

2

L'origen i l'evolució de la vida

Fins al segle XIX era una creença comuna que els organismes van ser creats tal com són actualment i que molts éssers inferiors sorgien directament de la matèria inanimada per generació espontània.

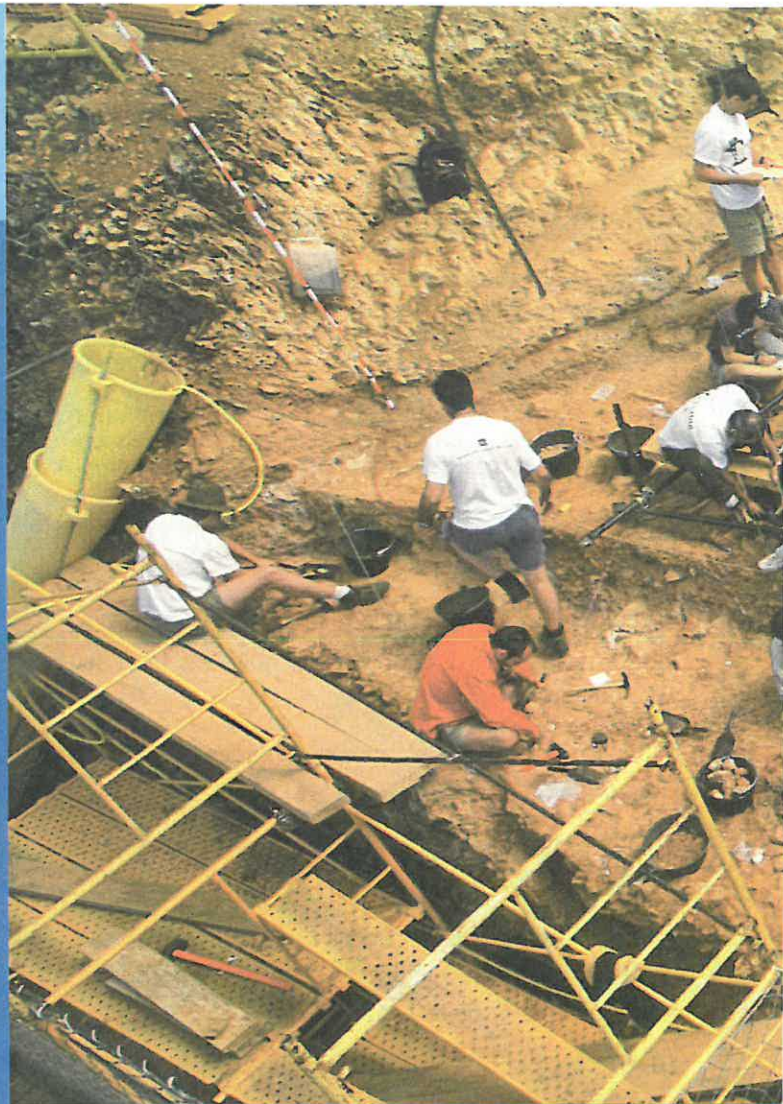
Avui sabem que la diversitat dels éssers vius de la Terra és el resultat de l'evolució de les espècies, que es va iniciar amb el començament de la vida al nostre planeta. L'establiment definitiu de la teoria de l'evolució biològica constitueix una de les aventures més apassionants del pensament humà.

La teoria de l'evolució porta associada una gran càrrega emocional, perquè afecta l'ésser humà i la seva posició en la natura.

L'univers conté centenars de milers de milions de galàxies, cadascuna al seu torn amb centenars de milers de milions d'estels. Per què havíem de ser nosaltres, habitants d'un racó remot del cosmos, els afortunats? Poden existir en uns altres móns éssers que en la seva evolució hagin assolit nous graus de coneixement. Potser hi ha sistemes planetaris semblants al nostre, i potser n'hi ha algun on ha evolucionat vida intel·ligent.

CONCEPTES CLAU

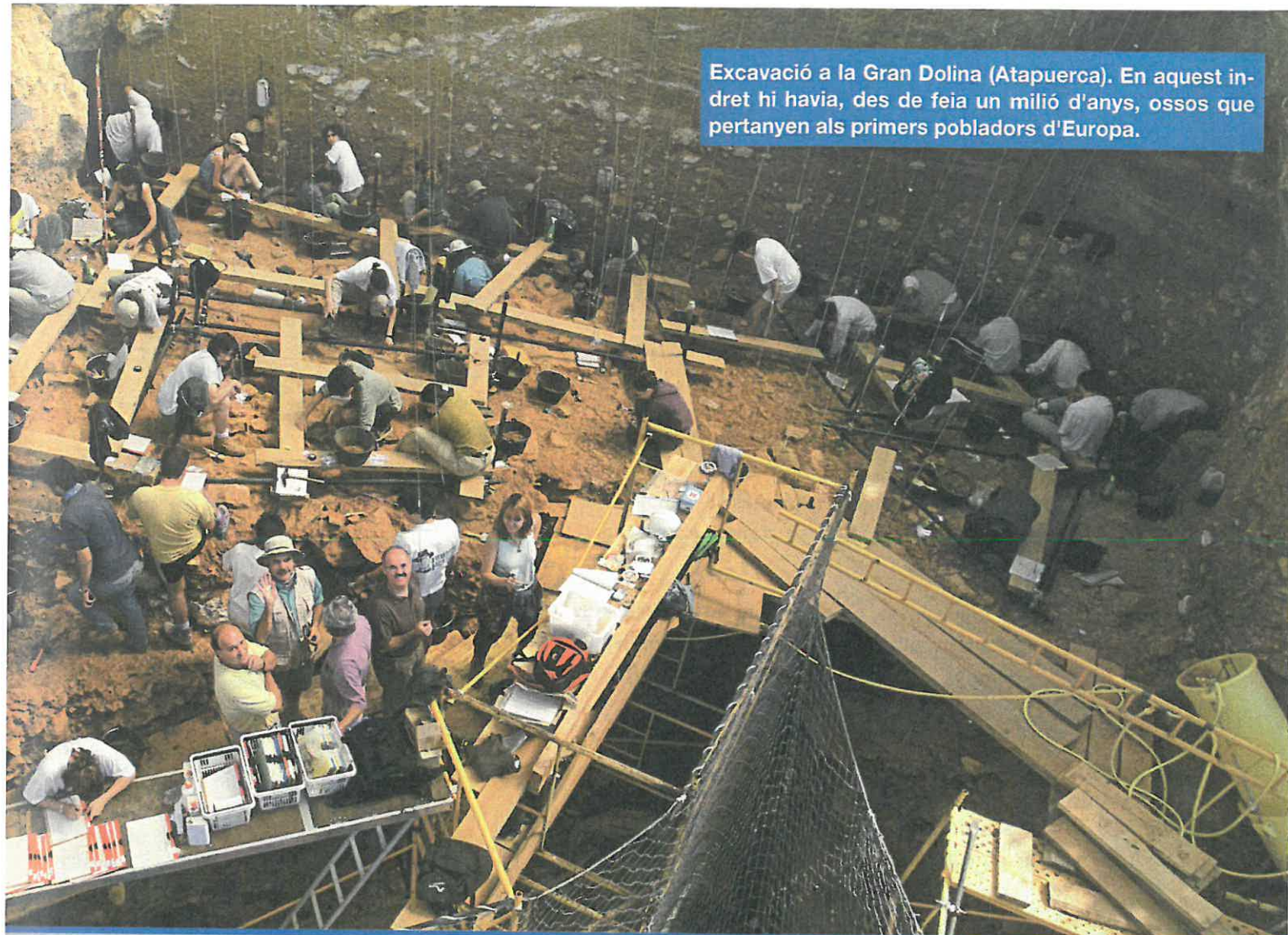
- Hipòtesi d'Oparin sobre l'origen de la vida
- L'evolució biològica
- L'origen de l'ésser humà



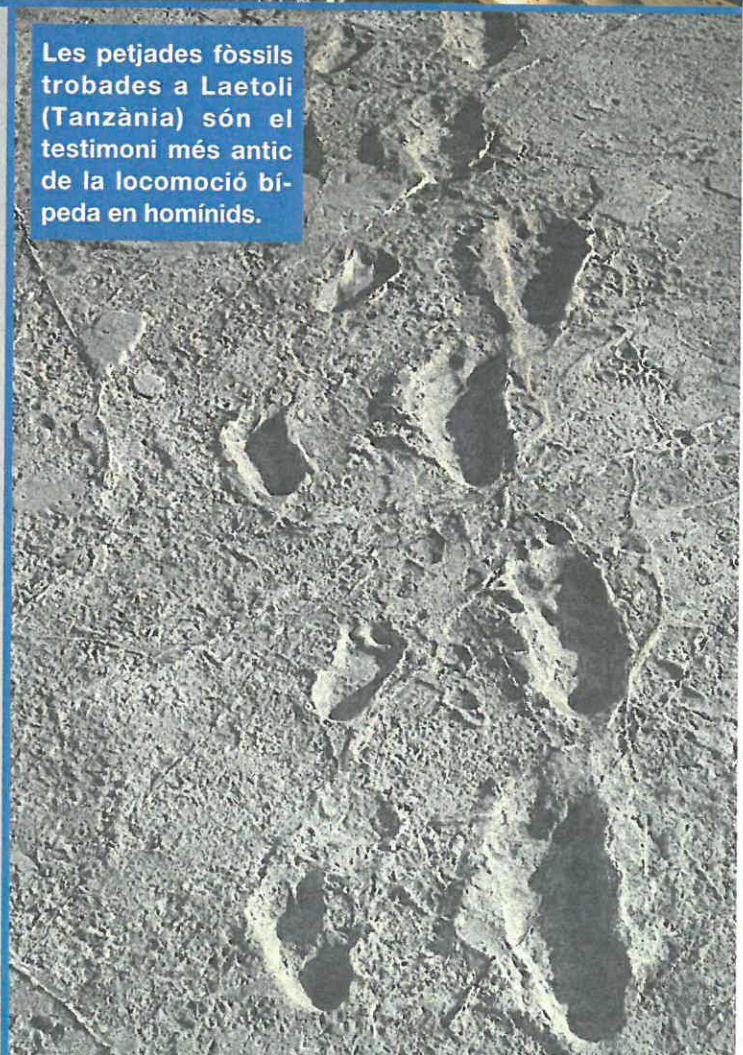
El fòssil *Archaeopteryx lithographica* representa una baula intermèdia entre els ocells i els rèptils.



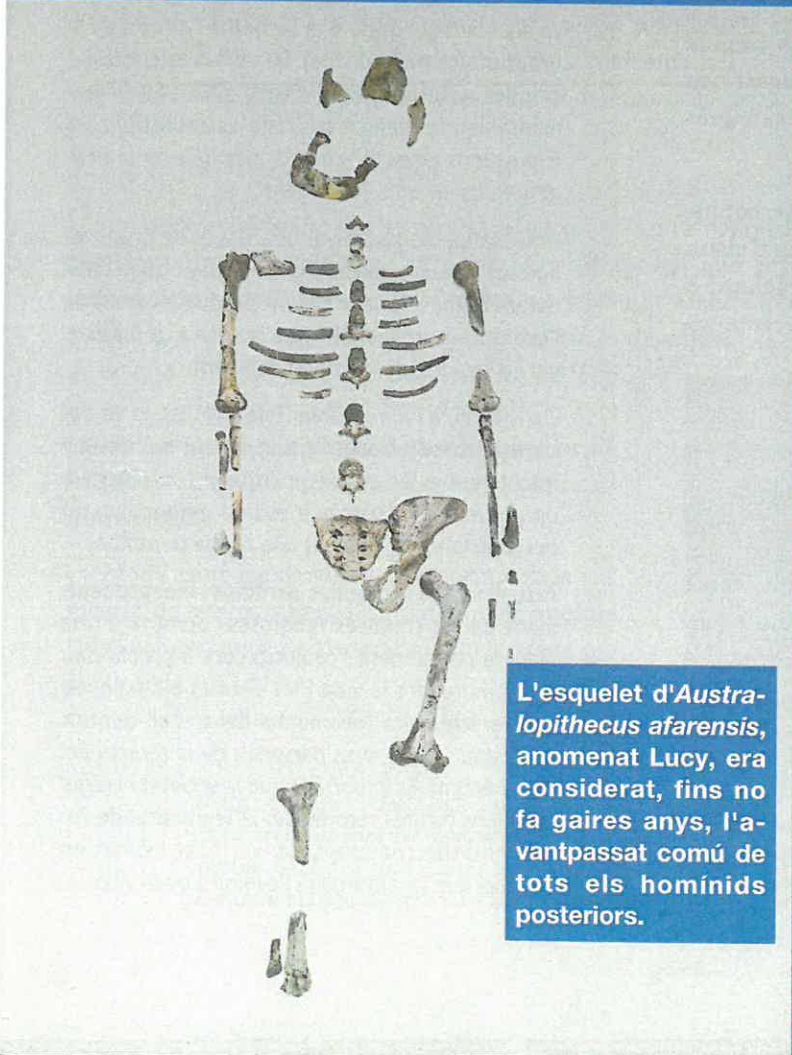
Excavació a la Gran Dolina (Atapuerca). En aquest indret hi havia, des de feia un milió d'anys, ossos que pertanyen als primers pobladors d'Europa.



Les petjades fòssils trobades a Laetoli (Tanzània) són el testimoni més antic de la locomoció bípeda en homínids.



L'esquelet d'*Australopithecus afarensis*, anomenat Lucy, era considerat, fins no fa gaires anys, l'avantpassat comú de tots els homínids posteriors.



I L'ORIGEN DE LA VIDA

Darwin, el 1859, va establir que els organismes actuals són el resultat d'un procés evolutiu que ha conduït, al llarg d'espais de temps enormes, des de formes molt simples fins a unes altres de molt més complexes.

1. HIPÒTESIS PRINCIPALS SOBRE L'ORIGEN DE LA VIDA

La vida va aparèixer a la Terra durant la primera etapa de la seva llarguíssima història, fa més de 3500 milions d'anys. Els científics creuen que els primers éssers vius eren d'organització simple, i la resta dels organismes que han existit i que existeixen en procedeixen per evolució.

El problema fonamental consisteix a saber com es van originar els primers organismes. Aquesta qüestió va començar a plantejar-se en la dècada del 1920, quan va començar a conèixer-se més bé l'origen de la Terra.

1.1 L'origen extraterrestre de la vida. Hipòtesi de la panspèrmia

Al segle XIX, diferents científics van pensar que els meteorits podien transportar microorganismes en estat latent, capaços de suportar les dures condicions de l'espai exterior.

La presència de compostos orgànics en alguns meteorits caiguts a la Terra va fonamentar la viabilitat d'aquesta hipòtesi, malgrat que més tard es va poder comprovar que moltes substàncies orgàniques es van poder formar per simples reaccions inorgàniques.

La hipòtesi de la panspèrmia, defensada pel químic Arrhenius l'any 1906 suggeria que formes de vida diminutes, escapades d'algun planeta i transportades per la radiació lluminosa, es van desplaçar a la deriva per l'espai i podrien haver inoculat la vida a diferents zones de la galàxia.

L'argument principal en contra era que cap ésser viu no podria travessar l'espai i resistir el rigor de les condicions existents, com les temperatures extremament baixes i la intensitat de la radiació ultraviolada.

La hipòtesi de la panspèrmia dirigida afirma que la vida va ser sembrada a la Terra, i potser també en uns altres planetes, per éssers intel·ligents que procedien d'altres sistemes solars que havien aconseguit un grau d'evolució avançat. Per aquesta raó, disposaven de sistemes per evitar ser afectats per les radiacions en els seus viatges per l'espai i de sistemes de transport molt avançats.

Aquestes solucions desvien el problema, perquè, tot i que s'admetés l'origen extraterrestre de la vida, desconèixeríem com ha aparegut en uns altres planetes.



En el meteorit Murchison, caigut a Austràlia l'any 1969, s'hi han trobat 18 aminoàcids de configuració química semblant a la dels que formen les proteïnes.

EL DISSENY INTEL·LIGENT

DOCUMENT

El *disseny intel·ligent* admet que l'origen de l'univers, el de la vida i el de l'ésser humà són el resultat de l'acció deliberada d'un ésser intel·ligent. Els seus promotors afirmen que l'univers està massa ben adaptat per als éssers vius per pensar que és així per atzar. Aquesta ideologia representa una nova versió de la "ciència de la Creació".

L'any 1987, el Tribunal Suprem dels Estats Units va anul·lar l'obligació d'ensenyar la "ciència de la Creació" (la narració del Gènesi) a la classe de ciències naturals. Ràpidament, els manuals que mantenien la idea creacionista van substituir les expressions *creació* i *creador* per *disseny intel·ligent* i *dissenyador intel·ligent*.

Aquesta ideologia s'ha difós a través de grups religiosos fonamentalistes, que afirmen que considerar *l'home i la seva raó* un producte casual de l'evolució és irracional i que la *teoria de l'evolució* no està pas demostrada realment.

L'any 2005, a Pennsilvània (Estats Units), es va declarar inconstitucional l'ensenyament del *disseny intel·ligent* a les escoles, perquè es considerava un *argument religiós* que és una *redenominació del creacionisme*, i no pas una teoria científica.

Actualment la comunitat científica –independentment de les creences religioses– accepta d'una manera contundent l'evolució com a procés clau per comprendre la vida i les ciències biològiques; una característica fonamental del treball científic és separar les creences personals de la recerca del coneixement. És important que la societat i les generacions futures reconeguin la legitimitat de l'aprenentatge comprovable, verificat i basat en fets, pel que fa a l'origen i l'evolució de la vida.

1.2 Hipòtesi d'Oparin

La **primera hipòtesi** coherent sobre l'origen de la vida a la Terra la va formular el bioquímic rus Oparin l'any 1922. La majoria de les explicacions modernes sobre l'origen de la vida es basen en les idees d'Oparin. Segons aquest científic, l'aparició de la vida va anar precedida d'un llarg període d'evolució química.

L'edat de la Terra és de 4 600 milions d'anys i els fòssils més antics tenen 3 500 milions d'anys. Van haver de passar uns quants centenars de milions d'anys des de la formació de la Terra fins que hi van aparèixer formes de vida primitives.

L'etapa inicial fou probablement la formació de molècules orgàniques a partir dels materials de la Terra primitiva. Per a aquest procés van ser necessaris:

a) Precursors químics. L'atmosfera primitiva contenia metà, amoníac, àcid sulfhídric, vapor d'aigua i unes altres molècules inorgàniques senzilles.

Una condició essencial és la manca d'oxigen gasós, perquè es combina, i destrueix les molècules orgàniques; impedeix així la formació d'**agregats moleculars** cada vegada més complexos.

b) Fonts d'energia. Principalment, la radiació ultraviolada, les descàrregues elèctriques de l'atmosfera, l'energia alliberada pels minerals radioactius i la calor emesa pels volcans en activitat.

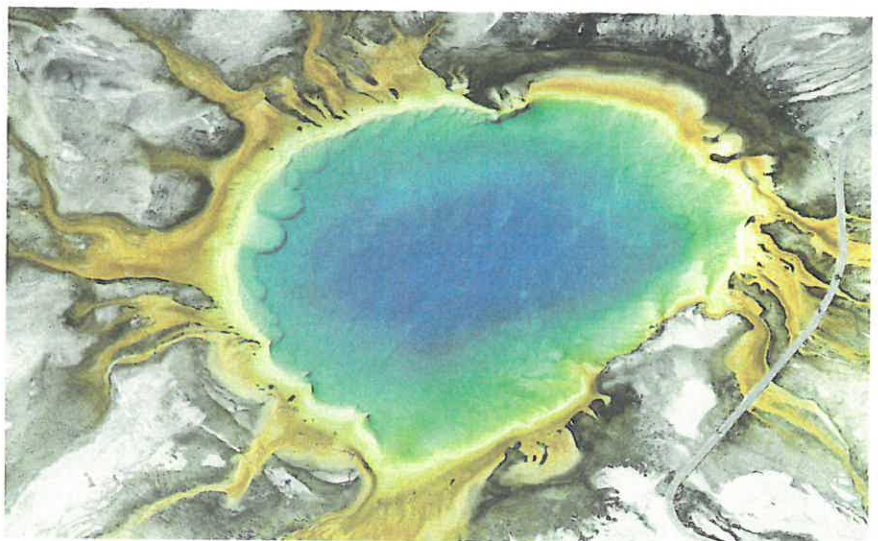
En refredar-se la superfície terrestre, la condensació del vapor d'aigua va donar lloc probablement als oceans primitius i els compostos formats s'hi podien haver anat emmagatzemant i podien haver produït d'aquesta manera el que s'ha anomenat *brou primordial*.

1.3 L'experiment de Miller

L'any 1953, el científic nord-americà Stanley Miller va comprovar experimentalment la hipòtesi d'Oparin. En un aparell que reproduïa les condicions de l'atmosfera primitiva, va fer bullir aigua amb metà, amoníac i hidrogen i va sotmetre la mescla a descàrregues elèctriques que simulaven la radiació solar. Al cap d'uns dies va analitzar el líquid resultant i hi va trobar un gran nombre de **molècules orgàniques**, entre les quals hi havia uns quants **aminoàcids**.

Modificant les condicions experimentals i la mescla de gasos, s'han obtingut també **nucleòtids**, components de l'estructura dels àcids nucleics (ADN i ARN).

Vista aèria de la deu Gran Prismatic Spring, del parc nacional de Yellowstone. Les primeres cèl·lules van sorgir en un ambient semblant a aquest en molts aspectes.



HIPÒTESI D'OPARIN

DOCUMENT

Alexandr Ivànovitx Oparin va afirmar que els compostos orgànics es van formar a la Terra abans que els éssers vius, que es van desenvolupar a partir d'aquells compostos. La vida seria un dels nivells de l'evolució de la matèria. La hipòtesi d'Oparin, publicada en rus l'any 1924, va passar gairebé inadvertida. Els bioquímics havien estat convençuts per la demostració de Pasteur, que rebutjava la generació espontània, i la comunitat científica va ignorar les idees d'Oparin.

El britànic Haldane, l'any 1929, va publicar *L'origen de la vida*, obra en la qual coincidia amb Oparin en la idea que els compostos orgànics han precedit els primers éssers vius i interpretava el procés a la manera evolucionista.

Oparin va publicar el seu segon llibre l'any 1936, traduït a l'anglès amb el títol *L'origen de la vida sobre la Terra*. Encoratjat pels resultats obtinguts en la síntesi abiòtica de compostos orgànics, en va publicar l'any 1957 una nova edició posada al dia. Oparin va desenvolupar les seves idees pas a pas, basant-se sempre en les aportacions dels nous descobriments científics.

Oparin fou un bon coneixedor de la bioquímica del seu temps, així com de les premisses i de la metodologia dels darwinistes.



2. DE LA SÍNTESI PREBIÒTICA ALS PRIMERS ORGANISMES

En l'ambient molt càlid de la Terra primitiva es va poder produir la concentració de substàncies per evaporació de porcions de brou oceànic confinades en basses superficials. Les molècules van continuar diversificant-se i formant així agregats més complexos –polímers o macromolècules– que podrien tornar al brou primitiu i patir un procés de selecció que determinaria el predomini dels més estables.

Oparin opinava que, a partir de petites porcions de brou primordial, es van formar els **coacervats**.

2.1 Els coacervats

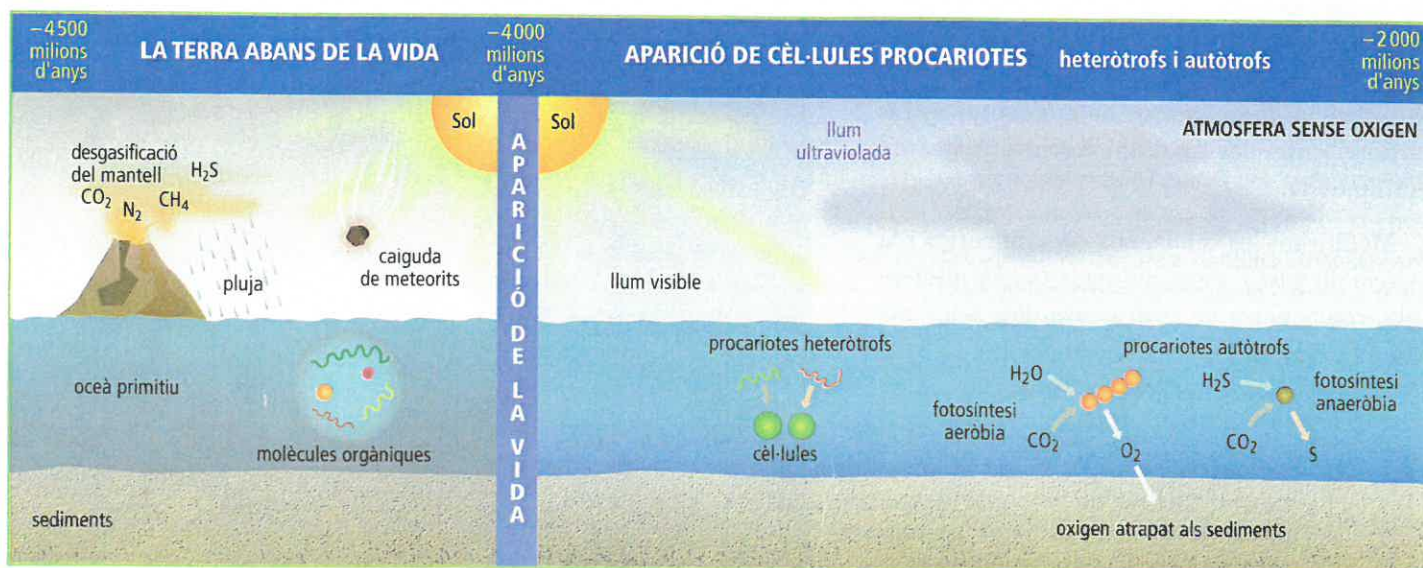
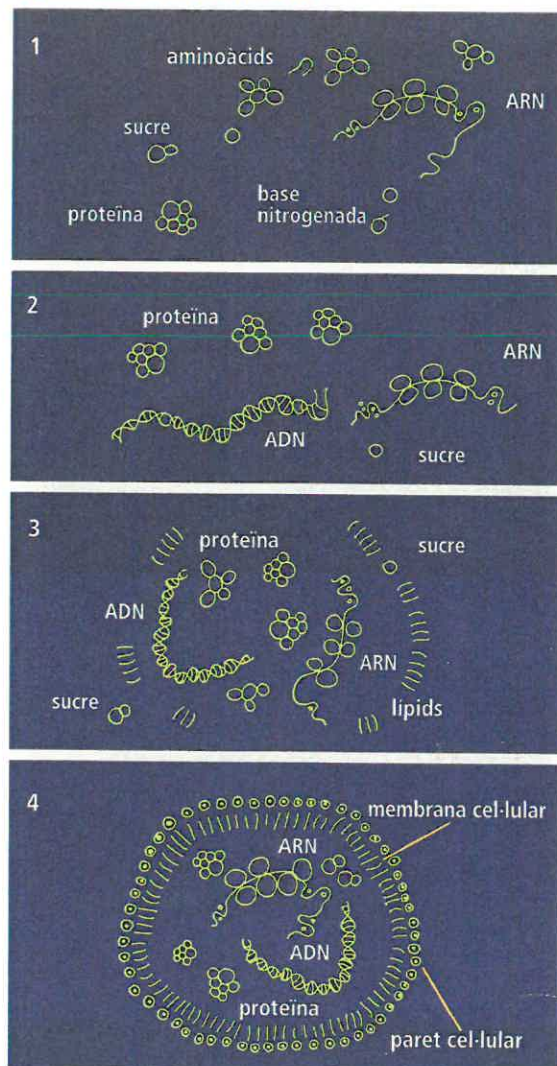
L'evolució **abiòtica** de les molècules als coacervats ha estat confirmada de manera experimental, però no se sap com es va produir el trànsit dels coacervats fins al primer ésser viu.

Sobre això només podem elaborar hipòtesis més o menys versemblants. Oparin va comprovar que una de les condicions que confereixen estabilitat als coacervats és dotar les gotes de la capacitat de fer reaccions químiques senzilles.

Els coacervats presenten una característica fonamental per poder ser els precursors dels primers éssers vius, i és que la velocitat de les reaccions químiques que tenen lloc al seu interior difereix de les velocitats al medi extern, cosa que suposa un inici del metabolisme cel·lular. Una altra característica dels coacervats és que, quan la seva grandària esdevé excessiva, tendeixen a trencar-se espontàniament, i produeixen així gotícules filles.

El resultat final devia ser l'aparició a la Terra de sistemes més complexos que l'entorn. A través d'una llarga evolució, els sistemes devien continuar creixent i fent-se més i més complexos fins a esdevenir **cèl·lules d'organització molt primitiva** (procariotes) capaces de desenvolupar les **funcions vitals**.

FORMACIÓ D'UN COACERVAT



3. L'ARN, COM A PRIMER TRANSPORTADOR D'INFORMACIÓ HEREDITÀRIA

La hipòtesi del *món d'ARN* consisteix a considerar que l'ARN va ser la primera molècula capaç de transportar informació hereditària.

En un ambient amb una concentració de sals i nucleòtids molt alta, semblant a l'ambient de la Terra primitiva, se sintetitzen espontàniament petites cadenes d'ARN que, per aparellament de bases complementàries, formen còpies de si mateixos.

Aquest procés podria haver-se produït en un ambient precel·lular, de manera que unint fragments dispersos d'informació útil podria haver-se originat la primera **síntesi de proteïnes dirigida per un gen**. Una vegada aconseguit un mecanisme capaç de reproduir fidelment la informació genètica, podem començar a parlar d'**éssers vius**.

4. LA NUTRICIÓ DELS PRIMERS ÉSSERS VIUS

Els primers éssers vius devien ser probablement heteròtrofs anaerobis, i la seva supervivència hauria estat dependent de les molècules riques en energia del *brou primitiu*. En anar-se'n esgotant els nutrients, alguns organismes devien seguir un camí evolutiu que els va permetre fabricar la seva pròpia matèria orgànica, de manera que van esdevenir productors primaris.

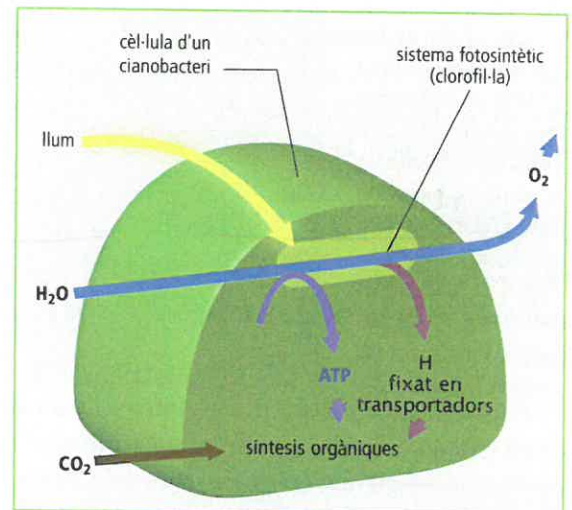
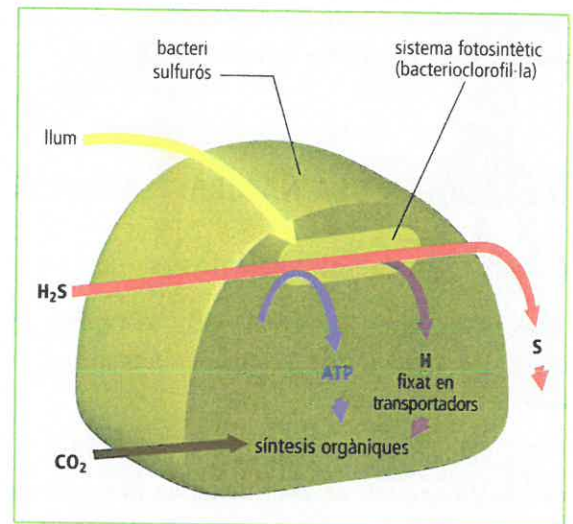
La via més antiga sembla que va ser la **quimiosíntesi**, realitzada per grups de bacteris que obtenen l'energia a partir de reaccions químiques d'oxidació. Al llarg d'un procés que va durar milions d'anys, alguns organismes van iniciar la **fotosíntesi**.

El coneixement dels diferents tipus de fotosíntesi bacteriana ens permet imaginar els passos possibles en l'evolució fins a la fotosíntesi vegetal. Inicialment potser va ser un mecanisme limitat a l'obtenció d'energia per combinar el CO_2 amb el H procedent de compostos com el H_2S . En una etapa posterior s'hi va utilitzar H_2O , i això va originar la transformació de l'atmosfera.

5. CREACIÓ D'UNA ATMOSFERA AMB OXIGEN

Hi una relació molt estreta entre les primeres etapes de l'evolució dels éssers vius i les modificacions de l'atmosfera terrestre. L'aparició d'una **atmosfera oxidant** (fa 2400 milions d'anys) va conduir a l'inici del procés respiratori i va permetre que els organismes aerobis creïessin i es reproduïssin a una velocitat més gran que els anaerobis.

En el **medi aquàtic** els organismes estaven protegits de la radiació ultraviolada del Sol, que era absorbida per l'aigua. La presència d'oxigen va originar l'aparició de la capa d'ozó (O_3) de l'estratosfera. Aquesta barrera filtrant impedeix l'arribada a la Terra d'una gran part de la radiació ultraviolada, que produiria alteracions en les proteïnes i ens els àcids nucleics. Una vegada formada la capa d'ozó, es va iniciar la conquesta del **medi terrestre**.



Tipus de fotosíntesi: a dalt, anaeròbica (bacteri sulfurós); a baix, aeròbica (cianobacteri).

ACTIVITATS

- 1 En què consisteix la hipòtesi de la panspèrmia?
- 2 Explica la relació que hi ha entre la hipòtesi d'Oparin i l'experiment de Miller.
- 3 Quin esdeveniment va permetre que els éssers vius conquerissin el medi terrestre?

II DEL FIXISME A L'EVOLUCIONISME

Els científics actuals s'ocupen de la història, i de les causes i els mecanismes de l'evolució, i no pas d'investigar evidències a favor i en contra de l'evolucionisme. Això és degut al fet que la realitat de l'evolució ha estat establerta de manera definitiva.

6. L'ORIGEN I LA NATURALES A DE L'ÉSSER HUMÀ

6.1 Interpretacions religioses

Totes les cultures han creat religions i mites sobre l'origen del món, de l'univers, de la vida i, fonamentalment, de l'origen i de la naturalesa de l'ésser humà.

La concepció del món dels egipcis i dels sumeriobabilonis, dues civilitzacions amb un cert nivell de desenvolupament tècnic i científic, depenia de les doctrines dels llibres sagrats, interpretats exclusivament per la classe sacerdotal.

Els profetes hebreus van basar la moral de la humanitat en la noció d'un Déu únic, creador i etern. Aquesta interpretació va tenir una gran influència, a través de la tradició judeocristiana, en les concepcions sobre la formació de l'univers.

6.2 Interpretacions filosòfiques

Més enllà de mites i llegendes, els grecs, al segle VI a.C., van cercar una explicació de l'origen del món que no necessités recórrer a poders sobrenaturals.

Alguns filòsofs grecs van tenir una visió dinàmica de la naturalesa, i van concebre un univers en canvi i evolució incessants. En aquest sentit, van sorgir explicacions sobre la creació, algunes de les quals mostren una certa visió evolucionista. Anaximandre afirma que els animals van sorgir a l'aigua i van passar a la vida terrestre, i que l'ésser humà es va originar a partir de criatures diferents.

Plató i Aristòtil comparteixen una visió estàtica de l'univers, i les seves idees, incorporades al pensament cristià, presenten una imatge fixista, com la que recull la narració del Gènesi. La creença en la invariabilitat de les espècies, suposadament creades a l'inici dels temps, va perdurar en el pensament occidental fins al segle XIX.

7. DE L'EDAT MITJANA A LES IDEES TRANSFORMISTES

Al llarg de l'Edat Mitjana l'interès per les qüestions científiques va ser pràcticament nul.

Al segle XVII el botànic suec Linné va crear la nomenclatura binomial i un sistema jeràrquic per classificar els organismes, però concebia les espècies com a entitats definitives, absolutament independents entre si.

LA CREACIÓ

DOCUMENT

En el temps en què Déu va fer el cel i la terra, no existia res (...). Déu va modelar l'home amb fang fet amb terra, li va insuflar al nas un alè de vida i l'home va esdevenir un ésser viu (...).

Déu va dir: 'No és bo que l'home estigui sol', i va modelar una altra vegada amb terra totes les bèsties salvatges i els ocells del cel i els va dur a l'home perquè els posés nom (...).

Aleshores Déu va fer caure l'home en un son profund, li va prendre una costella i tornà a cloure la carn. Després, de la costella que havia tret de l'home, Déu va crear la dona (...).

Gènesi

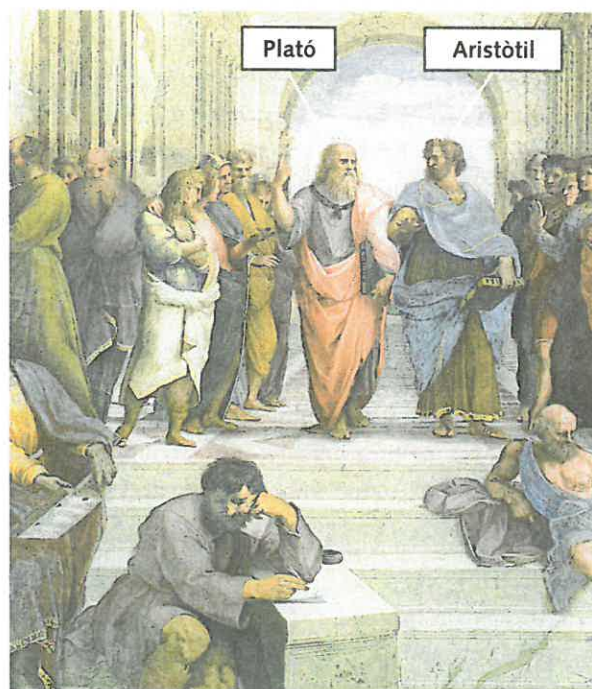
Tot era en suspens, tot era buit, al cel i a la terra. Aleshores els Poderosos del Cel es van reunir en consell i van unir tota la seva saviesa (...).

Van dir: 'Que la generació es faci, que l'alba es faci al cel i a la terra, perquè no tindrem ni adoració ni manifestació dels qui hem construït, fins que neixi l'home format' (...).

El Popol Vuh dels maies

Al·là va anomenar l'ésser humà, s'hi va adreçar, i aquest va venir a existir. Som –la humanitat, cadascun de nosaltres– un Esment d'Al·là, l'objecte d'un Discurs.

Alcorà



Plató i Aristòtil van contribuir a la visió fixista del món amb els sistemes filosòfics respectius.

Al segle XVIII, el naturalista francès Buffon va proposar una teoria de l'origen de les espècies per processos naturals, malgrat que té ben poca cosa en comú amb la teoria de l'evolució per selecció natural.

Més tard, el metge anglès Erasmus Darwin, l'avi de Charles Darwin, va especular sobre la transmutació de les espècies vivents, però no va proposar una teoria evolutiva.

A mitjan segle XVIII es van desenvolupar les **doctrines transformistes** en el camp dels éssers vius. El coneixement i la interpretació dels fòssils induïa a pensar en canvis soferts pels organismes al llarg dels temps geològics.

8. EVIDÈNCIES PROPORCIONADES PELS FÒSSILS

La interpretació del significat dels fòssils és fonamental en qualsevol teoria de l'evolució, perquè són els documents històrics del procés evolutiu. Els fòssils, coneguts des de l'antiguitat, eren per a alguns restes petrificades d'organismes d'altres èpoques, mentre que d'altres pensaven que només eren capricis de la natura (pedres que semblaven conques o ossos).

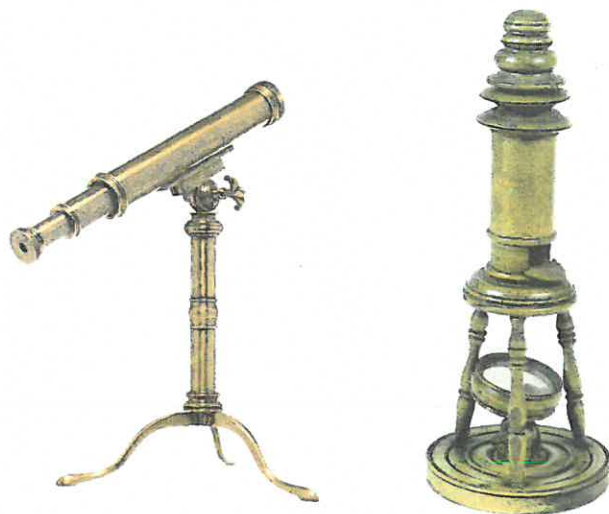
Es va arribar a considerar els fòssils com a espècies que havien desaparegut a conseqüències de grans catàstrofes, com el diluvi universal, però que no tenien cap relació amb els éssers actuals. Aquestes creences s'expliquen en el context d'una època en què es creia que l'antiguitat de la Terra era molt inferior als 4 600 milions d'anys.

A la darrerria del segle XVIII es va revifar l'interès pels fòssils, que suggerien que la Terra havia tingut una llarga història. Es va acceptar que el mar havia cobert regions que avui formen part dels continents, que en el passat van viure animals i plantes que ja no existeixen, i que les espècies actuals han sorgit en èpoques relativament recents.

El naturalista francès Cuvier, a la primeria del segle XIX, va apuntar la idea que els fòssils podrien correspondre a *espècies extingides*. Això topava frontalment amb el fixisme, que considerava del tot inconcebible que el món hagués estat diferent alguna vegada.

Per fer compatible el fixisme amb l'augment incessant d'evidències que hi aportaven els fòssils, es va idear la *teoria de les creacions successives o dels grans cataclismes*. Segons aquesta teoria, la Terra hauria estat poblada per una successió de flors i faunes independents entre si, producte d'una sèrie d'actes creadors seguits d'anihilacions catastròfiques, l'última de les quals hauria estat el diluvi universal. Es va establir que l'edat de la Terra podia ser d'uns 70 000 anys, i es van arribar a comptar fins a 27 creacions diferents.

L'**actualisme geològic**, desenvolupat per l'anglès Lyell, afirmava que els fenòmens geològics poden ser interpretats com a resultat de l'acumulació de petits canvis que es produeixen lentament, com els que s'esdevenen avui, de manera que caldria atribuir a la Terra una antiguitat més gran de la que se li havia atribuït abans.



Al segle XVII es van començar a utilitzar instruments d'observació, com el microscopi i l'ullera astronòmica.



Leonardo da Vinci, al segle XV, va rebutjar que els fòssils procedissin del diluvi universal o de la influència dels astres. Les seves idees no van tenir difusió, a causa del predomini de les concepcions errònies de l'època.



Cuvier va donar un gran impuls als estudis d'anatomia comparada i a les investigacions paleontològiques.

9. LA TEORIA DE LAMARCK

El primer naturalista que va desenvolupar una teoria general de l'evolució i en va proposar els mecanismes fou el francès Jean Baptiste de Lamarck (1744-1829). Lamarck es va oposar a la teoria fixista amb l'argument que la naturalesa ha produït gradualment els diferents grups d'éssers vius, des dels més simples fins als més complexos.

La teoria de Lamarck es fonamentava en els principis següents:

- Els éssers vius tenen una tendència innata al perfeccionament, que els permet adaptar-se als ambients més diversos.
- Llei de l'ús i la manca d'ús dels òrgans. Quan s'adapten a un ambient canviant, els organismes han d'utilitzar uns òrgans més sovint i uns altres amb menys freqüència. Això té com a conseqüència que els que s'utilitzen més tendeixen a desenvolupar-se i els que s'utilitzen menys tendeixen a atrofiar-se, de manera que els organismes es modifiquen.
- La funció crea l'òrgan. Si els canvis ambientals originen necessitats del tot noves, poden sorgir com a resposta òrgans del tot nous.
- Herència dels caràcters adquirits. Perquè els caràcters nous es perpetuïn i tinguin més desenvolupament en les generacions posteriors, han de ser hereditaris.

D'aquesta manera, per adaptació als diferents ambients, han anat sorgint, durant milions d'anys, les diferents espècies que habiten el nostre planeta.

Lamarck va defensar aquesta teoria durant tota la seva vida, però no va aconseguir gaire acceptació, perquè, tot i que exposava hipòtesis molt imaginatives, no hi podia aportar evidències capaces de confirmar-les. A més, s'enfrontava a les idees fixistes, fonamentalment a Cuvier, que gaudien de gran credibilitat.

La teoria de Lamarck és fàcil d'acceptar de manera intuïtiva i ha influït fortament en el pensament biològic posterior. No obstant això, és errònia. Tots els intents per demostrar l'herència dels caràcters adquirits, que és un argument cabdal de la teoria, han fracassat.

Avui sabem que les respostes fenotípiques a l'ambient no afecten els gens. El desenvolupament muscular dels atletes, per exemple, no afecta els seus descendents o el costum de foradar el lòbul de les orelles o de tallar la cua a determinades races de gossos no produeixen canvis que puguin ser heretats.

Projecte de l'epigenoma humà.



La teoria de Lamarck culmina les idees preevolucionistes del segle XVIII i les sobrepassa.

L'AMBIENT MODIFICA ELS GENS: L'EPIGENÈTICA

DOCUMENT

Els estudis més recents sobre com s'expressen els gens estan provant que l'ambient és capaç de modular o de modificar aquesta expressió. La nova branca científica que estudia aquests aspectes rep el nom d'*epigenètica*, que significa "a més de la genètica".

En el desenvolupament de l'ésser humà influeix la interacció de gens i ambient. A l'hora de construir un organisme, factors com la dieta, l'afecte familiar, el tabac, els estímuls intel·lectuals o la higiene acaben pesant tant o més que la dotació genètica amb la qual es neix.

Per això, és possible que organismes genèticament iguals, o clons, siguin diferents entre si, com en el cas dels bessons homozigòtics. La raó és que l'expressió de l'ADN (codi genètic) de cada organisme ha estat condicionada per factors ambientals diferents.

La pregunta que la ciència ha de respondre és aquesta: com es produeix exactament la interacció entre factors externs i gens? Els investigadors comencen a descobrir-ho, i el que troben porta, entre d'altres resultats, a la comprensió de nous mecanismes generadors de malalties com el càncer. El camp de l'epigenètica esdevé cada vegada més important, fins i tot pel que fa al desenvolupament de fàrmacs nous.

Podem dir, per tant, que el projecte epigenètic humà ha fet ja les primeres passes.

10. LA TEORIA DE DARWIN

Charles Darwin (1809-1877) va idear una **teoria de l'evolució** basada en un gran nombre d'observacions i d'evidències científiques: l'evolució de les espècies per **selecció natural**.

Darwin coneixia la pràctica de l'aparellament selectiu, consistent a elegir com a reproductors aquells exemplars en els quals destaquen les característiques desitjades. Va imaginar que en la natura podia succeir una cosa semblant a aquesta selecció artificial dirigida per l'ésser humà. Després d'anys d'observacions arribà a les conclusions següents:

- En condicions naturals, es produeix una descendència molt més que suficient. Si en sobrevisqués la totalitat, ompliria la Terra en poques generacions.
- En la naturalesa, només una minoria dels éssers nascuts aconsegueix de prosperar. El nombre d'individus d'una població roman, proximalment, constant al llarg de les generacions, i, per tant, la majoria de la descendència no ha de prosperar. Això es produeix de resultes de la manca d'aliments, per l'acció dels depredadors o per les malalties.

D'entre els milers o milions d'ous i de llavors, el fet normal és que només se'n desenvolupi una nova parella d'animals, o una nova planta, que reemplaci els seus progenitors.

- La variació és una característica de qualsevol població animal o vegetal. De l'oferta de variacions que presenta cada generació, la naturalesa en selecciona els organismes més ben adaptats a cada situació i a cada moment. Els organismes amb peculiaritats en la seva constitució o en el comportament que els confereixin més capacitat per sobreviure en aquest ambient determinat, tenen avantatge sobre els altres.
- Sobreviuen els més aptes o els més ben adaptats a un ambient en particular. Els supervivents són els que triomfen en l'anomenada *lluita per l'existència*, és a dir, en la competència per sobreviure.

La *lluita per l'existència* es presta a malentesos, i és per això que es considera més encertada l'expressió *supervivència dels més aptes o dels més ben adaptats a l'entorn*.

- Els supervivents són els progenitors de la generació següent, a la qual transmeten els trets adaptatius favorables, i així successivament.

La suma de petits avantatges, aconseguits per aquesta selecció natural en els individus de generacions posteriors, donarà lloc a les diferents adaptacions dels organismes al seu medi ambient. Com que les circumstàncies ambientals són variables, allò que en un moment donat és avantatjós (adaptatiu) pot esdevenir desfavorable en un altre moment: per això l'evolució no segueix una línia recta de perfeccionament.

Aquest raonament només té sentit si les variacions són hereditàries. Aquí Darwin hi va trobar l'únic entrebanc que no va poder resoldre, perquè encara no era conegut el mecanisme de l'herència.



El fruit d'una orquídia, per exemple, conté més d'un milió de llavors, i una ostra supera els 100 milions d'ous a cada posta.

CHARLES DARWIN

DOCUMENT

Va néixer el 12 de febrer del 1809, a Shrewsbury (Anglaterra). Malgrat que era fill i nét de metges, no va mostrar interès a continuar aquesta tradició familiar.

Darwin manifestava un gran interès per les ciències naturals. Un esdeveniment que va condicionar la seva vida fou el d'aconseguir la plaça de naturalista en el veler *Beagle*, que va fer una expedició científica de circumval·lació de la Terra, durant gairebé cinc anys.

Durant l'expedició, Darwin va anar anotant al seu diari totes les observacions realitzades. Més tard, va publicar *Viatge d'un naturalista al voltant del món*, que fou un èxit editorial. El gran nombre de dades i d'observacions el van dur a la conclusió que les espècies variaven al llarg del temps.

La idea de la selecció natural, segons explica al seu diari, se li va acudir al cap de poc temps d'haver tornat a Anglaterra, però va continuar durant més de 20 anys acumulant proves abans de publicar la seva teoria. Darwin va publicar, l'any 1859, *L'origen de les espècies*, i el 1871, *L'origen de l'home*.

No era amic dels debats i sempre es va mantenir al marge de les polèmiques suscitées per la seva obra, malgrat que va tenir en compte totes les objeccions de caràcter científic que li feien.

Darwin va morir el 1877 i va ser enterrat a l'abadia de Westminster, a prop d'Isaac Newton.



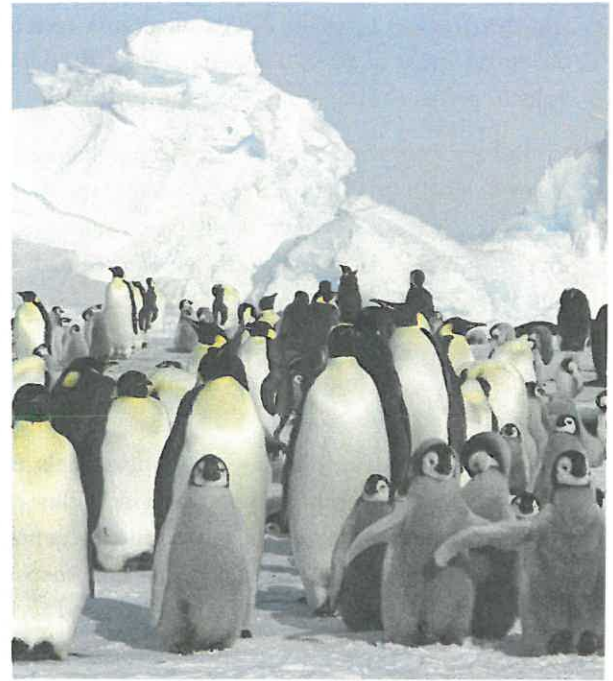
10.1 El problema de l'origen de les variacions

Darwin afirmava que la selecció natural només es manifesta si hi ha **variabilitat en els individus**, però mai no va arribar a conèixer l'origen d'aquestes **variacions** ni la manera com es transmetien. Pensava que la majoria de les variacions podien ser heretades i va arribar a admetre, com Lamarck, l'herència dels caràcters adquirits, sense que això, però, constituís l'eix de la seva teoria.

Els treballs de Mendel, que expliquen l'origen de l'herència biològica, es van publicar el 1866, però van estar oblidats fins al 1900, quan tres botànics els van tornar a descobrir independentment.

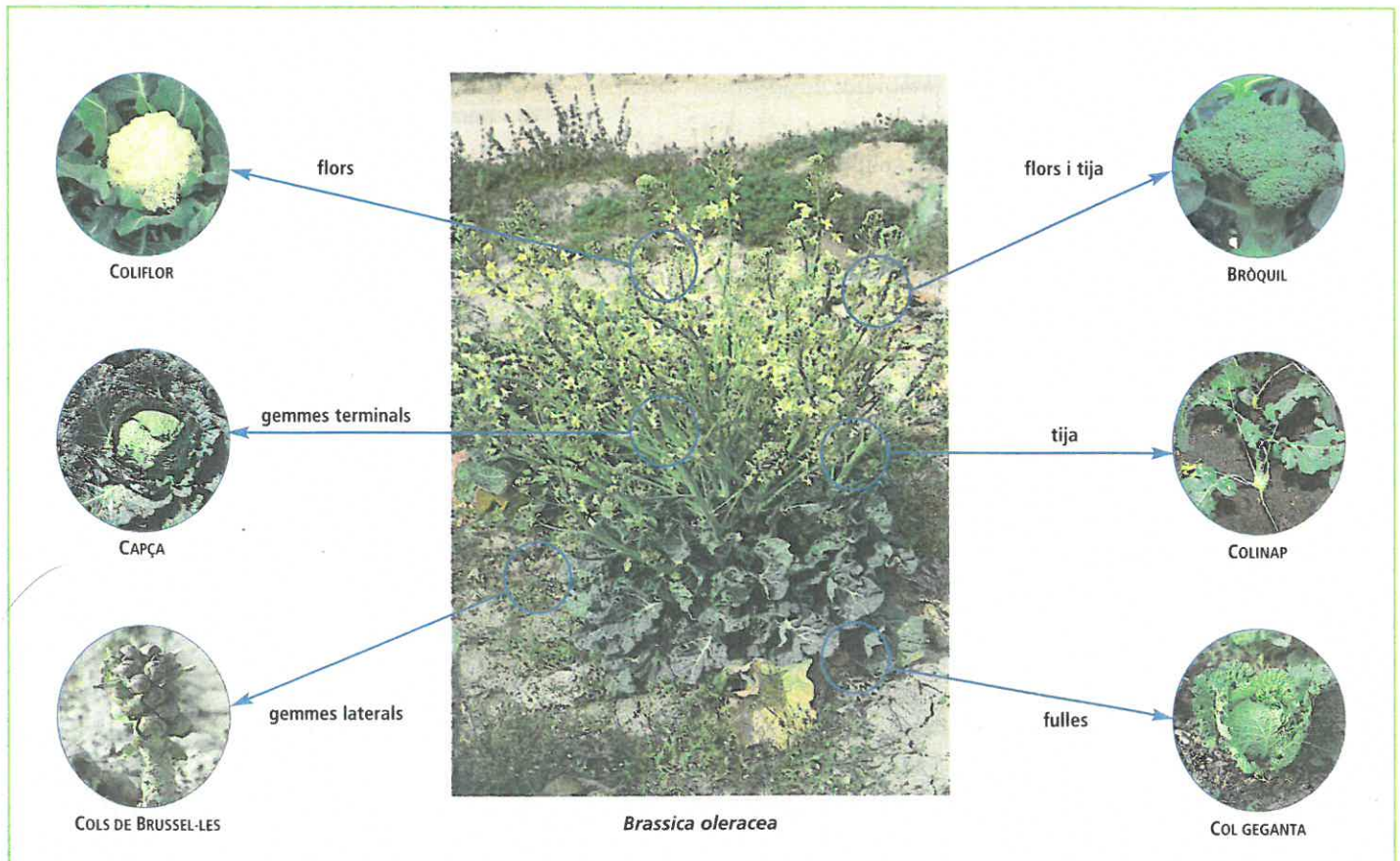
Hi ha variacions que poden ser heretades i d'altres que són degudes a l'ambient. Aquestes últimes són adquirides i, per tant, no poden ser heretades. A tall d'exemple, podem esmentar la intensitat del color del plomatge dels flamencs, que depèn de l'alimentació.

Hugo de Vries, tot estudiant espècies de plantes que mostraven variacions, va trobar, entre milers d'exemplars normals, algunes formes desconegudes fins aleshores, els descendents de les quals mantien aquestes diferències. Aquestes **variacions que podien ser heretades** les va anomenar **mutacions** i va pensar que podrien ser el substrat sobre el qual actuava la selecció natural i, per tant, una causa de l'evolució.



Entre els components d'una població hi ha variacions que permeten als individus identificar les seves parelles o les seves cries.

HORTALISSES DERIVADES, PER SELECCIÓ ARTIFICIAL, DE *BRASSICA OLERACEA*



11. EL NEODARWINISME

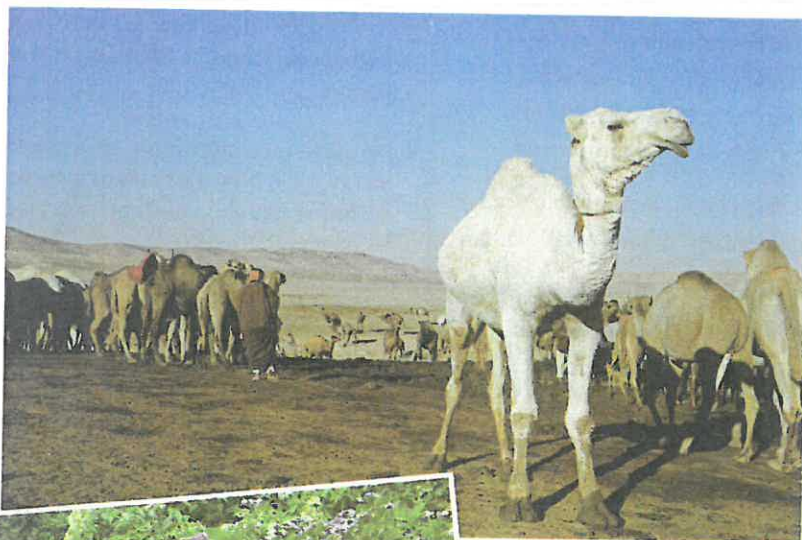
Vers el 1930, a la idea darwinista de la selecció natural s'hi van unir les aportacions de la genètica i d'altres ciències biològiques, com la paleontologia i la sistemàtica, i això va donar lloc al **neodarwinisme** o **teoria sintètica de l'evolució**.

Aquesta teoria considera que les mutacions espontànies i la **recombinació genètica** són la font de la variabilitat hereditària en les poblacions.

La selecció natural hi hauria intervingut posteriorment fent que augmentés o que minvés la proporció d'individus que les manifesten, segons que els siguin avantatjoses o no, en unes condicions ambientals determinades.

Les mutacions poden ser heretades perquè són degudes a modificacions en els gens i sempre es produeixen a l'atzar, amb independència de la possibilitat de causar un benefici o un perjudici a l'organisme i a la seva descendència.

Els organismes no poden de cap manera modificar la informació que contenen els seus gens, i només per mitjà de la ciència seria possible saber quins nucleòtids o cromosomes caldria canviar per produir l'efecte volgut.



Algunes mutacions poden originar característiques anormals, fàcilment visibles en els individus que les posseeixen.

El color de les flors de les hortènsies depèn de l'ambient; és blau en els sòls àcids i rosa en els sòls alcalins.

L'APARICIÓ DE LES ADAPTACIONS COMPLEXES

DOCUMENT

Les adaptacions són producte de l'acumulació de canvis al llarg de moltes generacions. Per exemple, al llarg del temps s'han produït variacions que perfeccionen la visió.

Alguns animals simples, com les planàries, distingeixen la intensitat lluminosa. Distingir entre llum i fosc és un avantatge, perquè permet evitar perills i explorar ambients nous.

L'ull d'alguns mol·luscs determinats percep el moviment com una imatge borrosa, i això suposa un avantatge en relació amb els mol·luscs que no poden veure cap imatge.

Els animals més evolucionats tenen ulls amb una lent que concentra la llum i que permet veure imatges nítides. Els vertebrats poden enfocar les imatges i distingir colors.

A cada etapa s'hi van produir variacions. L'estructura va esdevenir més adaptativa i va millorar la supervivència dels animals que la posseïen, que van transmetre aquests gens a la descendència.



Ull d'un pop gegant.

ACTIVITATS

- 1 Quina importància va tenir la concepció del món de Plató i d'Artístotil sobre les teories fixistes?
- 2 Explica els principis en què es basa la teoria de les creacions successives.
- 3 Per què afirmem que la teoria evolutiva de Lamarck és errònia?
- 4 A quina teoria pertany i quin és el significat real de la *lluïta per l'existència*?
- 5 Per què Darwin no va conèixer l'origen de les variacions ni la manera com es transmeten?
- 6 Quines diferències hi ha entre les mutacions i les modificacions degudes a l'ambient?

III L'ORIGEN DE L'ÉSSER HUMÀ

Fins a la fi del segle XX es considerava que els grans micos antropoides estaven emparentats entre si, però separats de l'ésser humà per una gran distància evolutiva. Avui s'admet que el ximpanzé i el bonobo (ximpanzé pigmeu) són més a prop dels éssers humans que de qualsevol de les espècies vives.

12. L'ESPÈCIE HUMANA, PRODUCTE DE L'EVOLUCIÓ

Darwin, en *L'origen de les espècies*, indica que tots els éssers vius estan relacionats entre si en una llarga sèrie que es prolonga fins a les formes de vida més primitives. En aquest moment no va manifestar la seva opinió sobre l'ésser humà, però més tard, en *L'origen de l'home*, va afirmar que l'espècie humana és també producte de l'evolució i que descendeix d'antecessors semblants als simis, que "haurien habitat les selves espesses dels països càlids".

Des del punt de vista zoològic la nostra espècie *Homo sapiens* pertany a l'Ordre Primats, la Superfamília Hominoidea i la Família Hominidae. Aquesta família dels homínids inclou l'espècie humana i els grans micos antropoides o simis (l'orangutan, el gorilla, el ximpanzé i el bonobo), així com les espècies ja extingides que hi són emparentades.

13. ELS NOSTRES AVANTPASSATS

Estudis fets amb tècniques moleculars suggereixen que les línies evolutives que van donar origen als humans i als ximpanzés es van separar definitivament fa poc més de cinc milions d'anys. No obstant això, els nostres ancestres i els dels ximpanzés podrien haver-se encreuat repetidament, després de la divergència inicial, durant un període molt llarg. Atesa l'escassa diferència genètica que ens separa, alguns investigadors proposen incloure les dues espècies de ximpanzés, juntament amb l'espècie humana, en el gènere *Homo*.

LA DESCENDÈNCIA DEL MICO

PER SABER-NE MÉS

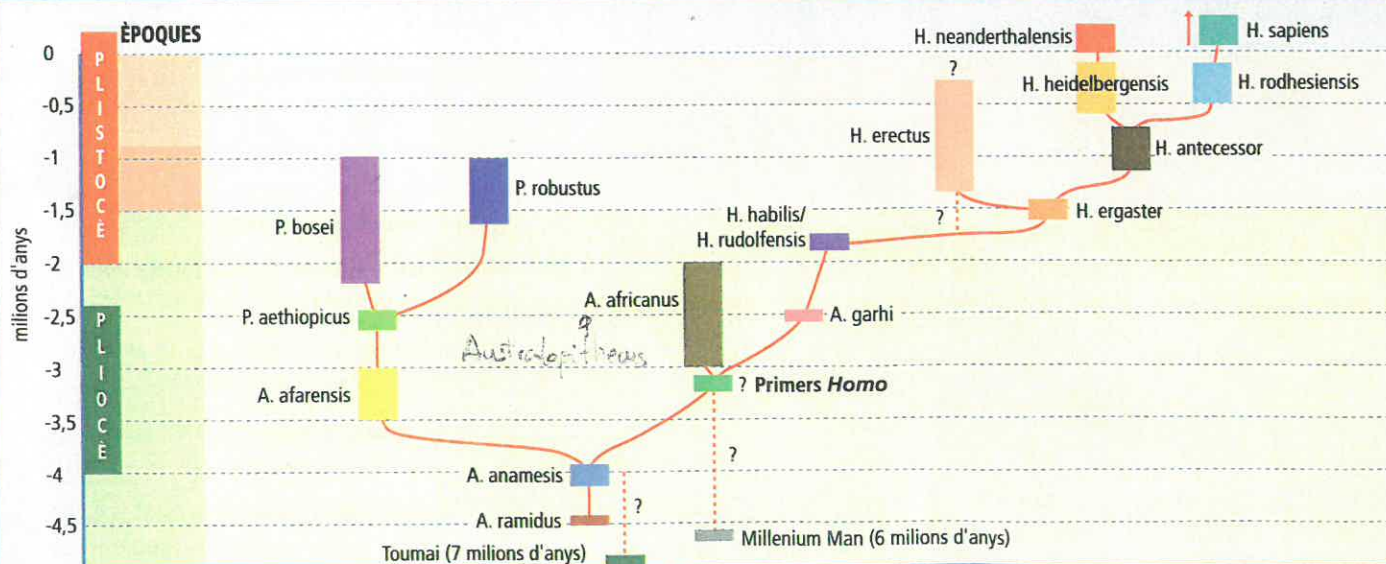
El bisbe anglicà Samuel Wilberforce va preguntar a l'evolucionista Thomas Huxley, en el transcurs d'un debat públic: "Pot tenir la bondat d' aclarir-me si vostè descendeix del mico per part de l'avi o per part de l'àvia?"

Huxley va contestar que s'estimava més tenir com a avi un mico que no pas un home intel·ligent que utilitzava les seves facultats per fer broma d'un debat científic seriós.

Linné va utilitzar la paraula primat (del llatí *primas*, el qui ocupa el primer lloc) per designar l'ordre dels mamífers que inclouria l'ésser humà i els simis. Actualment, engloba també els avantpassats comuns de tots dos, ja extingits.

- Per què creus que l'arbre genealògic de l'evolució humana s'està modificant de forma gairebé constant, sobretot les darreres dècades?

ARBRE GENEALÒGIC DELS HOMÍNIDS



La interpretació del nostre passat és una tasca difícil. Fins a la darrereria del segle XIX es creia que l'evolució de l'espècie humana havia estat lineal, des d'un primat primitiu fins a l'ésser humà actual. Es tractava de trobar la "bulla perduda". Avui sabem que és una història molt complicada, amb un gran nombre de ramificacions. Malgrat que hi hagi avui una única espècie humana a la Terra, en el passat en van coincidir unes quantes de diferents. Quines han estat avantpassats directes nostres i quines no? Sovint, cada nova troballa fòssil il·lumina un aspecte nou i alhora complica el panorama i posa en dubte les hipòtesis prèvies.

Actualment es considera que les restes més antigues d'homínids corresponen a Tumaï ("esperança de viure", el nom que es dona al Sahel als infants nascuts en l'època seca), un fòssil de fa 6-7 milions d'anys i trobat al Txad l'any 2001 i conegut amb el nom científic de *Sahelanthropus tchadensis*.

13.1 Els *Australopithecus*

Els *Australopithecus* (simis de l'Àfrica austral) constitueixen un gènere d'homínids extingits que van viure a Àfrica des de fa, aproximadament, entre 4 i 1,6 milions d'anys. Es distingien per la postura erecta i per la marxa bípeda. El seu crani era petit (al voltant de 400 cm³) i la seva intel·ligència, probablement, molt semblant a la dels ximpanzés actuals.

Des de les espècies més antigues fins a les més recents s'hi observa una tendència a l'augment del volum del crani. La locomoció bípeda permet deixar lliures els membres anteriors, de manera que la mà pot fer noves funcions associades al desenvolupament del cervell. Això suposaria situar la divergència entre la línia humana i la dels ximpanzés fa uns set milions d'anys.

El més antic dels *Australopithecus*, l'*Australopithecus anamensis*, va ser trobat a Kenya i té una antiguitat d'uns quatre milions d'anys.

Mary Leakey va trobar a les cendres volcàniques de Laetoli (Tanzània) les petjades de tres homínids que fa 3,7 milions d'anys caminaven drets per les sabanes africanes. Don Johanson i el seu equip van trobar a Hadar (Etiòpia) restes d'un grup d'homínids contemporanis dels de Laetoli, que van ser agrupats junts en una nova espècie, l'*Australopithecus afarensis* (pel triangle d'Àfar, al nord-est d'Etiòpia). Els descobriments de Laetoli i d'Hadar van demostrar clarament que la marxa bípeda va precedir l'expansió del cervell gairebé en un milió d'anys.

Una espècie més moderna, l'*Australopithecus africanus*, va viure al sud i a l'est d'Àfrica fa entre tres i dos milions d'anys. Probablement és l'espècie d'australopitec més emparentada amb els humans.

13.2 El gènere *Homo*

Fa aproximadament 2,6 milions d'anys, una crisi climàtica i ecològica va contribuir a la desaparició de l'*Australopithecus africanus*, lligat a ambients boscosos, i això va permetre la selecció d'éssers adaptats a l'explotació de medis més oberts. Els gèneres *Paranthropus* i *Homo* es van originar a la mateixa època i van conviure prop d'1,5 milions d'anys, des d'Etiòpia fins a l'extrem meridional d'Àfrica. Els homínids del gènere *Paranthropus*, inclosos de vegades entre els australopitecs, destaquen pel seu poderós aparell mastegador i constitueixen una línia independent de la que conduiria als homínids moderns.

LUCY

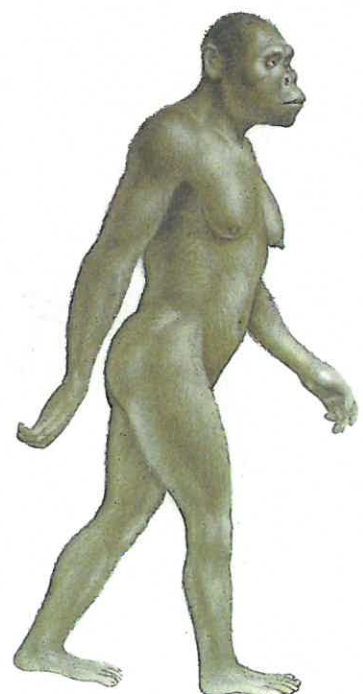
PER SABER-NE MÉS

L'equip de científics dirigit per Don Johanson va descobrir, l'any 1974, a Hadar (Etiòpia), el 40 % de l'esquelet d'una femella corresponent a l'espècie d'*Australopithecus afarensis*, que va morir molt probablement quan tenia l'edat de 20 anys.

Aquest esquelet s'ha fet cèlebre amb el nom de Lucy, inspirat en una cançó dels Beatles, *Lucy in the sky with diamonds*, que s'escoltava al campament aquells dies.

Femella d'*Australopithecus africanus*. El cap dels australopitecs s'assembla al dels gorilles o al dels ximpanzés, però se'n diferencia clarament per la petitesse de les dents canines.

- Quina és la característica més distintiva dels *Australopithecus*?
- Quins avantatges proporciona la locomoció bípeda?



El gènere *Homo* s'associa amb la capacitat de produir eines i de manifestar un comportament social. L'espècie més primitiva, l'*Homo habilis*, va aparèixer fa 2,5 milions d'anys. Era robust i àgil i tenia una capacitat craniana de 680 cm³, i amb una estatura probablement d'1,55 m. Es refugiava en coves i s'alimentava de llavors i de fruits i, ocasionalment, menjava carn.

L'*Homo ergaster* va aparèixer fa uns dos milions d'anys i mostra característiques molt semblants a les dels humans actuals. Es considera l'antecessor africà de l'*Homo erectus*, una espècie definida a partir dels fòssils procedents de l'illa de Java i de la Xina. Va desaparèixer fa un milió d'anys.

13.3 La dispersió geogràfica del gènere *Homo*

Fa aproximadament dos milions d'anys els homínids africans van ampliar el seu territori i, en la seva expansió, van arribar fins a la regió del Caucas, que aleshores tenia un clima temperat i humit que els era molt favorable.

Fins l'any 2000 s'acceptava que la primera migració dels homínids fora d'Àfrica es va dur a terme per individus de gran alçada i amb una capacitat craniana superior als 850 cm³, capaços de recórrer llargues distàncies i proveïts d'una tecnologia més complexa que la de l'*Homo habilis*.

Aquesta hipòtesi va ser rebutjada davant la troballa, a Dmanisi (Geòrgia), de cinc cranis amb una antiguitat d'1,7 milions d'anys, que evidencien que la primera sortida dels homínids d'Àfrica es va esdevenir un milió d'anys abans del que es creia.

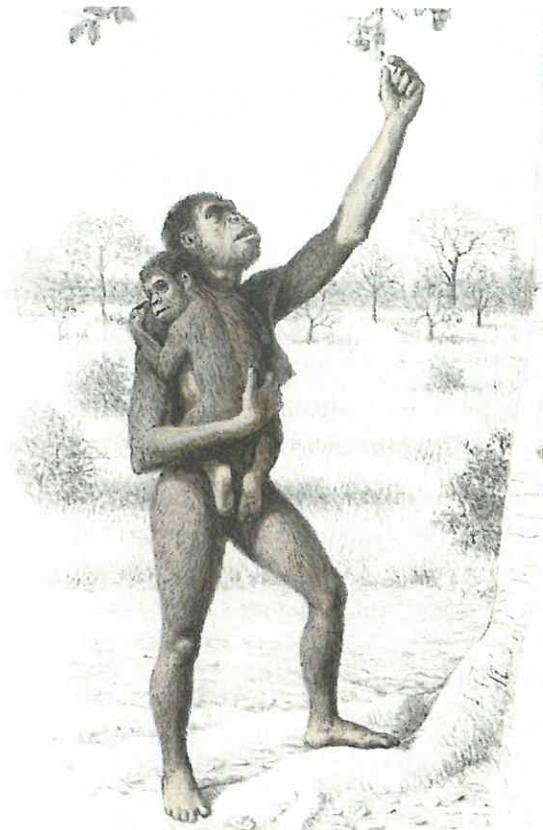
Els estris dels homínids de Dmanisi són molt primitius, i els cranis són els més petits d'un homínid trobat fora d'Àfrica (entre 600 i 800 cm³, molt lluny dels 900 cm³ que s'atribuïen als primers exploradors d'Euràsia).

L'any 2002 es va descriure l'espècie *Homo georgicus*, considerada pròxima a l'*Homo habilis*, de manera que inclogués aquests homínids de Dmanisi, segurament els primers que van sortir d'Àfrica i dels quals hauria derivat la branca asiàtica de l'*Homo erectus*.

Ocupat el Pròxim Orient, l'expansió cap a l'est s'hauria produït probablement per mitjà de poblacions petites i al llarg de corredors geogràfics estrets, i hauria donat lloc a processos de derivació genètica. L'espècie *Homo erectus*, amb 1,6 milions d'anys d'antiguitat, podria haver-se diferenciat al sud-est asiàtic.

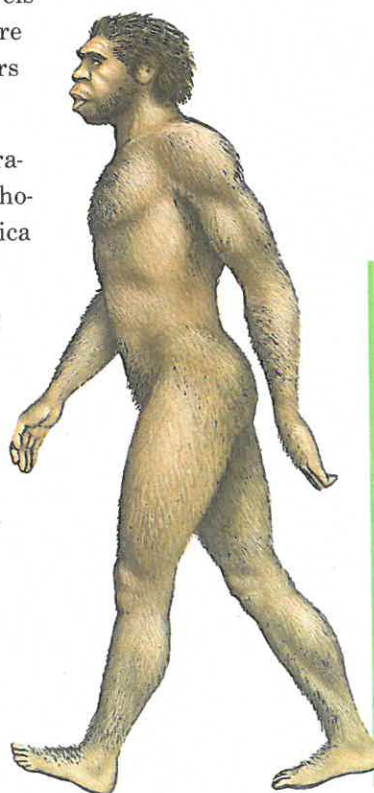


El fet evident que l'*Homo georgicus* consumís carn fou un tret cabdal per a la supervivència d'aquesta espècie i d'uns altres homínids habitants de grans latituds, sobretot a l'hivern.



Les diferències anatòmiques principals entre l'*Homo habilis* i l'*Australopithecus africanus* es basen en l'expansió cerebral i en la reducció de l'aparel mastegador.

- Indica la diferència essencial entre els gèneres *Australopithecus* i *Homo*.
- Quines característiques tenen les extremitats d'*Homo habilis*?



L'*Homo ergaster* és el primer homínid amb un aspecte semblant al nostre. La seva capacitat cranial és més gran que en els seus avantpassats. Les seves cames són més llargues els braços, més curts.

- Indica la ruta evolutiva que va conduir dels primers *Australopithecus* a l'*Homo ergaster*.
- Assenyala dues característiques essencials que distingeixen l'*Homo ergaster* de l'*Australopithecus africanus*.

13.4 Els homínids d'Atapuerca

Probablement els homínids van arribar a Europa a través de la península d'Anatòlia, cap a les regions que avui ocupen Turquia, Grècia i Bulgària.

En la seva expansió cap a l'oest, els Pirineus van ser una barrera geogràfica que potser va permetre una evolució diferenciada de les poblacions ibèriques, allunyades del seu centre d'origen, que haurien produït una nova espècie, l'*Homo antecessor* (l'home explorador).

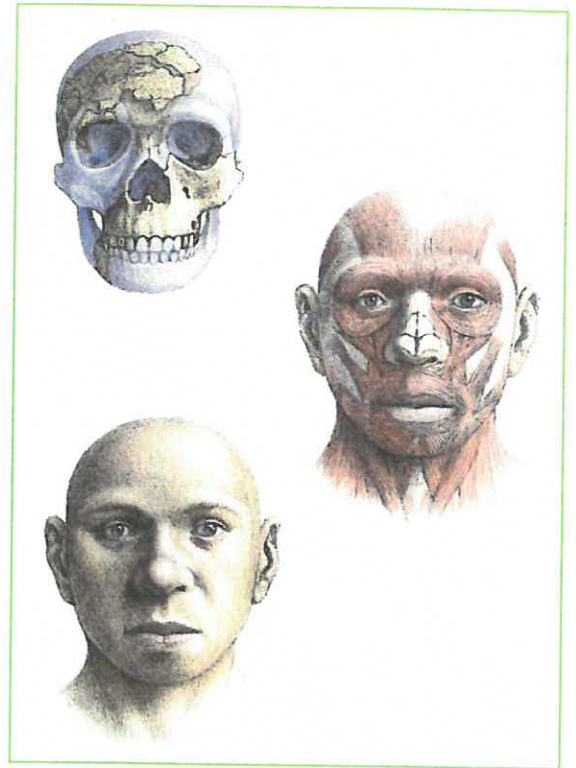
A la serralada d'Atapuerca (Burgos) s'hi fan descobriments de gran importància sobre l'evolució dels homínids a Europa. A la Sima de los Huesos, s'hi han trobat més de 6000 restes fòssils, amb una antiguitat pròxima al 300 000 anys, que pertanyen a una espècie extingida, l'*Homo heidelbergensis*.

Els fòssils de la Sima de los Huesos, de 300 000 anys d'antiguitat, fan evident que l'*Homo heidelbergensis* és una forma primitiva de l'home de Neandertal (*Homo neanderthalensis*), una línia evolutiva diferent de la que va donar lloc a la nostra espècie (*Homo sapiens*).

L'any 1994, a la Gran Dolina, s'hi van trobar fòssils que superen els 900 000 anys i l'any 1997 es va descriure l'espècie *Homo antecessor*, que ja hem esmentat i que pot ser un avantpassat comú dels humans actuals i dels neandertals.

El fragment de mandíbula i els estris de sílex trobats a la Sima del Elefante (Atapuerca), durant la campanya de l'any 2007, daten de fa 1,2 milions d'anys, de manera que cal considerar-los les restes més antigues d'Europa.

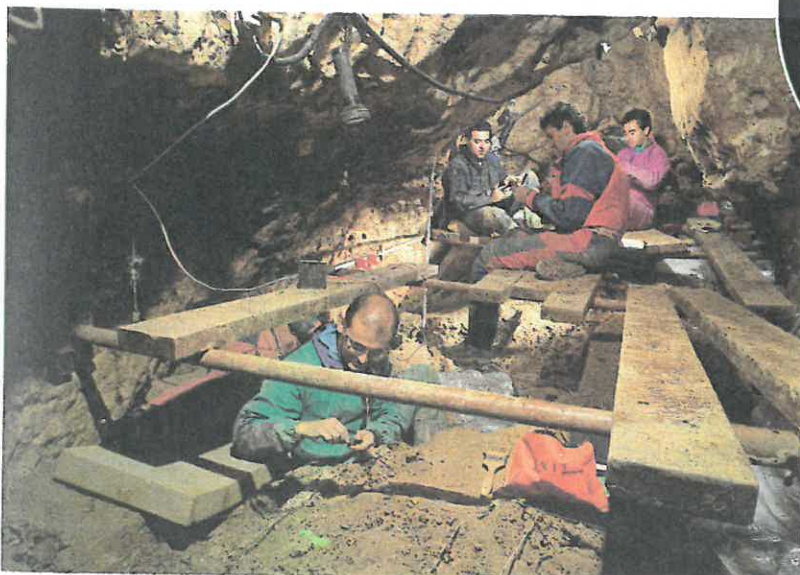
La mandíbula va ser atribuïda provisionalment a l'*Homo antecessor*. Alguns caràcters anatòmics recorden els homínids del jaciment de Dmanisi (Geòrgia), que probablement estan relacionats de manera directa amb l'ocupació d'Europa.



L'any 1997 es va descriure l'espècie *Homo antecessor* (antecessor: "pioner", aquell que precedeix els altres), que pertany als primers humans que van poblar Europa.



Destral de mà anomenada *Excalibur*, de 400 000 anys d'antiguitat, trobada l'any 1988 a la Sima de los Huesos (Atapuerca).



Excavació de la Sima de los Huesos (Atapuerca).

13.5 L'home de Neandertal

El primer fòssil de neandertal es va trobar l'any 1865 a la vall de Neandertal (Alemanya). Els neandertals es van estendre des d'Europa fins a l'Àsia central i el Pròxim Orient. Durant milers d'anys van formar, amb els homes moderns, un mosaic de poblacions entremescades. Fa uns 45 000 anys aparegué la indústria paleolítica associada amb els humans moderns que, procedents d'Àfrica, substitueixen els neandertals i s'estenen per tota la Terra.

13.6 Els primers *Homo sapiens*

Tim White i altres investigadors van publicar l'any 2003 la descripció de tres cranis molt ben conservats que van trobar al curs mitjà del riu Awash, a Etiòpia, l'any 1997. Tenien una antiguitat d'entre 160 000 i 154 000 anys i el seu aspecte era complement semblant al dels humans moderns. Fins al moment actual, es consideren les restes més antigues de la nostra espècie.

14. L'HOMINITZACIÓ

L'**hominització** és l'adquisició progressiva de les característiques morfològiques i culturals del llinatge humà, que el diferencien dels altres primats. S'hi distingeixen tres etapes fonamentals:

14.1 L'adquisició de la marxa bípeda

L'ésser humà no és pas l'únic primat que camina aguantant-se dret amb les dues cames (el gorilla i el ximpanzé poden fer-ho en determinades circumstàncies), però és l'únic per al qual el bipedisme constitueix la manera fonamental de locomoció.

14.2 L'adquisició de llenguatge

La producció del llenguatge requereix el desenvolupament de determinades àrees de l'escorça cerebral –localitzades al lòbul frontal i als parietals– més llarg juntament amb la presència d'un aparell fonador adequat. L'estudi dels fòssils revela que aquestes dues condicions estaven ja desenvolupades en els primers representants del gènere *Homo*.

La laringe dels ximpanzés es troba situada a la part alta del coll, de manera que hi deixa poc espai per a la faringe, que no pot modificar els sons emesos i només permet l'emissió de grunyits i udols. En canvi, la gran faringe humana, associada a una laringe baixa, permet transformar els sons en fonemes i en paraules.

La fabricació d'estrils per l'*Homo habilis*, fa uns dos milions d'anys, suggereix que posseïen un llenguatge molt rudimentari, però prou eficaç per transmetre informació sobre la confecció dels seus estrils elementals. Una característica essencial és que encara faltava la capacitat d'abstracció i d'anticipació de situacions.

ELS NEANDERTALS

DOCUMENT

Els neandertals es consideraven homínids salvatges, que emetien grunyts i que no tenien cultura pròpia. Aquesta idea comença a canviar amb el progrés dels descobriments científics.

Les troballes arqueològiques, unides a la paleontologia i a la biologia molecular, ofereixen la cara veritable d'una espècie, menys feres-taga, que enterrava els seus morts i que posseïa unes altres capacitats que els acosten als humans moderns.

Els neandertals tenen un aspecte exclusiu si els comparem amb d'altres homínids. Els seus cranis tenien una gran capacitat, eren allargats i amb la cara prominent, sense pòmuls. Els devem el descobriment del foc.



L'HOME DE FLORES

PER SABER-NE MÉS

Recentment s'ha descrit una nova espècie d'*Homo*, l'*Homo floresiensis* (l'home de Flores). Es distingeix per les dimensions reduïdes del cos i del cervell, i sembla que va ser contemporani dels humans moderns a l'illa indonèsia de Flores.

El descobriment de l'home de Flores ha suscitat una gran controvèrsia en la comunitat científica, i molts investigadors no admeten que es tracti d'una nova espècie i pensen que són humans moderns afectats per alguna anomalia.



El llenguatge va anar evolucionant de manera irregular amb avenços ràpids alternats amb períodes llargs d'estancament, arran de l'aparició de cada espècie d'homínid nova. No obstant això, fins a l'aparició de l'*Homo sapiens* no es va produir una evolució lingüística que pugui considerar-se significativa.

Es coneix l'existència d'un gen, anomenat FOXP2, que va evolucionar a partir d'un grup de gens que en els primers vertebrats controlaven els músculs pròxims a la cara i a la boca. Certes mutacions favorables en el gen FOXP2 podrien haver tingut un paper fonamental en l'evolució del llenguatge humà, perquè se sap que algunes mutacions negatives d'aquest gen produeixen deterioraments de la capacitat del llenguatge i dificultats greus en la parla, incorreccions gramaticals, dificultat en la pronunciació i problemes en l'expressió.

14.3 L'adquisició de tècniques d'una activitat cultural

El llenguatge i la cultura són les característiques més distintives de l'ésser humà i totes dues estan vinculades a l'evolució del cervell.

Els primers estris de pedra tallada daten de fa dos milions d'anys i s'atribueixen a l'*Homo habilis*. Altrament, l'art prehistòric, activitat cultural avançada, va aparèixer a Europa amb l'*Homo sapiens sapiens* fa a penes 35 000 anys.

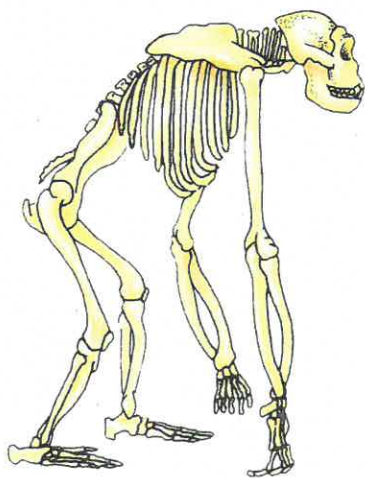


Els ximpanzés no poden articular paraules, però són capaços d'aprendre un llenguatge gestual, semblant al dels sordmuts.

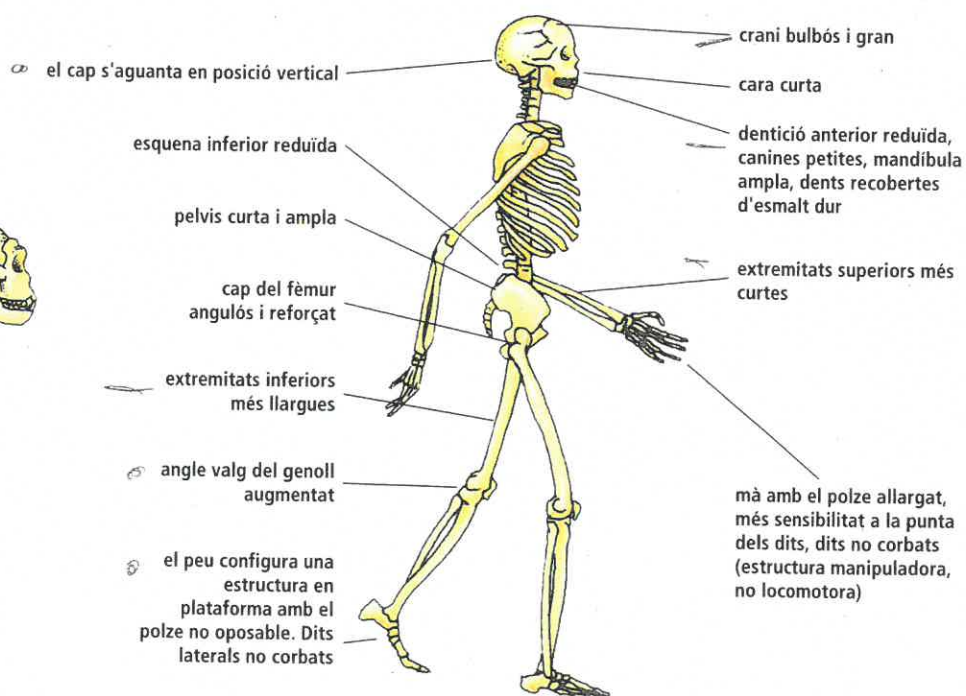
Diferències anatòmiques entre l'esquelet d'un ximpanzé i el d'un humà.

- Fixa't en l'esquema i indica quines conseqüències té la diferència entre el crani humà i el del ximpanzé.
- Esmenta les característiques anatòmiques principals que permeten la marxa bípeda en els humans.

ESQUELET DEL XIMPANZÉ



ESQUELET HUMÀ



15. ELS CANVIS GENÈTICS CONDICIONANTS DE L'ESPECIFICITAT HUMANA

15.1 Els rellotges moleculars

Els anomenats **rellotges moleculars** permeten calcular la proximitat evolutiva de les espècies. Es basen en el fet que la diferència genètica entre dues espècies depèn del temps transcorregut des que es van separar les dues línies evolutives.

La divergència genètica augmenta amb el temps, igual com passa amb les diferències morfològiques, entre dos llinatges que es van separant seguint camins evolutius diferents.

Les tècniques de comparació molecular aplicades als primats mostren, qualsevol que sigui la molècula estudiada, un parentiu estret entre l'ésser humà i els grans simis africans, i això confirma l'existència d'un antecessor comú recent entre aquestes espècies.

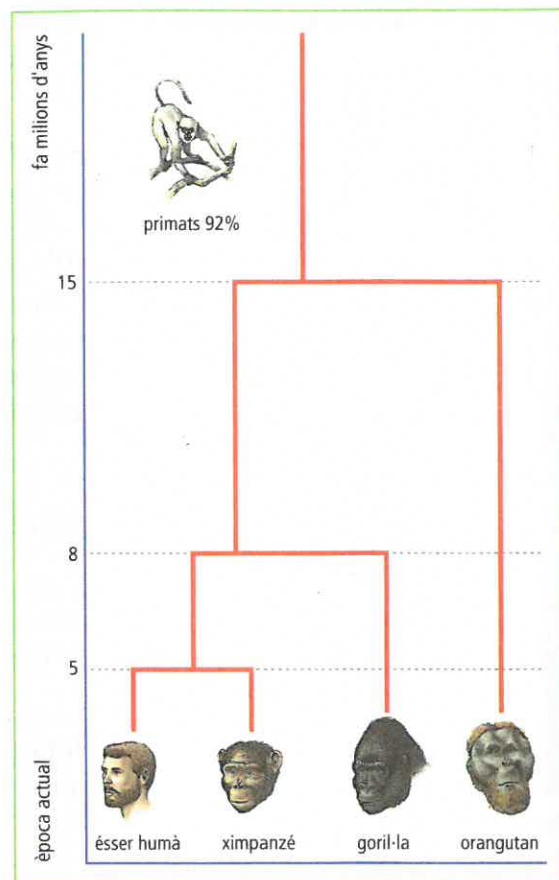
15.2 La reordenació cromosòmica i les seves conseqüències

La **reordenació cromosòmica** consisteix en intercanvis de fragments de cromosomes, en fusió de dos en un, en separació d'un en dos o en inversions dintre del mateix cromosoma.

Aquestes alteracions originen una disminució de la fecunditat dels encreuaments entre els portadors d'una reordenació i els no portadors, de manera que constitueixen una barrera genètica que podria facilitar l'aparició d'espècies noves.

Si es compara el cariotip (conjunt de cromosomes) humà amb el del ximpanzé s'hi observa una identitat perfecta en 13 cromosomes de les dues espècies. Els cromosomes no idèntics només es distingeixen per la disposició diferent d'alguns segments cromosòmics.

La fusió de dos cromosomes del ximpanzé en un sol cromosoma humà (cromosoma 2) explica la diferència del nombre de cromosomes entre el ximpanzé (48) i l'home (46).



Percentatge de coincidència quan es comparen les seqüències de bases nitrogenades de l'ADN en els primats. Les anàlisis d'ADN mostren que la divergència evolutiva entre el ximpanzé i l'ésser humà es va produir a partir de reajustaments genètics graduals, impulsats per canvis cromosòmics que van perfilar les dues espècies.

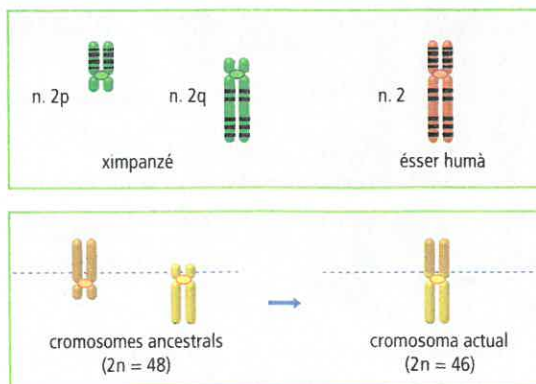
- Fixa't en el gràfic i indica els moments en què se separen les línies evolutives de l'orangutan, el goril·la, el ximpanzé i els humans.

COMPARACIÓ DEL CAROTIP HUMÀ AMB EL DEL XIMPANZÉ

DOCUMENT

Si fem la comparació del cromosoma 2 de l'ésser humà amb els cromosomes 2 del ximpanzé veiem que n'hi ha dos tipus diferents, identificats com a 2p i 2q. Es considera que l'ésser humà i el ximpanzé van tenir un antecessor comú amb 48 cromosomes. El problema consisteix a saber com es va produir el pas d'un cariotip de 48 cromosomes a un altre de 46 cromosomes.

El cromosoma 2 humà reuneix, al braç llarg, les 5 bandes del cromosoma 2q, i al braç curt, les 4 bandes del cromosoma 2p. El pas de 48 cromosomes a 46 pot ser degut a la fusió dels cromosomes 2p i 2q en un de sol. El cariotip presenta aleshores un parell menys.



La gran semblança entre el cariotip humà i el del ximpanzé en fa evident la proximitat evolutiva.

15.3 Mutacions en els gens reguladors del desenvolupament embrionari

Se sap també que alteracions petites, originades per mutacions, en els gens reguladors (que permeten que uns altres gens s'expressin o no) del desenvolupament embrionari tenen un efecte acumulatiu al llarg del creixement, que produeix finalment diferències profundes en els adults, i això podria comportar avenços evolutius importants.

Alguns autors asseguren que certes variacions d'aquest tipus aleatòries poden haver tingut una importància cabdal en l'evolució humana. Per exemple, el ritme del creixement cerebral en els primats és considerablement més gran en el període prenatal que després del naixement. Si en un primat una variació en algun dels gens reguladors del desenvolupament hagués tingut com a resultat la prolongació del ritme ràpid del creixement cerebral prenatal fins a després del naixement, el resultat seria un adult amb un cervell molt més gran que el dels seus congèneres. Per tant, un canvi petit en el material genètic podria tenir una transcendència enorme.

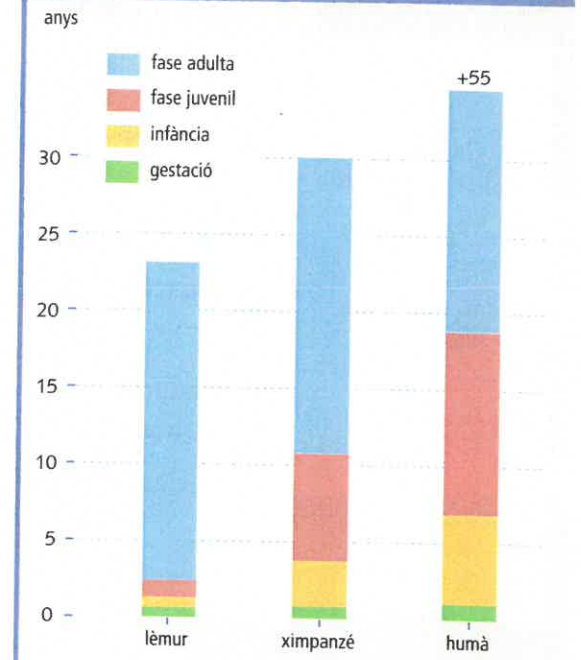
15.4 El creixement de la població i la freqüència de les mutacions

Analitzant les variacions en el genoma humà, s'ha observat que els canvis moleculars, afavorits per la selecció natural, s'han accelerat els darrers 5000 anys. Hi ha proves d'evolució recent en 1800 gens humans. La causa es considera que és deguda al creixement ràpid de la població, juntament amb grans canvis en la cultura i l'ecologia, amb noves oportunitats d'adaptació. Als darrers 10000 anys es va fent evident una ràpida evolució dental i de l'esquelet humà i en les respostes genètiques a la dieta i a les malalties.

A la Xina i a la major part d'Àfrica són pocs els humans adults que poden digerir llet fresca, mentre que el gen que permet aquesta digestió es manté actiu en els europeus durant tota la vida. Es creu que la tolerància a la lactosa va afavorir l'expansió dels habitants del nord de l'Índia fins a l'Europa occidental, fa menys de 5000 anys.

La malaltia ha estat un altre dels motors de l'evolució, sobretot després del naixement de les ciutats. S'han detectat més de 20 mutacions que afavoreixen la resistència a la malària, i un gen -que va sorgir fa 4000 anys i que està present en el 10% dels europeus- confereix resistència al VIH (virus de la immunodeficiència humana).

DURADA DE LES DIVERSES ETAPES DE LA VIDA



DROSÒFILA

PER SABER-NE MÉS

En el curs del seu desenvolupament, la larva de drosòfila apareix dividida en segments que corresponen als anells del cos de l'adult. Aquesta organització inicial i la diferenciació posterior dels òrgans estan controlats per uns gens determinats, les mutacions dels quals originen un desenvolupament anormal en el qual es produeix el reemplaçament d'un òrgan per un altre. Així, per exemple, els balancins (òrgans de l'equilibri durant el vol) poden ser reemplaçats per un parell de potes. De la mateixa manera, les antenes poden ser reemplaçades per un segon parell de potes. Aquest tipus de gens també es troben en els vertebrats.



ACTIVITATS

- 1 Com explicaries l'afirmació, atribuïda a Darwin, que *l'home descendeix del mico*?
- 2 En l'evolució dels homínids, què va ser anterior en el temps, el desenvolupament del cervell o la marxa bípeda?
- 3 Quina és la importància científica de l'*Homo antecessor*?
- 4 Esmenta les etapes principals de l'hominització.
- 5 Què són els rellotges moleculars i quina importància tenen en l'estudi de l'evolució?
- 6 Quina és la transcendència de la mutació en els gens reguladors del desenvolupament embrionari?