d'entendre l'existència d'estats mentals darrere de les accions o els moviments de les persones, la producció d'objectes manufacturats o qualsevol esdeveniment que ens resulti rellevant. És un mòdul cognitiu molt important. Igual que el DAL, és exclusiu de l'espècie humana, però és encara més fonamental que aquest, ja que és evident que el llenguatge no es pot adquirir sense una TM plenament desenvolupada. Què significa «entendre algú» si no és comprendre'n les intencions, els estats mentals, quan diu alguna cosa? Podem

entendre una llengua –una sèrie de sons o símbols escrits en un full de paper– quan som capaços d'imaginar les intencions, els estats mentals, de la persona que pronuncia aquests sons o que ha escrit aquests símbols.

Hi ha un trastorn mental que sol associar-se amb una TM defectuosa: l'autisme. Tot i que l'autisme es manifesta en diferents graus, els que pateixen les seves formes més greus són incapaços d'aprendre una llengua, aparentment perquè tenen alguns problemes en el mòdul TM.

No s'ha pogut identificar exactament la regió en què se situa la TM, tot i que se n'han avançat algunes hipòtesis. I, com hem dit abans, els mòduls cognitius són funcions del cervell, no regions, per la qual cosa no es corresponen necessàriament amb àrees cerebrals concretes; el que produeix la TM pot ser un conjunt complex d'interconnexions neuronals.

#### **4.1. Fases de desenvolupament de la teoria de la ment**

Sigui quina sigui la localització exacta de la TM al cervell, els psicòlegs del desenvolupament han descobert que, igual que la nostra capacitat per a parlar, la TM es desenvolupa dins del cervell en diferents etapes. La primera i més bàsica, que és manifesta només al cap d'uns mesos de néixer, és el seguiment de la mirada. Només els nens que pateixen una forma greu d'autisme són incapaços de seguir la mirada d'una altra persona; és un dels senyals més inequívocs que el nen és autista. No queda clar si alguns animals no humans poden seguir la mirada. Sembla que els ximpanzés poden fer-ho, i segurament els gossos també. Cal recordar que per a seguir la mirada d'una altra persona hem d'entendre que està mirant alguna cosa que ens pot interessar, en altres paraules, hem de reconèixer que aquella persona té percepcions, com nosaltres mateixos. Això no és exactament una TM, però s'hi acostava molt: imaginem que els altres tenen percepcions, però encara no són estats mentals de ple dret. Un altre gest simptomàtic de l'existència d'una TM i que, de nou, sembla que només els humans podem entendre és assenyalar amb el dit, acció una mica més complexa que el seguiment de la mirada. Per a comprendre que algú assenyala amb el dit hem d'entendre que ens vol dir alguna cosa, que té la intenció d'ensenyar-nos quelcom, és a dir, que té una ment amb intencions i que aquestes intencions ens poden interessar. Són encara les primeres etapes de la TM. El ple desenvolupament de la TM només sorgeix quan el nen arriba als quatre anys (entre quatre i sis), quan ja presenta unes aptituds lingüístiques notables i pot passar l'anomenada *prova de la falsa creença*.

En una cambra hi ha un nen i dos adults (l'investigador i un còmplice). Li ensenyaem dues capsas al nen i en una hi posem un caramel. Llavors, el còmplice abandona l'habitació. Mentre és fora, canviem el caramel de capsa i li preguntem al nen on creu que buscarà el caramel la persona que era fora. Els nens de menys de quatre anys donen la resposta incorrecta: diuen que l'altra persona pensarà que el caramel és on és en realitat. Per què? Perquè no entenen que algú pugui albergar «falses creences». En canvi, els nens de més de quatre anys donaran la resposta correcta, diran que l'altra persona no sabrà on és en realitat el caramel, perquè pot albergar una falsa creença.

És un tema rellevant, perquè demostra que, en aquesta etapa, els nens poden representar el que anomenem *estats mentals epistèmics*: representacions d'estats que poden ser diferents del que representen. En altres paraules, poden entendre què és una «ment», que les persones tenen «estats mentals», que en aquests estats mentals hi ha creences sobre el món, que són representacions d'una part de la realitat i que aquestes creences poden ser diferents de la realitat que volen representar, és a dir, falses creences.

Els investigadors no es posen d'acord pel que fa al moment exacte en què es desenvolupa la TM: és realment al voltant dels quatre anys o els nens més petits poden tenir algunes capacitats rudimentàries de mentalització? El problema que comporta demostrar l'existència d'aquesta capacitat cognitiva en nens molt petits i, encara més, en primats no humans, és que la majoria dels tests que s'han utilitzat fins ara requereixen una comunicació lingüística, i per tant no es poden aplicar a nens molt petits o primats no humans. Però quan s'han dissenyat tests intel·ligents que no requereixen comunicar-se per mitjà del llenguatge, sembla que molts nens petits (fins i tot de 15 mesos) i també alguns primats no humans ja presenten algunes capacitats de mentalització. Sigui com sigui, el que no es pot negar és que els éssers humans som els únics que tenim una TM plenament desenvolupada, tot i que altres espècies també poden presentar-ne versions embrionàries.

Així, doncs, la TM és això: un mòdul importantíssim en la cognició humana que, a més de ser extremament significatiu, és rellevant per a explicar la capacitat humana per a produir aquesta forma de coneixement distintiva del gènere humà: el coneixement cultural.

Però abans de veure per què la TM és tan important per als nostres objectius, recapitem el que hem exposat fins ara en el nostre breu viatge per algunes de les principals etapes de l'evolució humana:

## 4.2. Orígens evolutius

Tornem ara a la TM. Per què tenim TM els éssers humans? Quin podria ser l'avantatge selectiu de tenir una TM en el medi particular en què es va produir l'evolució humana? Òbviament, no ho sabrem mai amb tota certesa, per-

què estem parlant d'una situació que va tenir lloc fa milions d'anys. Però hi ha algunes teories que intenten explicar de quina manera la TM va millorar l'eficàcia reproductiva dels nostres avantpassats.

La primera té a veure amb la **cooperació**. La TM va ser molt útil per a impulsar les activitats cooperatives. Com és natural, si hem de treballar en estreta col·laboració amb algú, és útil saber quines són les intencions, els pensaments i les creences de la persona amb qui volem treballar. Tot i que no sabem del cert quina mena d'activitats cooperatives duïen a terme els nostres avantpassats, probablement una de les més importants, sobretot a partir de l'*Homo erectus*, va ser la caça. Els humans, i els homínids, no són ni eren caçadors «naturals». Amb això vull dir que el cos humà sembla que està molt mal dotat d'eines de caça (ullals, urpes, etc.) en comparació amb altres carnívors. I per a caçar animals grans no tan sols necessitaven eines semblants –armes com destrals o llances de pedra, etc.–, sinó també l'ajut d'altres caçadors. En les societats de caçadors-recol·lectors que hi ha avui dia, que són les que, sens dubte, s'assemblen més als nostres avantpassats caçadors-recol·lectors, la caça és gairebé sempre una activitat col·lectiva. I el mateix es pot dir dels ximpanzés, que només cacen ocasionalment, però que sempre ho fan en grup, col·lectivament. Una altra raó per a convertir la caça en una activitat col·lectiva és que la carn d'un animal gran no la pot consumir un sol individu (i tampoc pot conservar-la, o no ho podia fer abans del descobriment de la sal), per tant s'ha de compartir. I si has de compartir la caça amb altres persones, és lògic que et donin un cop de mà. Alguns acadèmics han criticat aquesta teoria perquè, a més de ser una activitat col·lectiva, la caça també és, en totes les societats caçadores-recol·lectores que s'han documentat fins ara (sembla que amb algunes excepcions), una activitat masculina, cosa que també passa en els ximpanzés. D'això sembla deduir-se que la TM es va desenvolupar primer en els homes, ja que eren ells qui practicaven aquesta activitat cooperativa per a la qual la TM va esdevenir tan útil. Però sembla que, arreu del món, els homes estan menys dotats que les dones quan es tracta de copsar l'estat mental d'altres individus. Per tant, tot i que la TM es va desenvolupar inicialment a partir d'una activitat eminentment masculina, és difícil d'entendre per què les dones tenen millors aptituds en aquest sentit que els seus companys masculins.

Per això, hi ha altres autors que han proposat una segona teoria, l'anomenada *teoria de l'aferrament*, segons la qual la TM es va desenvolupar primer a partir de les estretes **interaccions entre la mare i el fill**. A causa de la gran dimensió cerebral dels humans, o prehumans, els nadons havien de néixer amb el cervell sense desenvolupar, ja que altrament no haurien pogut passar a través de la pelvis de la mare. Així, els éssers humans naixem molt aviat en termes biològics, sobretot pel que fa al desenvolupament cerebral, i, en conseqüència, som molt més vulnerables que qualsevol altra cria animal. Com a resultat, necessitem ser atesos durant molt més temps que qualsevol altre mamífer, i qui en general es fa càrrec d'aquesta atenció prolongada és la mare. La mare comparteix el 50% de la seva dotació genètica amb el fill, igual que el pare o qualsevol dels seus germans (fills dels mateixos pares). Però a diferència del

pare o dels germans de sang, la mare és l'única persona que pot estar cent per cent segura de qui són els seus fills. Així, cal una acurada interacció entre la mare i el fill perquè l'atenció prolongada tingui èxit, i la TM sembla molt adequada per a aquesta tasca. Certament, totes les femelles mamíferes tenen cura dels seus fills i no totes han desenvolupat una TM. Però són només els nounats humans els que necessiten atencions addicionals a causa de la seva vulnerabilitat característica. Això explicaria per què els éssers humans han desenvolupat una TM, especialment les femelles. Per aquest motiu les dones d'arreu del món tenen una major capacitat que els homes per a comprendre les intencions i els estats mentals dels altres i, a més, l'autisme (disfunció del TM) és un trastorn majoritàriament masculí. Possiblement aquesta crítica feminista a la hipòtesi cooperativa pel que fa als orígens de la TM no és una postura merament política, sinó que hi pot haver certa veritat teòrica.

Un tercer factor que podria explicar l'evolució de la TM en els humans és la **necessitat de compartir eines**. Ja hem vist abans que els éssers humans són els únics animals que poden fabricar utensilis i compartir-ne l'ús. Per a compartir una eina que ha estat feta per a una finalitat determinada, sobretot si es tracta d'una eina més aviat sofisticada, hem de ser capaços d'entendre'n el propòsit, en altres paraules, hem de poder comprendre la intenció que hi ha al darrera de la seva fabricació. I per això, necessitem, òbviament, una TM.

El cervell dels nostres avantpassats, per tant, va començar a créixer per tal d'encabir-hi aquesta forma particular de coneixement genètic que constitueixen els mòduls cognitius. Encara no sabem del cert quants mòduls cognitius tenim. Però amb tota probabilitat la TM n'és un. Ara bé, fos quina fos la funció inicial d'aquest mòdul (impulsar la cooperació, facilitar la interacció entre mare i fill o fabricar i compartir eines), va tenir un notable efecte secundari, un subproducte absolutament únic i excepcional que va convertir la diferència fins aleshores quantitativa entre els humans i els no humans en una diferència qualitativa. I això va comportar l'aparició del coneixement cultural, una nova forma de coneixement que, com hem repetit moltes vegades, és única de la nostra espècie. Com es va originar la cultura a partir de la TM? Aquest serà el tema del mòdul didàctic següent.





## Bibliografia

Hi ha molts textos introductoris a la biologia amb excel·lents resums dels principis bàsics de l'evolució. El text clàssic de Dawkins (1976), possiblement un dels llibres de divulgació científica més coneguts del món, conté una exposició molt clara sobre la visió genètica de l'evolució, que ha passat a ser el plantejament dominant de la biologia evolutiva contemporània. Matt Ridley (1999) també pot ser un complement útil al text de Dawkins. Per als lectors interessats en les implicacions teòriques i filosòfiques més àmplies de la teoria de l'evolució, és essencial fer una ullada al treball de Dennett (1995). Una visió diferent de l'evolució, més aviat crítica amb la perspectiva genètica es pot trobar a Jablonka i Lamb (2006). No és una lectura fàcil per a principiants, però és exhaustiva i ben argumentada. Pel que fa a l'evolució humana, el llibre de Coolidge i Wynn (2009) es una bona explicació interdisciplinària, que inclou perspectives de l'arqueologia, la paleoantropologia i la neurociència. Dunbar (2005), Gazzaniga (2008) i Suddendorf (2013) són obres menys generals, centrades específicament en una explicació de la singularitat humana. Quant a la ment humana i els seus orígens evolutius, una bona lectura clàssica és Donald (1991), tot i que presenta un punt de vista teòric més aviat especialitzat. Altres perspectives generals sobre la teoria modular de la ment es poden trobar a Carruthers i Chamberlain (2000), i Hirschfeld i Gelman (1994). Però el text clàssic sobre aquest tema és l'obra del filòsof nord-americà Jerry Fodor (1983). Un altre llibre molt important sobre la modularitat de la ment humana, especialment centrat en les bases cognitives de la cultura, és Barkow, Tooby i Cosmides (1992), molt crític amb les perspectives de les ciències socials. Mithen (1996) analitza l'evolució de la ment des del punt de vista de l'arqueologia, amb algunes observacions crítiques pel que fa a les teories dominants de la modularitat. Una bona anàlisi cognitiva de la capacitat lingüística de l'ésser humà es pot trobar a Pinker (1994), un llibre extens i ben escrit, tot i que potser els principiants trobaran que alguns capítols són difícils de seguir. Un treball més especialitzat però ple de profunds coneixements teòrics sobre la singularitat cognitiva de l'ésser humà és Deacon (1998), que conté un interessant plantejament sobre l'origen del llenguatge que es diferencia de la perspectiva chomskyana estàndard adoptada per Pinker. L'estudi de la TM o mentalització ha donat lloc a una gran quantitat de literatura especialitzada; Carruthers i Smith (1996) i Baron-Cohen i altres (2000) n'ofereixen una bona introducció. La relació entre la paternitat i la singularitat humana, sobretot en relació amb la facultat de mentalització dels humans, es ben analitzada a Hrdy (2011).

**Barkow, J. H.; Tooby, J.; Cosmides, L.** (1992). *The Adapted Mind: Evolutionary Psychology and the Generation of Culture*. Nova York: Oxford University Press.

**Baron-Cohen, S.; Tager-Flusberg, H.; Cohen, D. J.** (2000). *Understanding other Minds: Perspectives from Developmental Cognitive Neuroscience*. Oxford: Oxford University.

**Carruthers, P.; Chamberlain, A. (eds.)** (2000). *Evolution and the Human Mind*. Cambridge: Cambridge University Press.

**Carruthers, P.; Smith, P. K. (eds.)** (1996). *Theories of Theories of Mind*. Cambridge: Cambridge University Press.

**Coolidge, F. L.; Wynn, T.** (2009). *The Rise of Homo Sapiens*. Malden: Wiley-Blackwell.

**Dawkins, R.** (1976). *The Selfish Gene*. Oxford: Oxford University Press.

**Deacon, T.** (1998). *The Symbolic Species: The Co-Evolution of Language and Brain*. Nova York: W.W. Norton & Co, Inc.

**Dennett, D.** (1995). *Darwin's Dangerous Idea. Evolution and the Meanings of Life*. Nova York: Simon and Schuster.

**Donald, M.** (1991). *Origins of the Modern Mind*. Cambridge, Mass.: Harvard University Press.

**Dunbar, R.** (2005). *The Human Story. An New History of Mankind's Evolution*. Londres: Faber and Faber.

**Fodor, J.** (1983). *The Modularity of Mind*. Cambridge, M.A.: MIT press.

**Gazzaniga, M. S.** (2008). *Human. The Science Behind What Makes Us Unique*. Nova York: Harper Collins.

**Hirschfeld, L. A.; Gelman, S. (eds.)** (1994). *Mapping the Mind. Domain Specificity in Cognition and Culture*. Cambridge: Cambridge University Press.

**Hrdy, S.** (2011). *Mothers and Others. The Evolutionary Origins of Mutual Understanding*. Cambridge, Mass.: Harvard University Press.

**Jablonka, E.; Lamb, M. J.** (2006). *Evolution in Four Dimensions*. Cambridge, Mass.: MIT Press.

**Mithen, S.** (1996). *The Prehistory of the Mind*. Londres: Thames and Hudson.

**Pinker, S.** (1994). *The Language Instinct*. Nova York: Harper Collins.

**Ridley, M.** (1999). *Genome. The Autobiography of a Species in 23 Chapters*. Nova York: Harper Collins.

**Suddendorf, T.** (2013). *The Gap. The Science of What Separates Us From Other Animals*. Nova York: Basic Books.