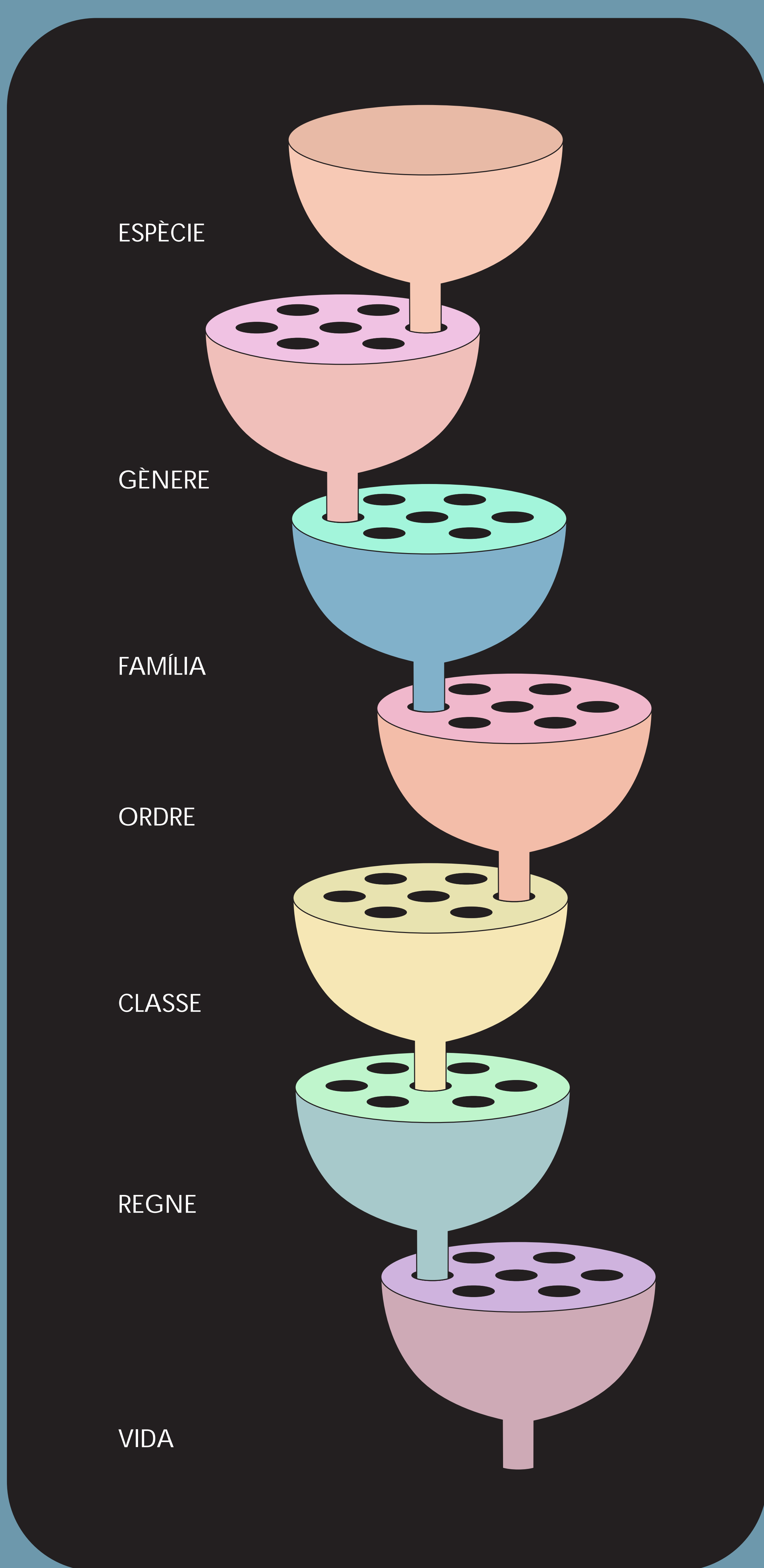


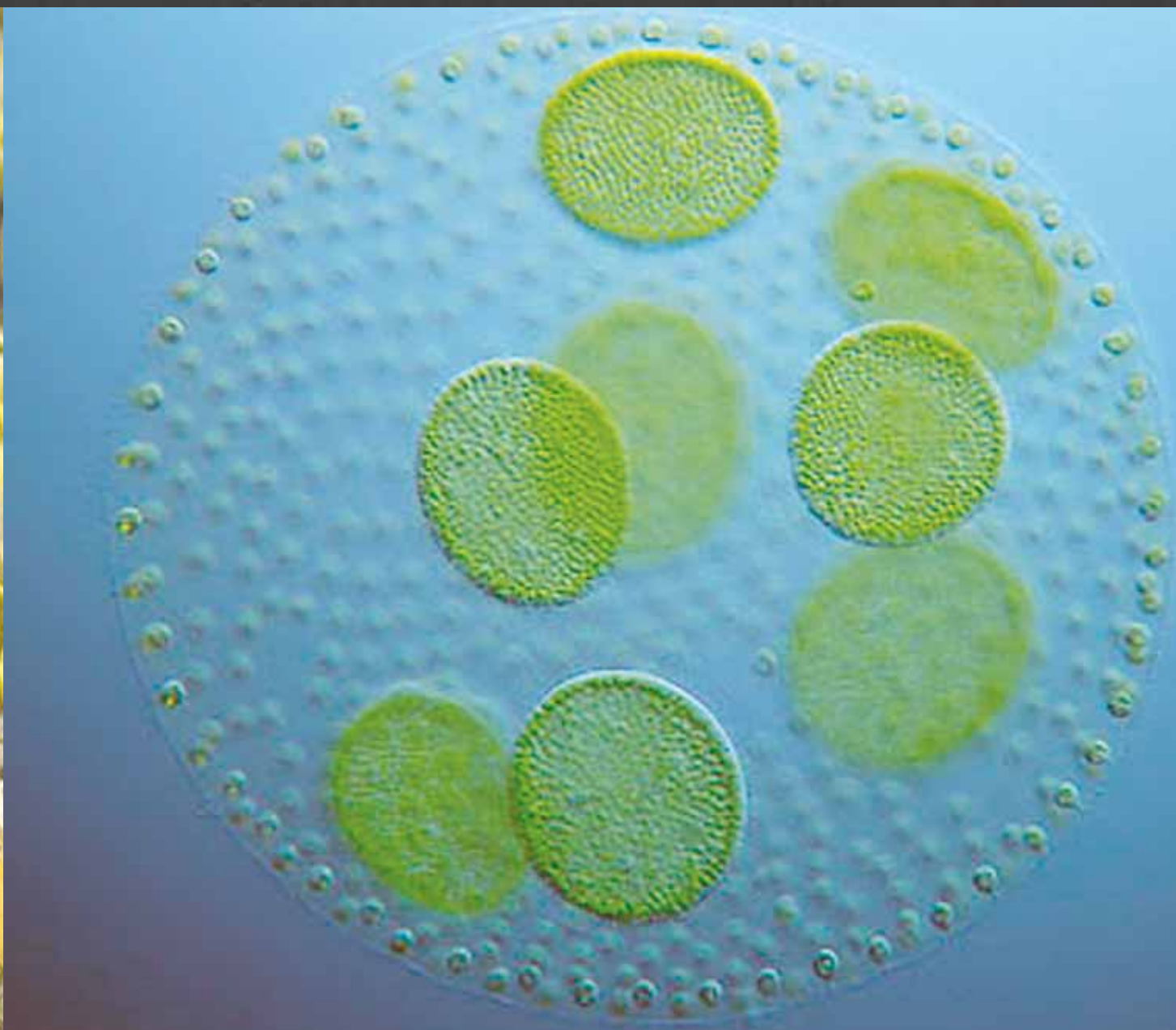
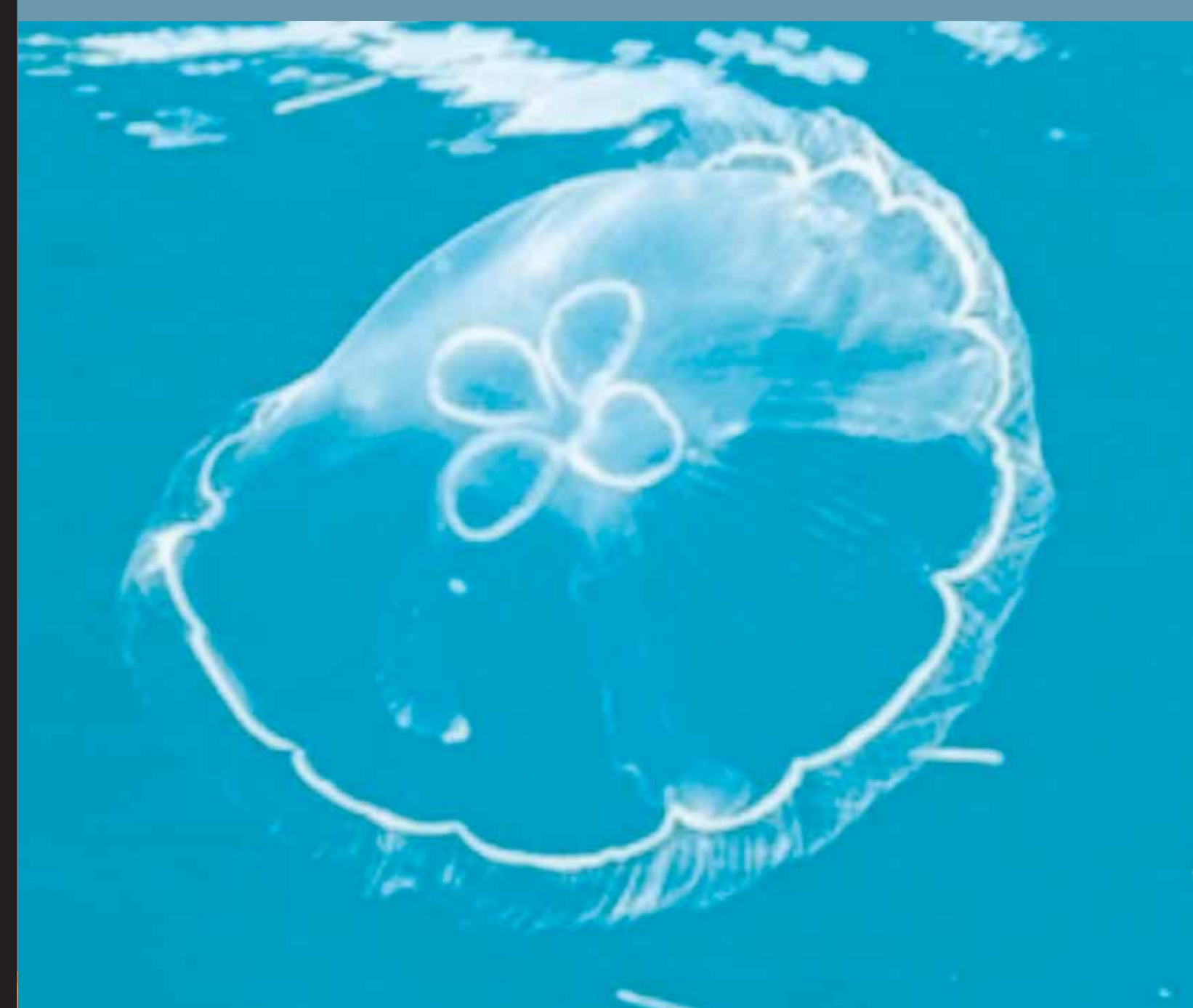
# Interminables formes

NO TENIM UNA DEFINICIÓ CONCLOENT DEL QUE ÉS UNA ESPÈCIE, I POTSER SEMPRE SERÀ UNA QÜESTIÓ A DEBAT. A MÉS, AQUESTA DEFINICIÓ NO POT SER LA MATEIXA PER ALS MICROORGANISMES QUE PER ALS ANIMALS. PERÒ EN LA MAJORIA DELS CASOS TENIM MANERES DE DISTINGIR UNES ESPÈCIES D'UNES ALTRES. TOTS ELS INDIVIDUS D'UNA MATEIXA ESPÈCIE S'ASSEMBLEN MÉS ENTRE SI QUE QUALSEVOL D'ELLS ALS D'UNA ALTRA ESPÈCIE. AQUESTA SEMBLANÇA NO ÉS NOMÉS MORFOLÒGICA.



Els individus que pertanyen a una mateixa espècie estan més pròxims genèticament, de tal manera que només poden reproduir-se entre ells. Les espècies estan aïllades reproductivament les unes de les altres. Totes les espècies actuals deriven d'unes altres que visqueren en el passat. Les espècies són unitats bàsiques de la classificació biològica. També representen la unitat de diversitat en la natura. Actualment calculem que s'han descrit entre 1.500.000 i 2.000.000 d'espècies diferents. Però algunes estimacions parlen de xifres entre 10.000.000 i 100.000.000. Cada espècie representa una col·lecció irrepètible de gens, de trets, d'adaptacions. I cadascuna representa el punt final d'un llinatge evolutiu que, sense cap interrupció, ens portaria fins a l'origen de la vida.

Cada espècie té un paper en l'ecosistema. Quan una espècie hi és introduïda o n'és eliminada, les conseqüències hi poden ser devastadores.

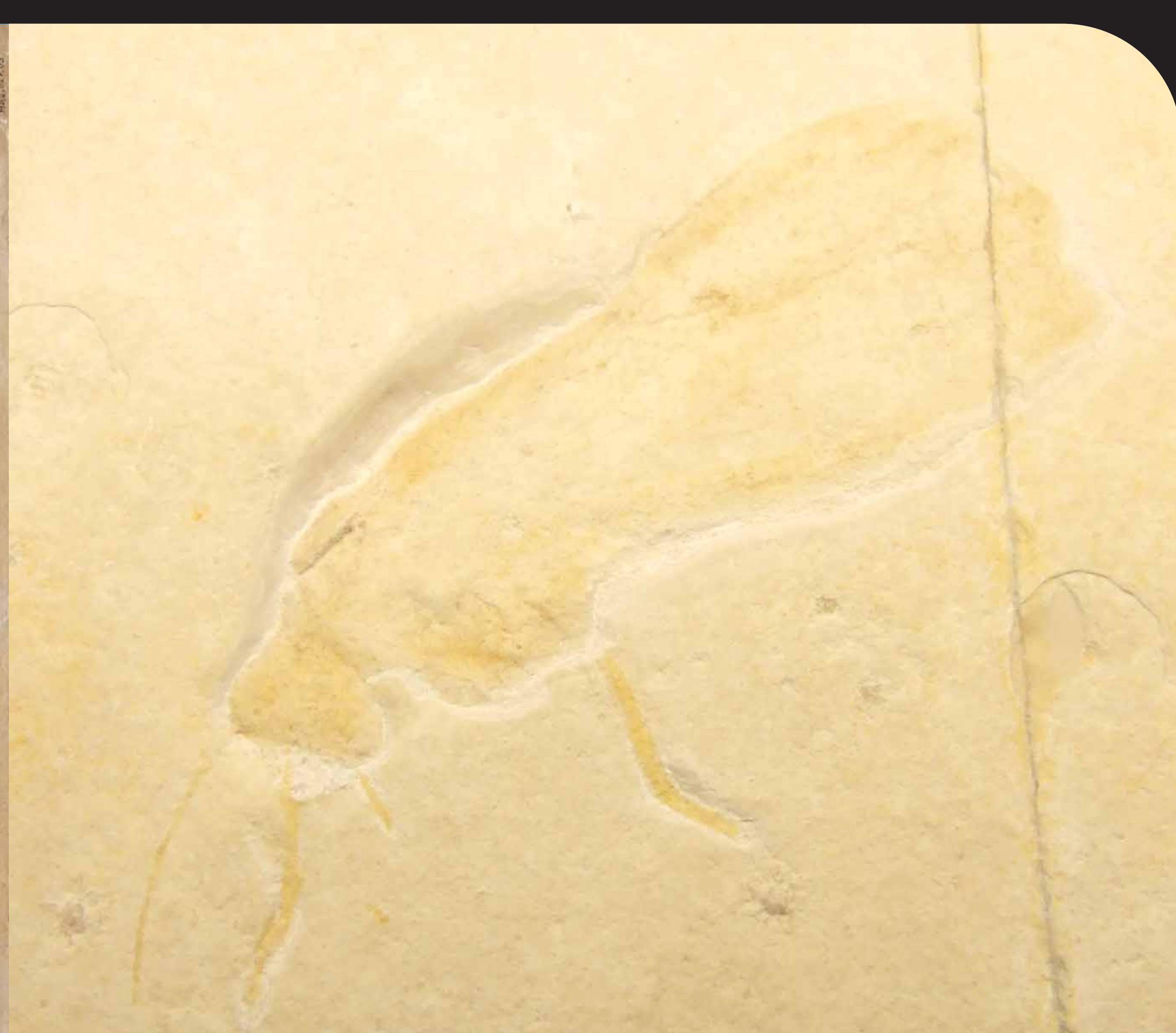
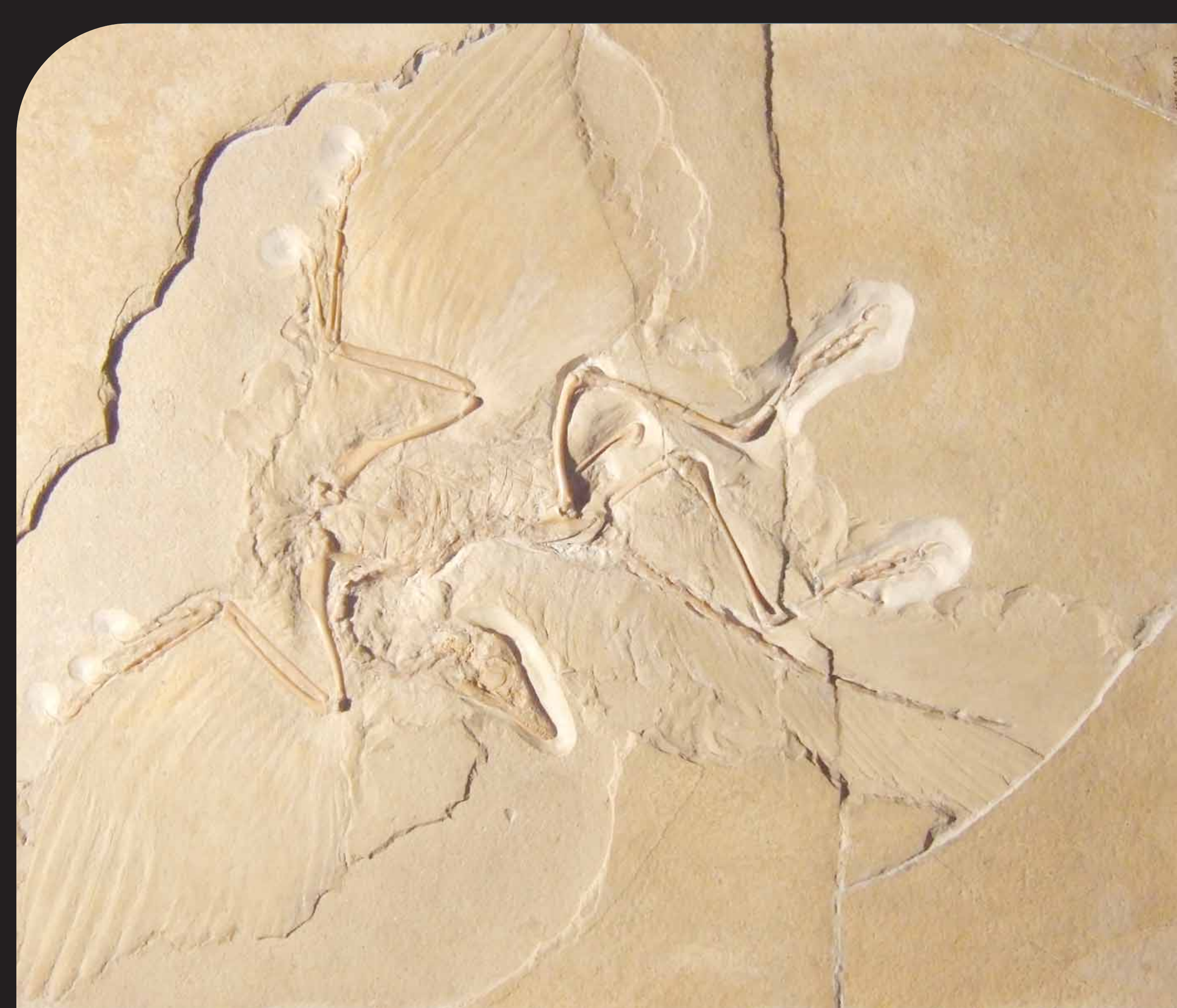






# Missatges del passat

ELS FÒSSILS SÓN RESTES O SENYALS D'ACTIVITAT D'ORGANISMES DEL PASSAT QUE HAN ARRIBAT FINS ALS NOSTRES DIES EN UN ESTAT DE CONSERVACIÓ QUE ENS PERMET IDENTIFICAR-LOS. REPRESENTEN EL TESTIMONI QUE LA VIDA HA CANVIAT AL LLARG DEL TEMPS I DE L'APARICIÓ I DESAPARICIÓ (EXTINCIÓ) D'ESPÈCIES. ALGUN DIA ELS HUMANS TAMBÉ SERAN UNA ESPÈCIE FÒSSIL.

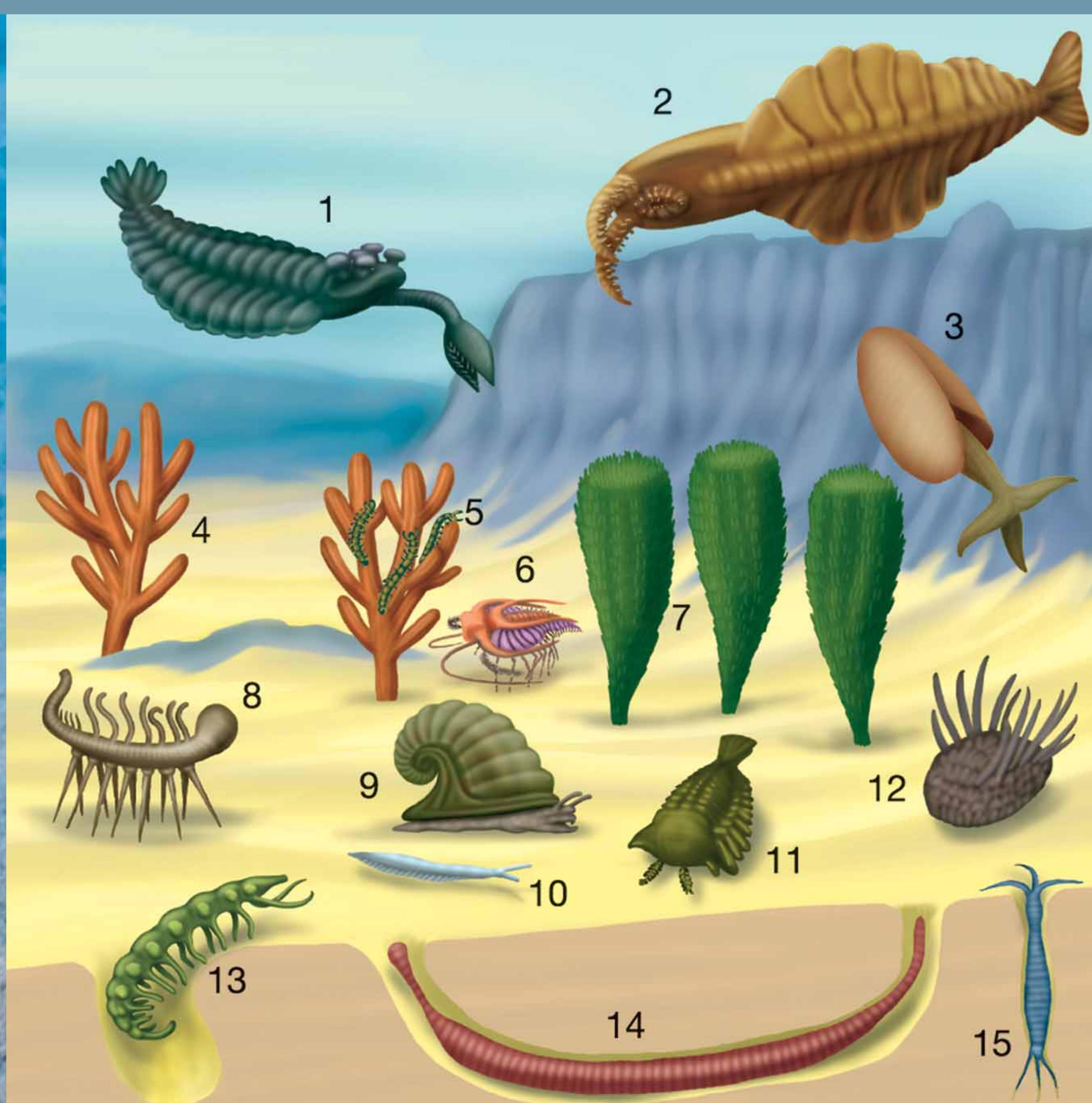
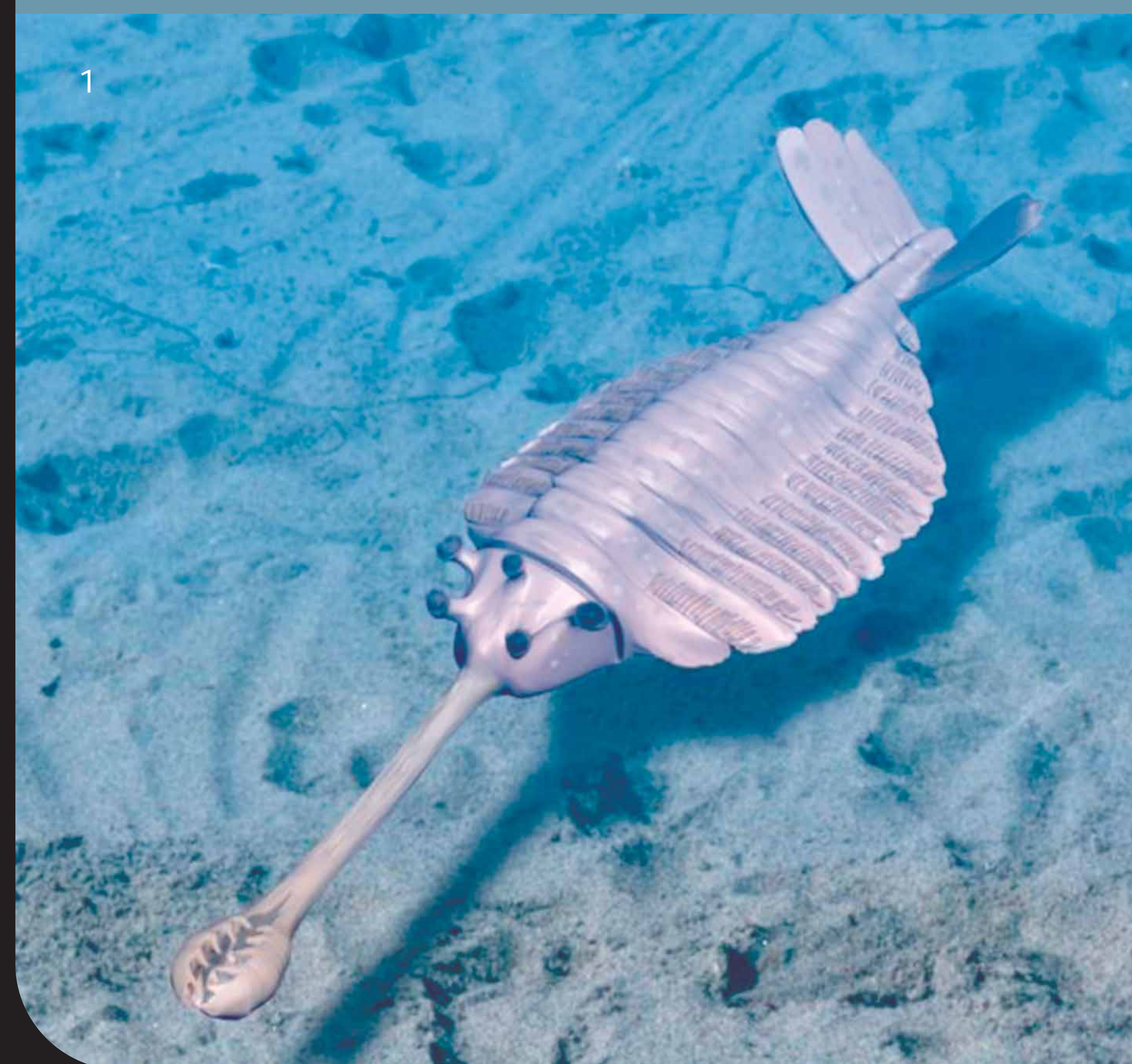


El registre fòssil és una eina important per a la reconstrucció de la història evolutiva i inclou des d'organismes microscòpics fins a mamífers i rèptils de grandària colossal. Si bé el registre fòssil d'animals començà fa poc menys de 600 milions d'anys, el rastre de la vida a la Terra es pot seguir fins a roques de més de 3.000 milions d'anys.

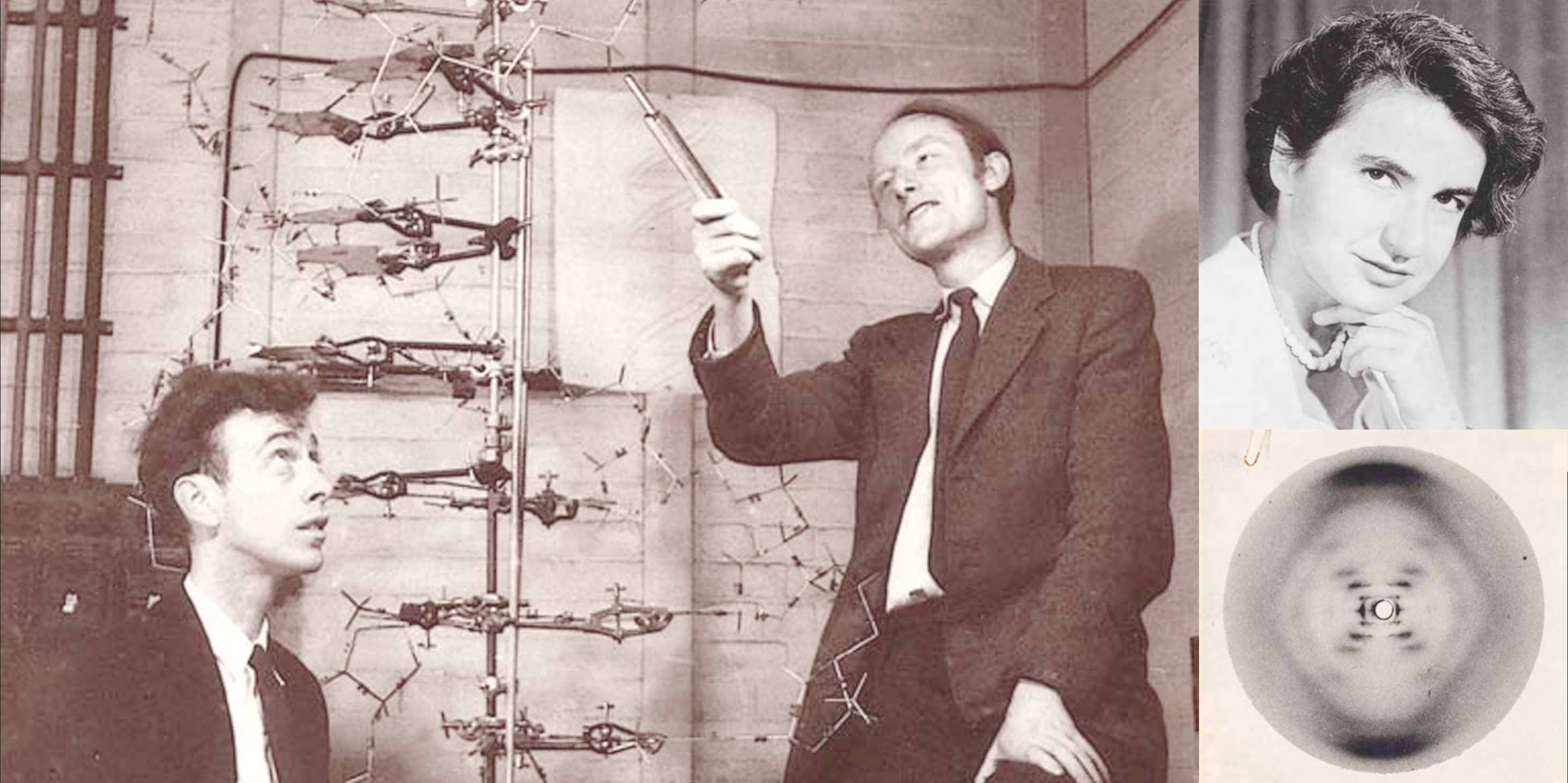
*Opabinia regalis* (1), descobert en un jaciment de fòssils excepcionalment preservat a la Colúmbia Britànica, era un depredador actiu amb el cos segmentat, una probòscide i cinc ulls. No tenim cap grup animal actual

al qual assignar aquest organisme però ens dóna informació valuosa de com foren els avantpassats dels actuals artròpodes (crustacis, miriàpodes, insectes, aràcnids) fa 540 milions d'anys.

1. Opabinia 2. Anomalocaris 3. Canadaspis 4. Vanuxia 5. Aysheaia 6. Marrella 7. Archaecyathids 8. Hallucigenia 9. Latouchella 10. Pikaia 11. Sidneya 12. Wiwaxia 13. Microdyction 14. Louisella 15. Burgessochaeta





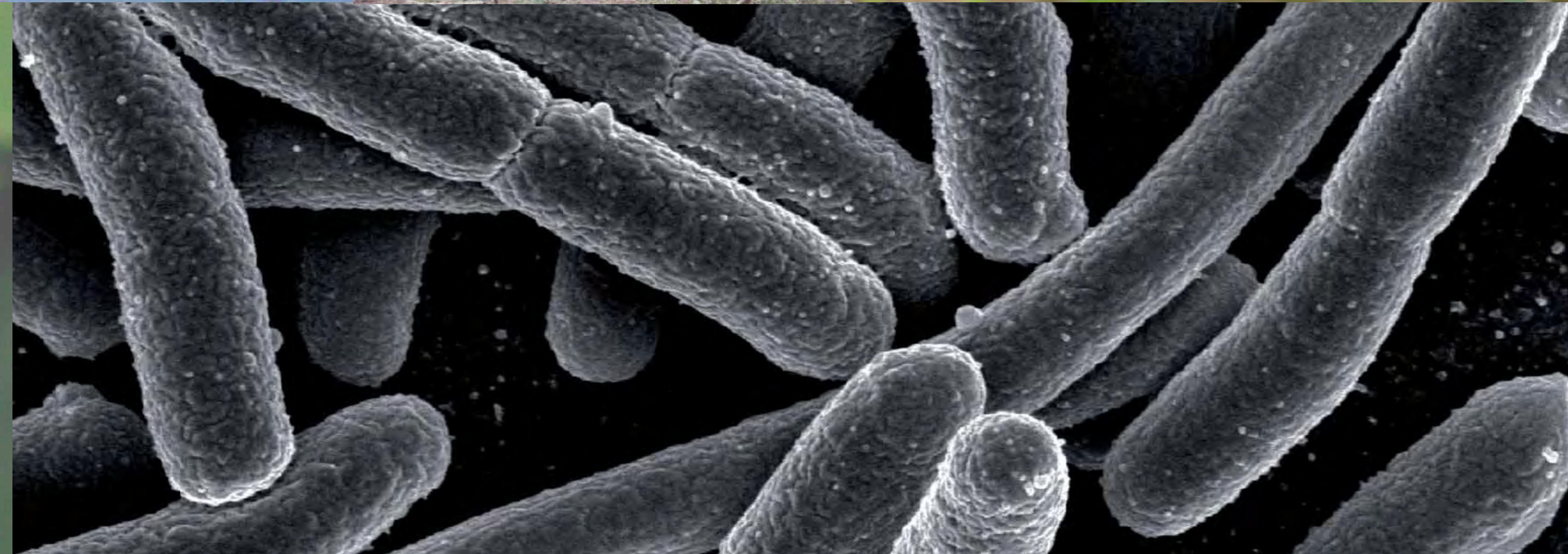


# Molècules al servei de l'herència

ELS GENS CONTENEN INFORMACIÓ HEREDITÀRIA QUE ES TRANSMET D'UNES GENERACIONS A UNES ALTRES. LA MOLÈCULA PORTADORA DE LA INFORMACIÓ GENÈTICA ÉS L'ÀCID DESOXIRIBONUCLEIC (DNA). EL DNA ÉS UNA MOLÈCULA ALLARGADA I EN FORMA DE DOBLE HÈLIX. GRAN PART DE LA INFORMACIÓ NECESSÀRIA PER AL DESENVOLUPAMENT I EL FUNCIONAMENT DE TOTS ELS ÉSSERS VIUS ES TROBA CONTINGUDA EN AQUESTA MOLÈCULA IMPRESSIONANT.

L'estructura del DNA és determinada per la seua composició. Es tracta d'un polímer constituït per una successió d'àcid fosfòric i d'un sucre, la desoxiribosa. Aquesta successió constitueix la part externa de la molècula (1).

La part central conté unes molècules anomenades "bases nitrogenades" que s'acoblen entre elles com si es tractés dels esglaons d'una escala (2). L'alfabet genètic està constituït per quatre bases nitrogenades: Adenina, Timina, Guanina i Citosina. La seqüència de les bases determina el missatge genètic de la mateixa manera que la seqüència de les lletres de l'alfabet determina un text escrit. El material genètic és un veritable document històric: en l'estructura del DNA de cada organisme es troba registrada la seua història evolutiva.







# Les diferències són importants

LES DIFERÈNCIES QUE PODEM TROBAR ENTRE INDIVIDUS DE LA MATEIXA ESPÈCIE, DE LA MATEIXA POBLACIÓ I, FINS I TOT, DE LA MATEIXA FAMÍLIA SÓN CONSEQÜÈNCIA DE LA VARIABILITAT GENÈTICA. SI LA INFORMACIÓ GENÈTICA FOS TRANSMESA A LA DESCENDÈNCIA DE MANERA EXACTA, LA REPRODUCCIÓ DONARIA INDIVIDUS IDÈNTICS AL PROGENITOR I IDÈNTICS ENTRE SI. AMB L'EXCEPCIÓ DELS BESSONS I DELS ORGANISMES QUE ES REPRODUEIXEN ASEXUALMENT, ELS GERMANS MAI NO SÓN IDÈNTICS. LA VARIABILITAT ÉS FONAMENTAL EN LA EVOLUCIÓ, JA QUE PRODUEIX LA DIVERSITAT SOBRE LA QUAL ACTUARÀ LA SELECCIÓ.



Una font de variabilitat genètica és la reproducció sexual. Quan la reproducció es produeix en absència de sexualitat el resultat que dóna és un organisme idèntic al progenitor: un clon. Però quan la reproducció es produeix per un mecanisme sexual, els descendents no són mai idèntics als progenitors, ni entre ells mateixos. Cadascun dels descendents té una barreja aleatòria de gens: una meitat del pare i una meitat de la mare. El

mecanisme que fa possible aquesta variació es diu recombinació genètica, un fenomen que es dóna durant la producció d'òvuls i espermatozoides. El resultat és impredecible, variable, de vegades inviable, però assegura una descendència variada. Quan una població presenta una important variabilitat genètica està més preparada per a adaptar-se als canvis ambientals que puguen aparèixer.







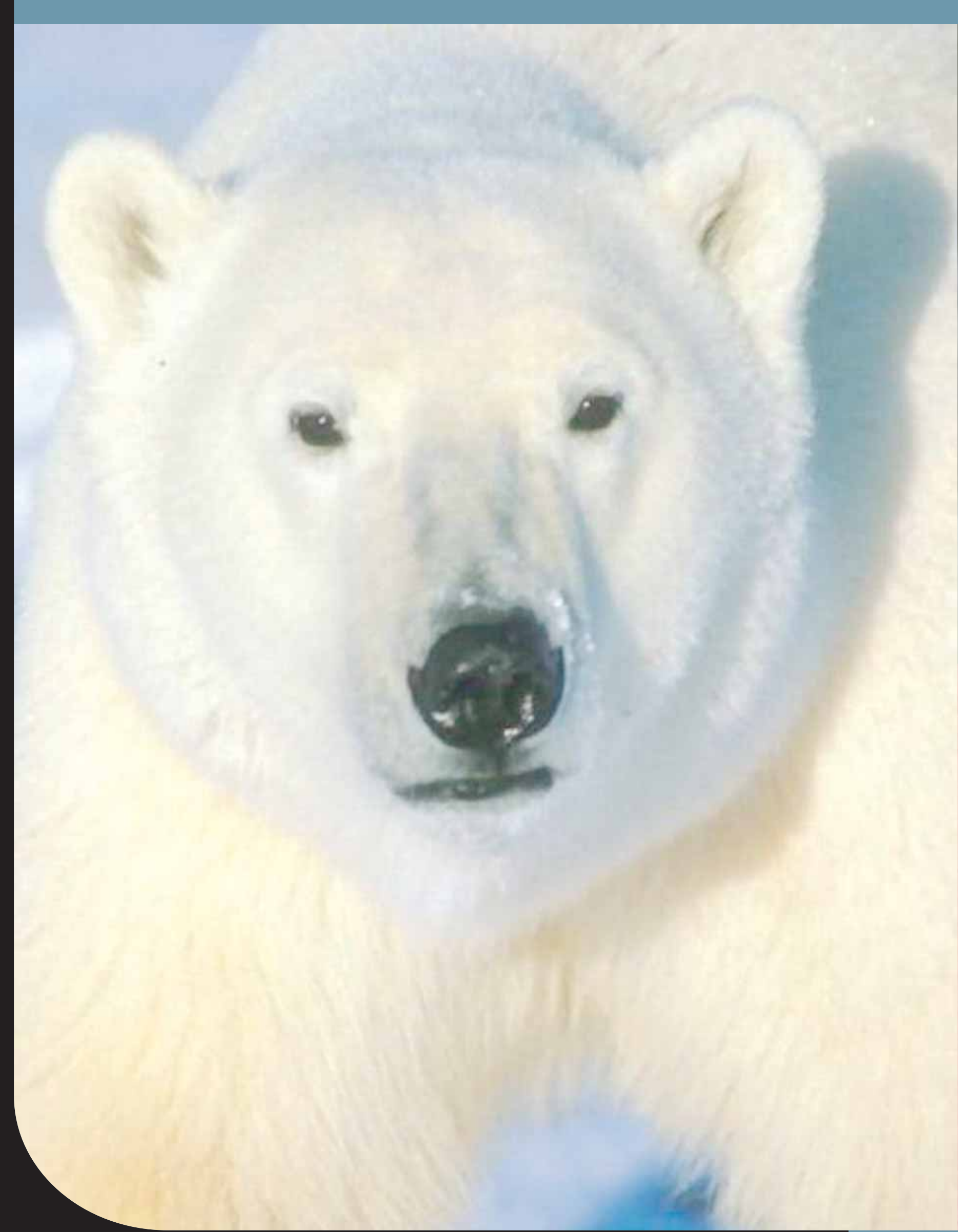
# Alteracions del missatge genètic

LA REPRODUCCIÓ SEXUAL NO ÉS L'ÚNICA FORÇA PRODUCTORA DE VARIABILITAT. FINS I TOT EN ABSENCIA DE REPRODUCCIÓ SEXUAL LA SEQÜÈNCIA GENÈTICA CANVIA. EL DNA NO ÉS MÉS QUE UNA MOLÈCULA ORGÀNICA I HI HA SITUACIONS EN QUÈ POT ALTERAR-SE. AQUESTES ALTERACIONS S'ANOMENEN MUTACIONS. COM QUE LES MUTACIONS AFECTEN PER DESIGUAL ELS DIFERENTS INDIVIDUS DE LA POBLACIÓ, DE NOU EL RESULTAT ÉS IMPREDICTIBLE I ÉS UNA FONT CONSTANT DE VARIABILITAT.

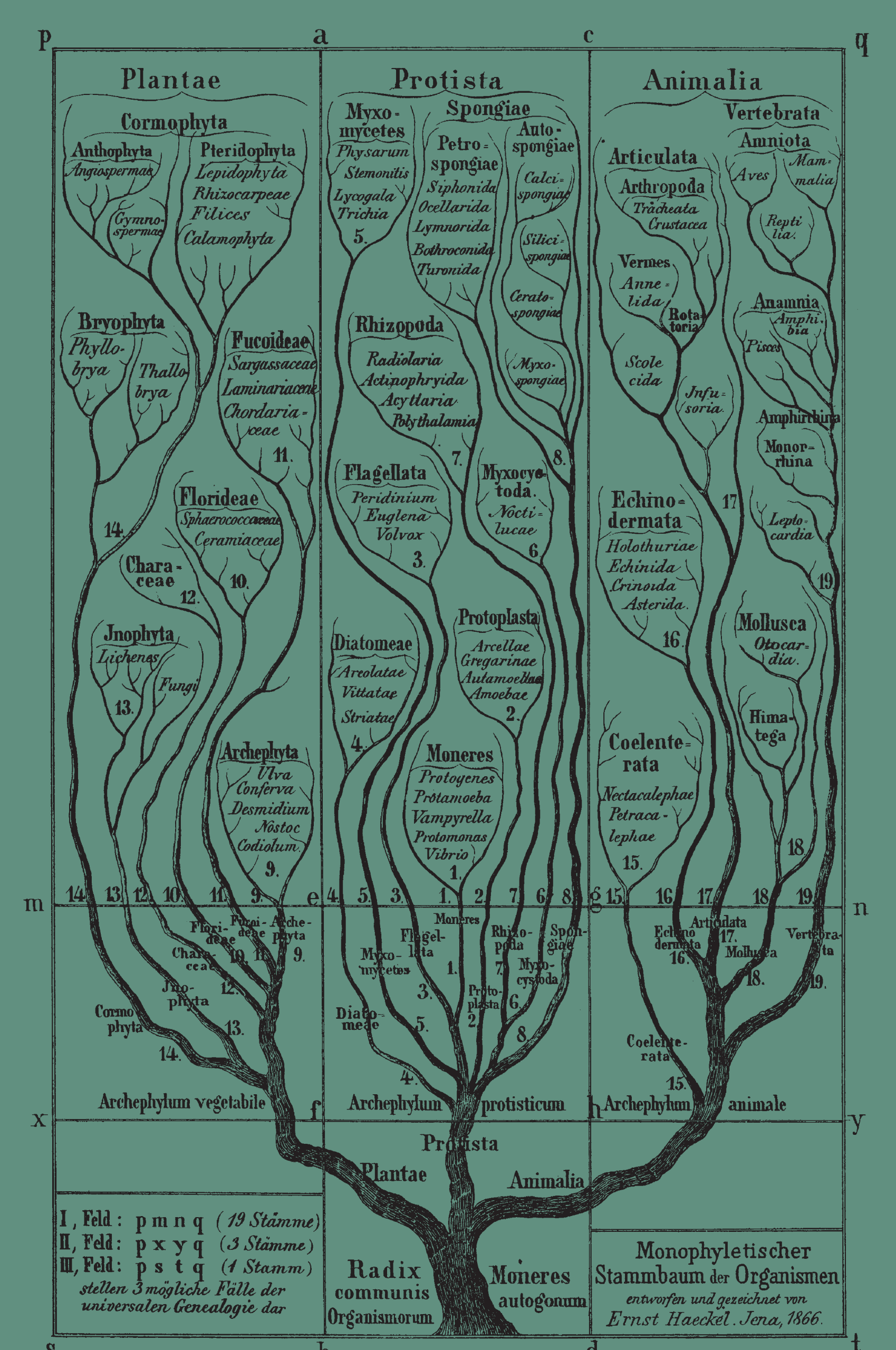
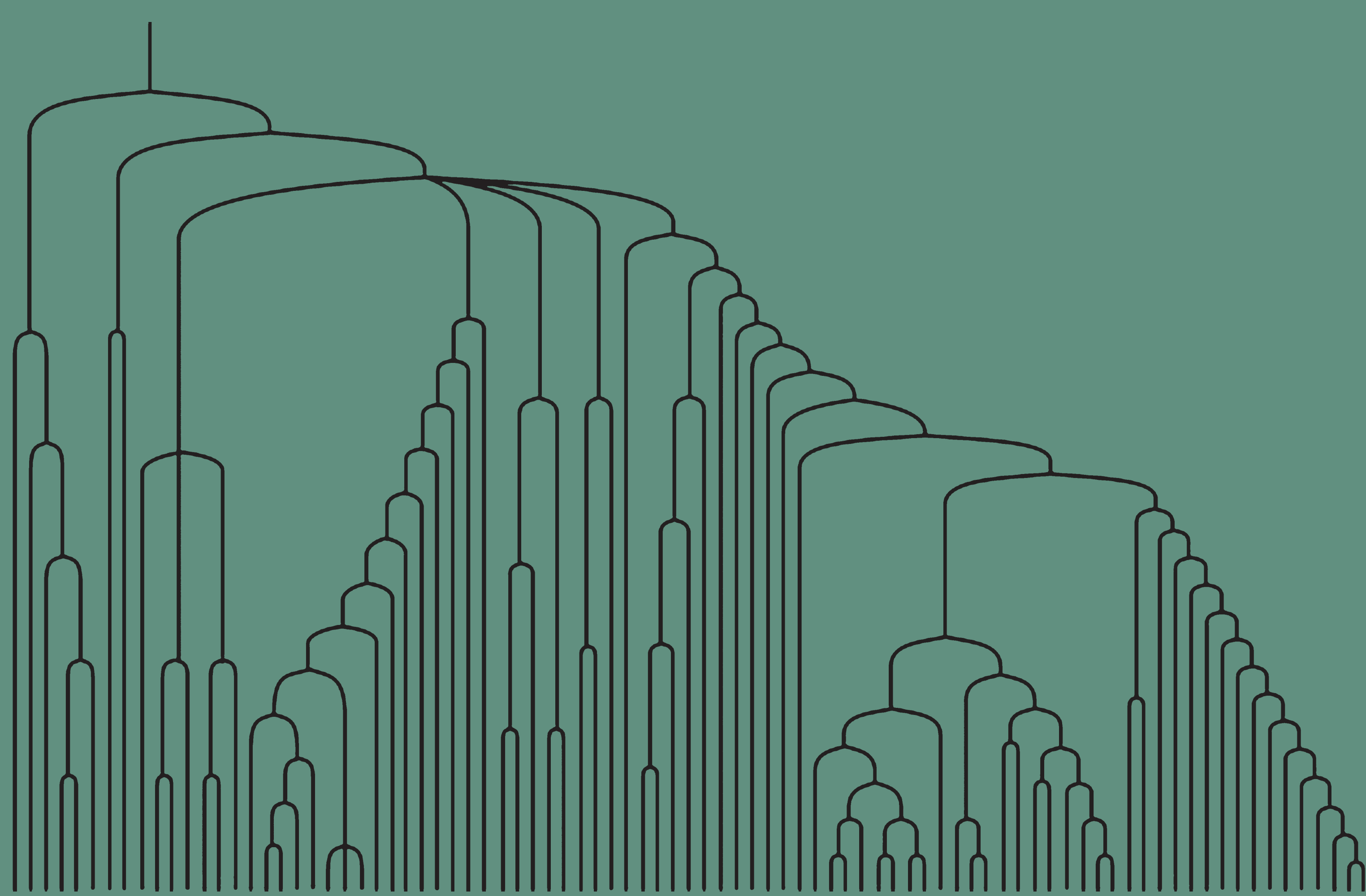


Poden produir-se per errades en el procés de còpia o per agents externs com la radiació ultravioletada, la radioactivitat o els composts químics. Les mutacions es transmeten a la descendència, com és el cas de l'albinisme. El melanoma és un exemple d'una greu malaltia de la pell deguda a una mutació causada per l'exposició excessiva a la radiació solar: algunes mutacions poden tenir unes conseqüències nocives i fins i tot letals. Però la immensa majoria de les mutacions o són

totalment irrelevants o els sistemes de reparació del DNA són capaces de neutralitzar-les. Les mutacions són acumulatives, algunes mutacions poden ser massives o bé produir-se en seqüències de DNA de gran rellevància pel seu caràcter regulador. Per exemple, la síndrome de Down és conseqüència d'una duplicació extra d'un cromosoma sencer (el cromosoma 21). El resultat de les mutacions al llarg o curt termini és en qualsevol cas sempre una alteració del missatge genètic original.

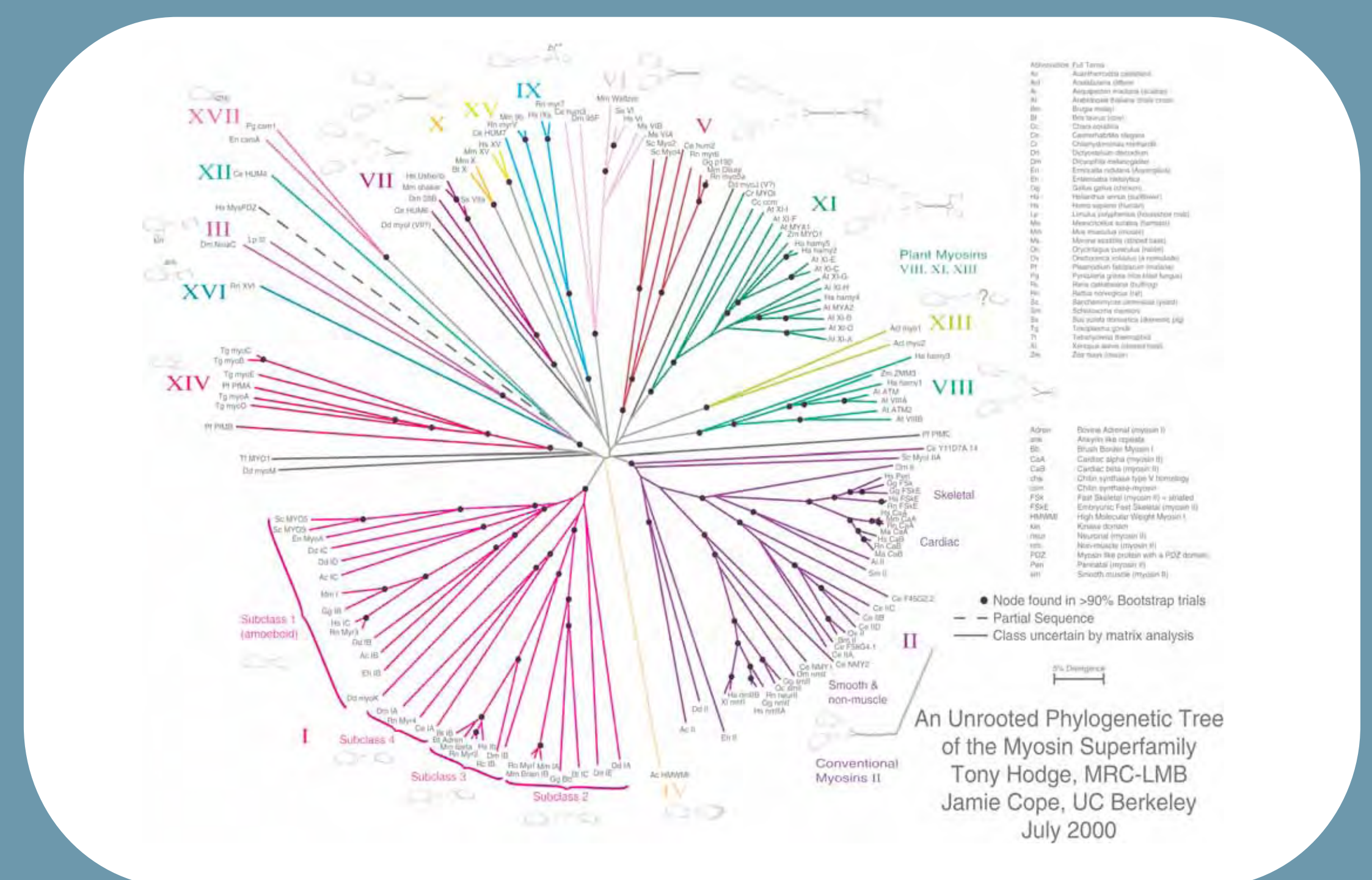
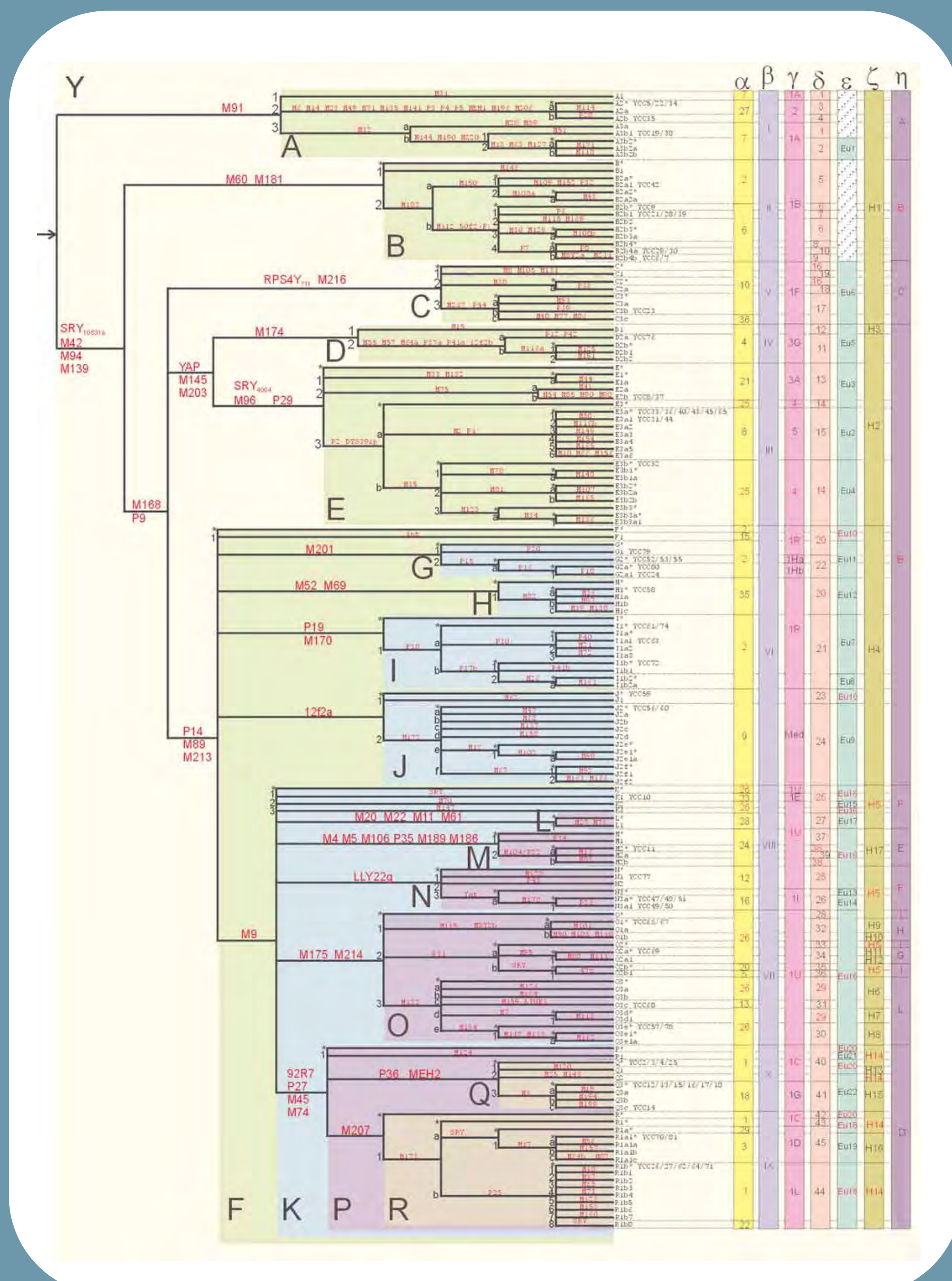






# Reconstruir la història

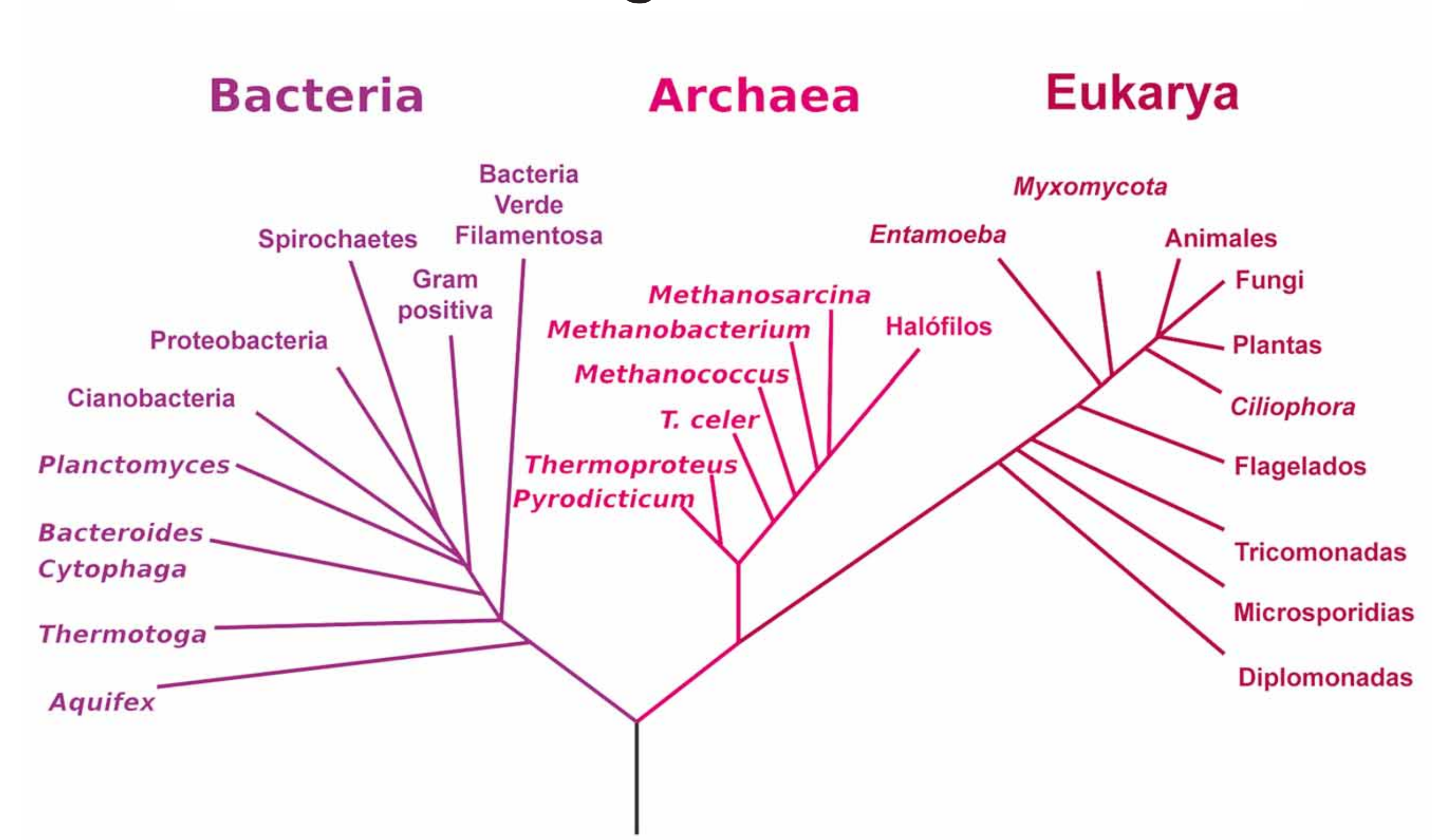
TOTA ESPÈCIE ES DERIVA D'UNA ALTRA. AQUEST ÉS UN PRINCIPI BÀSIC EN BIOLOGIA. AIXÒ SIGNIFICA QUE TOTES LES ESPÈCIES ESTAN EMPARENTADES ENTRE SI, QUE TOTS ELS GRUPS D'ÉSSERS VIUS TENEN ALGUN GRAU DE PARENTIU. LA FILOGÈNIA REPRESENTA L'ARBRE GENEALÒGIC QUE EVIDENCIA LES RELACIONS DE PARENTIU ENTRE ELS ÉSSERS VIUS. PERÒ, PER A RECONSTRUIR LA FILOGÈNIA NO TENIM MÉS QUE ELS REPRESENTANTS ACTUALS I LA INFORMACIÓ QUE ELS SEUS GENS I ELS FÒSSILS ENS PUGUEN DONAR. LES CLASSIFICACIONS HAN DE SER UN REFLEX DE LA FILOGÈNIA.



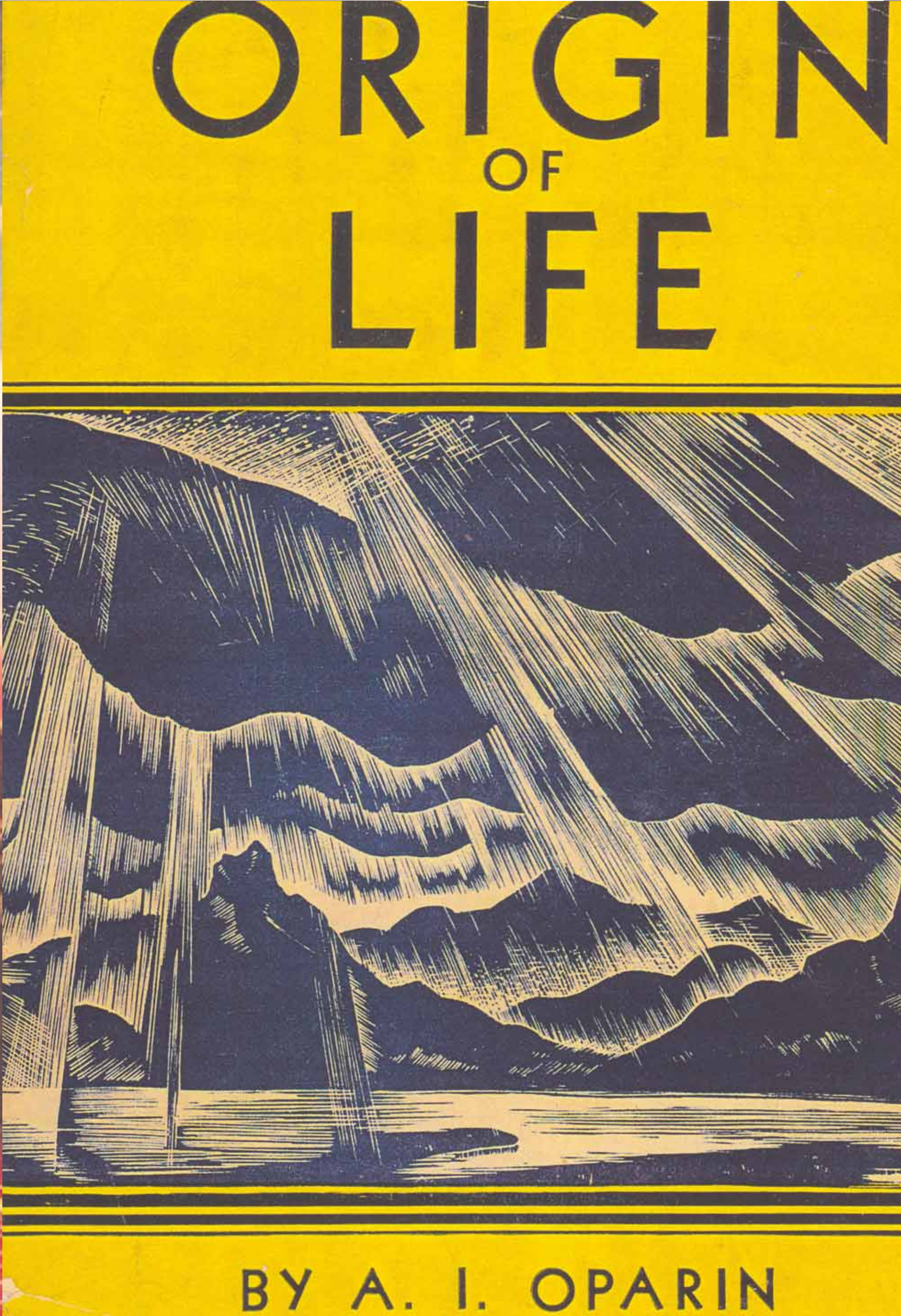
Tradicionalment les filogènies s'han basat en l'anatomia comparada. Avui en dia s'utilitzen els gens com a documents històrics de la reconstrucció filogenètica. Això permet dibuixar una filogènia de tots els organismes actuals sense excepció, o un arbre filogenètic universal. Aquesta filogènia universal fou un somni de Darwin que ha acomplert la ciència contemporània. Si dos organismes estan directament emparentats, haurien de classificar-se de manera conjunta. L'arbre de la vida d'Ernst Haeckel ja pretenia mostrar aquesta relació.

Però aquesta idea és a vegades de difícil aplicació i la seua reconstrucció filogenètica pot ser complexa. Per exemple, quan parlem dels rèptils imaginem un conjunt de vertebrats clarament identificable que va des de les tortugues fins als cocodrils, dinosaures inclosos. Però un grup de dinosaures es va diferenciar en el Juràssic (fa més de 150 milions d'anys) i va donar lloc als ocells. Els ocells no són rèptils, però en deriven, aleshores, no podem classificar-los a banda. *Rèptils* pot ser un concepte útil però és filogenèticament incoherent.

## Arbre filogenètic de la vida

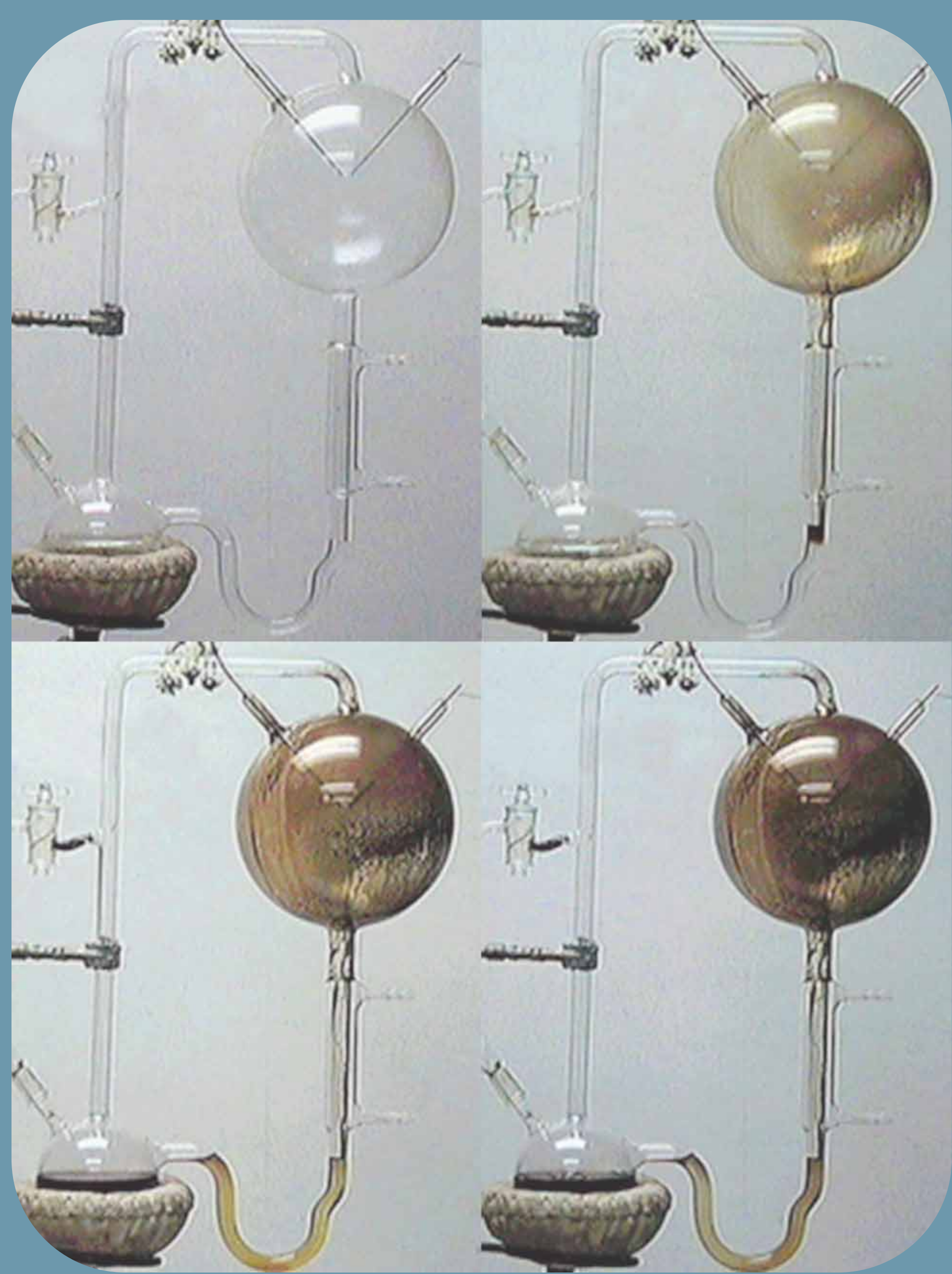






# L'arbre de la vida té arrels químiques

ELS ÉSSERS VIUS ESTAN FORMATS PER ELEMENTS COM EL CARBONI, L'HIDROGEN, L'OXIGEN, EL FÒSFOR O EL NITROGEN. NO EXISTEIXEN ELEMENTS EXCLUSIUS DE LA VIDA. LA MANERA COM ES COMBINEN AQUESTS, EN FORMA DE COMPOSTS BIOQUÍMICS, ÉS LA QUE DÓNA TOTA LA COMPLEXITAT BIOLÒGICA. NO SABEM EXACTAMENT COM NI EN QUIN MOMENT VA SORGIR LA VIDA A LA TERRA PERÒ TENIM BONES HIPÒTESIS CIENTÍFIQUES PER A INVESTIGAR-HO.



En època molt remota, fa uns 4.000 milions d'anys, ja hi havia mars a la Terra. El vulcanisme, els fenòmens atmosfèrics i l'arribada de nombrosos materials extra-terrestres configuraren el paisatge químic prebiòtic, és a dir, el d'un planeta encara sense vida, on la mar s'enriquia amb molècules complexes.

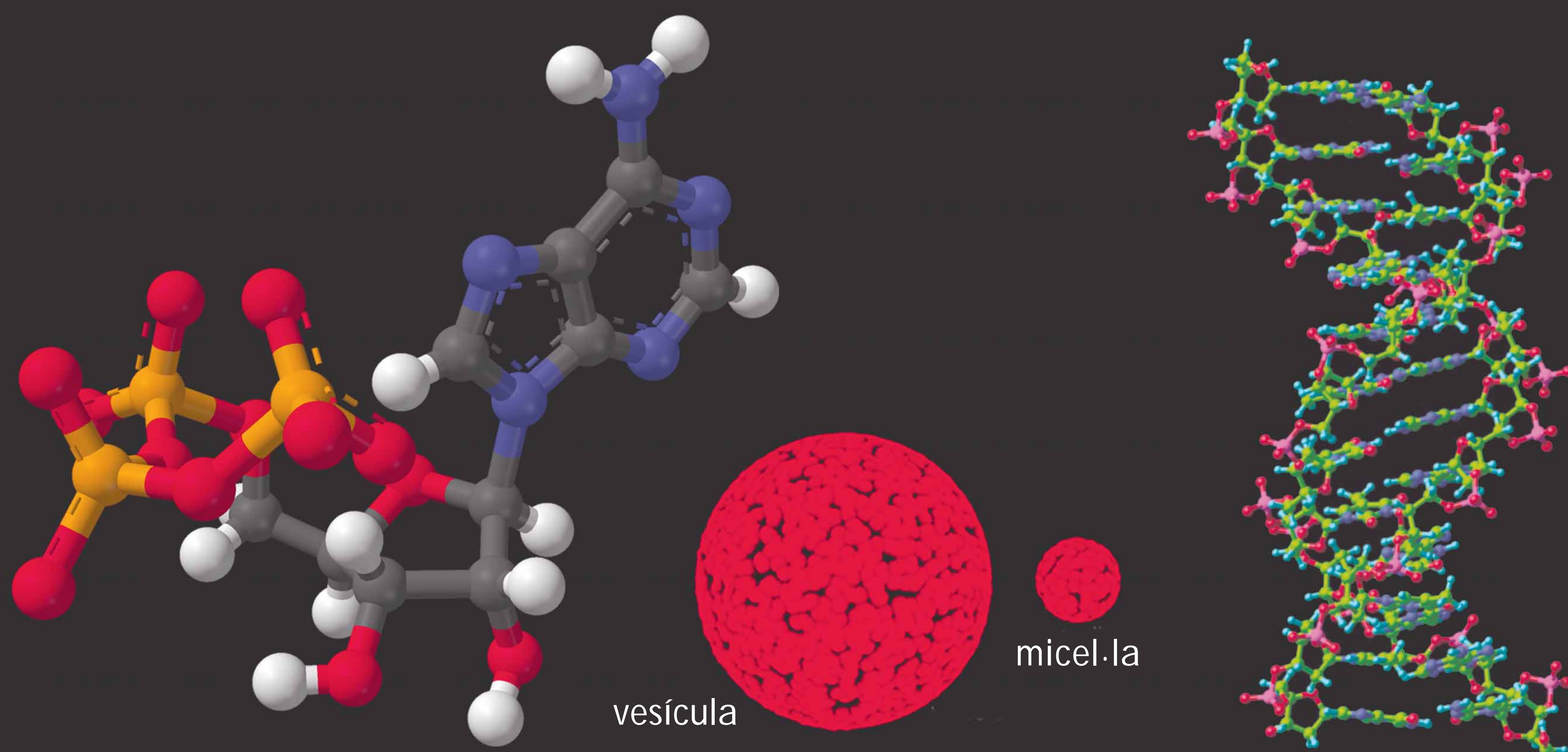
El tipus de reaccions químiques que ocorrien a la Terra primitiva es poden estudiar ara al laboratori: l'any 1953 el químic nord-americà Stanley L. Miller va dissenyar un aparell de vidre que permet simular una part d'aquesta química prebiòtica.

Però la mera acumulació de molècules simples a les mars no explica l'origen de la vida. Com ja suggerí el bioquímic rus Aleksandr I. Oparin en la dècada de 1920, s'esdevingué un procés d'evolució química a través del qual s'originaren els sistemes cel·lulars més primitius.

Per mitjà d'un llarg procés d'evolució per selecció natural, aquests sistemes químics complexos originaren les cèl·lules que serien els avantpassats comuns de totes les formes de vida actuals, de tota la biodiversitat macroscòpica i microscòpica.







# L'origen de l'evolució biològica

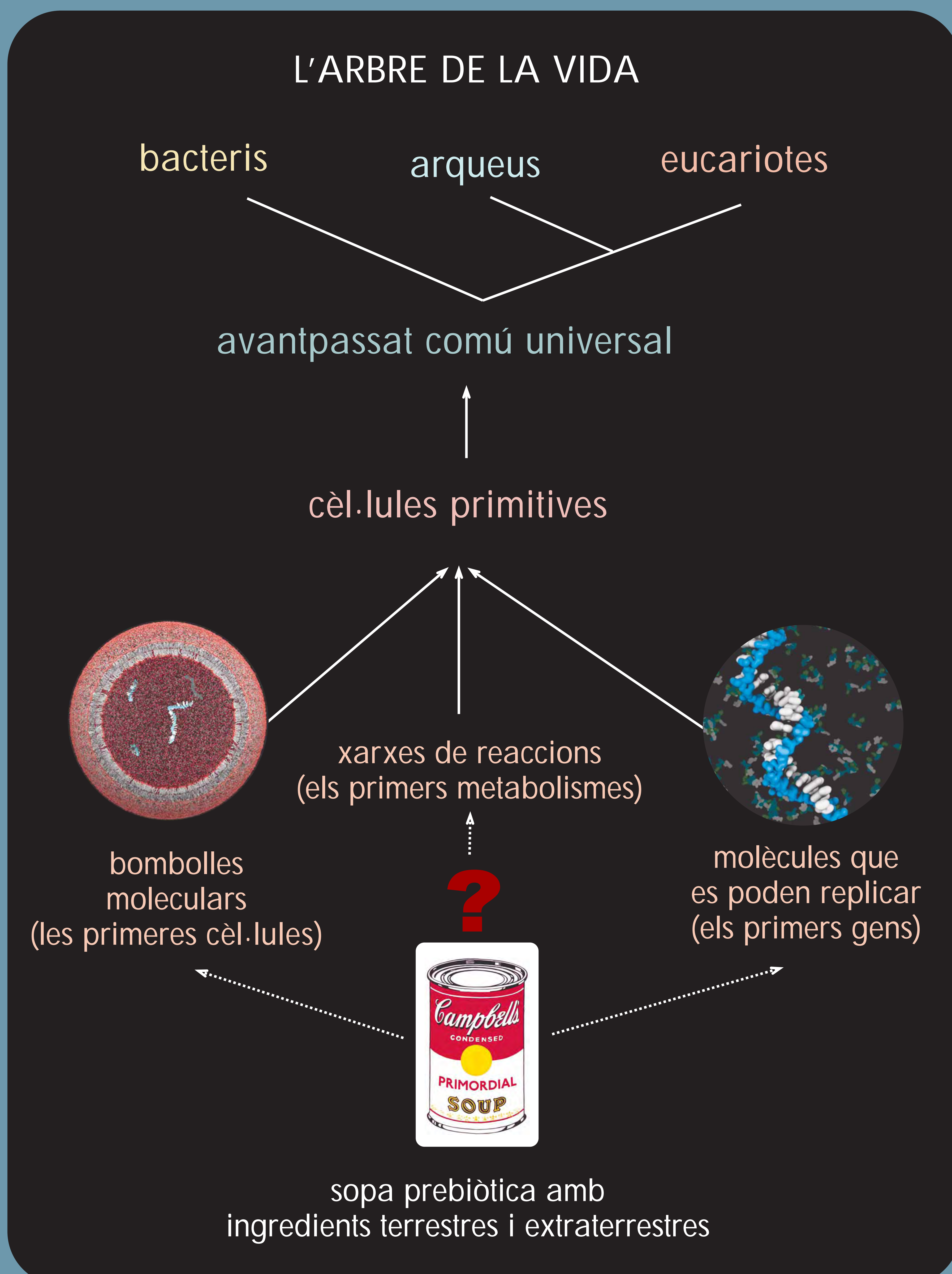
PER A DARWIN EL PRINCIPAL MOTOR DE L'EVOLUCIÓ ÉS LA SELECCIÓ NATURAL. PER AIXÒ CAL QUE HI HAJA REPRODUCCIÓ AMB VARIACIONS I QUE LES DIFERENTS VARIANTS S'ADAPTEN DE MANERA DIFERENCIAL A LES CONDICIONS AMBIENTALS. EN L'ORIGEN DE LA VIDA, ELS SISTEMES MÉS SIMPLES AMB CAPACITAT D'EVOLUCIONAR HAURIEN DE CONTENIR MOLÈCULES CAPACES DE REPLICAR-SE.

No tenim una definició de la vida. Però podem enumerar les propietats que manifesten els éssers vius:

1. Estan constituïts per cèl·lules.
  2. Poden emprar matèria i energia de l'ambient per a construir tots els seus components.
  3. Es poden reproduir i evolucionar.
- Durant l'origen de la vida, el moment clau degué ser quan aquestes propietats,

que es poden observar aïllades en sistemes químics complexos, quedaren reunides en un únic sistema, una cèl·lula primitiva amb capacitat d'evolucionar per selecció natural. Havia començat l'evolució biològica.

Quedava encara un llarg camí evolutiu per recórrer fins a arribar als avantpassats comuns de tots els éssers vius actuals.







# El control de qualitat de la natura

SELECCIÓ SIGNIFICA TRIA. LA NATURA TÉ EL SEU PROPI CONTROL DE QUALITAT I IMPOSA RESTRICCIONS PER A LA SUPERVIVÈNCIA. NOMÉS ELS INDIVIDUS –I PER TANT ELS SEUS GENS– QUE HAN ESTAT CAPAÇOS DE REPRODUIR-SE I DEIXAR DESCENDÈNCIA TINDRAN ÈXIT BIOLÒGIC. ELS QUE NO PUGUEN REPRODUIR-SE O DEIXEN UNA DESCENDÈNCIA CADA VEGADA MÉS REDUÏDA ESTAN CONDEMNATS A L'EXTINCIÓ.



Un dels casos més famosos de selecció natural és el de la papallona *Biston betularia*.

Aquesta papallona viu en boscs de bedoll i té un típic color gris que la camufla sobre l'escorça dels arbres (1) i la protegeix de la depredació pels ocells. La coloració fosca, melànica (forma *carbonaria*) és poc freqüent (2). Durant el procés d'industrialització de la segona meitat del segle XIX els boscs d'alguns indrets d'Anglaterra

s'enfosquiren pel recobriment de sutge procedent de la intensa utilització del carbó a les fàbriques.

La forma típica es va tornar rara i la forma *carbonaria* fou la dominant. La raó era que la forma típica sobre l'escorça fosca es feia massa visible i els ocells depredaven amb facilitat sobre ella. La forma *carbonaria* era ara la que millor es podia camuflar i va resultar beneficiada d'aquest canvi ambiental.







# Sexe, lluita i festeig

ELS MASCLES DE MOLTS ANIMALS PRESENTEN CARACTERÍSTIQUES QUE NO SOLS NO AFAVOREIXEN LA SEUA SUPERVIVÈNCIA, SINÓ QUE SEMBLA QUE LA POSEN EN PERILL. PER QUÈ CANTEN LES GRANOTES I ELS OCELLS? PER QUÈ ELS MASCLES SOLEN SER MÉS VISTOSOS I ACOLORITS QUE LES FEMELLES, I DEDIQUEN TANT D'ESFORÇ AL FESTEIG? I, EN GENERAL, PER QUÈ MASCLES I FEMELLES SÓN A VEGADES TAN DIFERENTS? LA RESPOSTA A AQUESTES PREGUNTES ÉS SENZILLA: PER APARIAR-SE I REPRODUIR-SE.

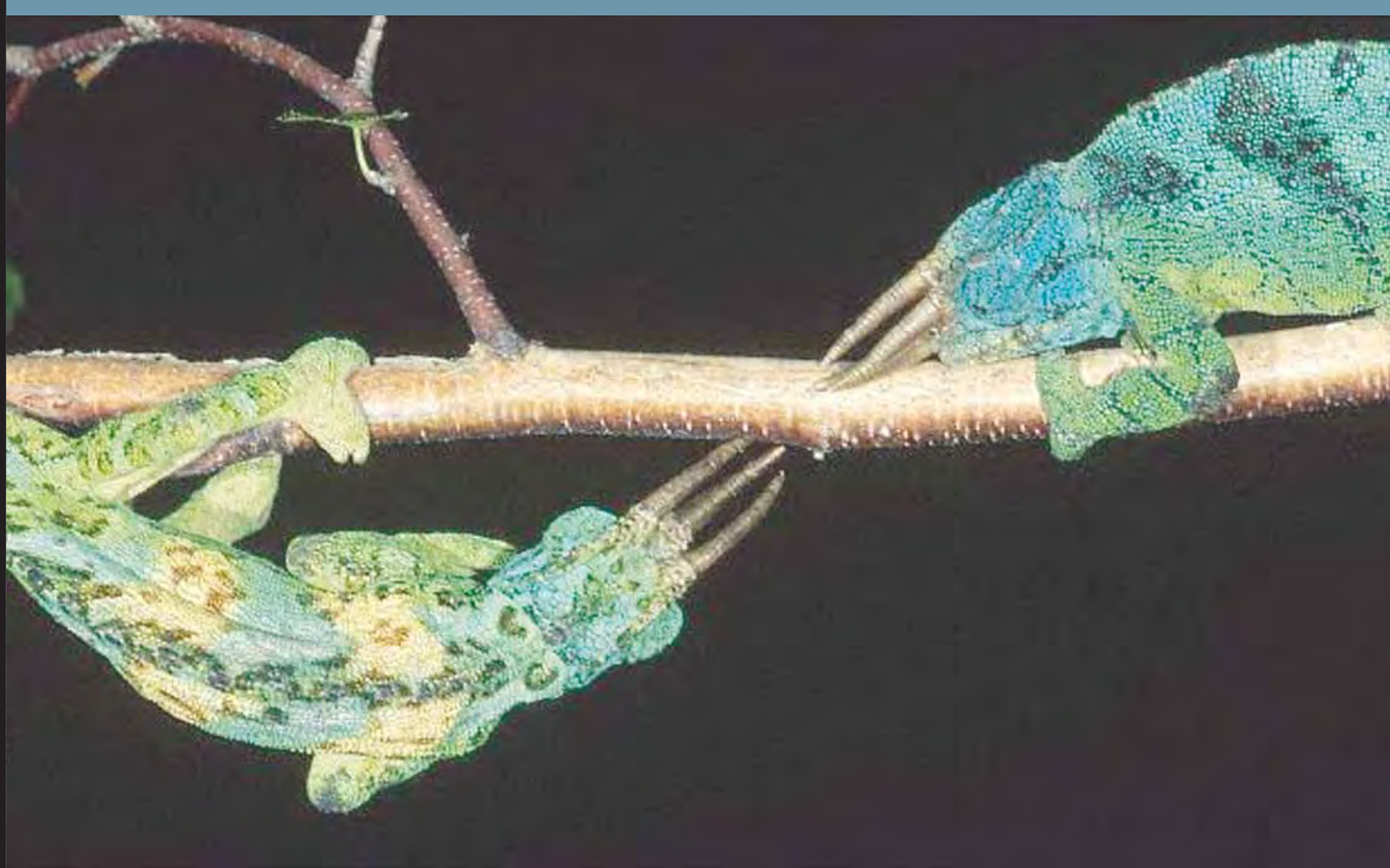
Darwin va proposar que "certs caràcters han evolucionat perquè confereixen un avantatge reproductiu a l'individu que li permet deixar més descendents", i va anomenar aquest tipus particular de selecció, selecció sexual. Segons Darwin la selecció sexual podria actuar per dos mecanismes diferents: la competició entre mascles i l'elecció de parella per part de les femelles.

Els mascles de moltes espècies han desenvolupat al llarg de l'evolució característiques morfològiques i de comportament que són importants en la lluita entre ells per a accedir a les femelles i aparejar-se, com

ara les banyes, la major grandària corporal o l'agressivitat.

Altres caràcters dels mascles, com la cua del paó reial, han evolucionat perquè resulten atractius a les femelles.

Quines són les característiques dels mascles preferides per les femelles? Varien molt d'una espècie a l'altra. Així, en moltes espècies d'ocells les femelles prefereixen aparejar-se amb mascles de coloració més cridanera, de cua més llarga o amb un cant més complex. En altres animals pot ser atractiu una olor corporal o un comportament original.







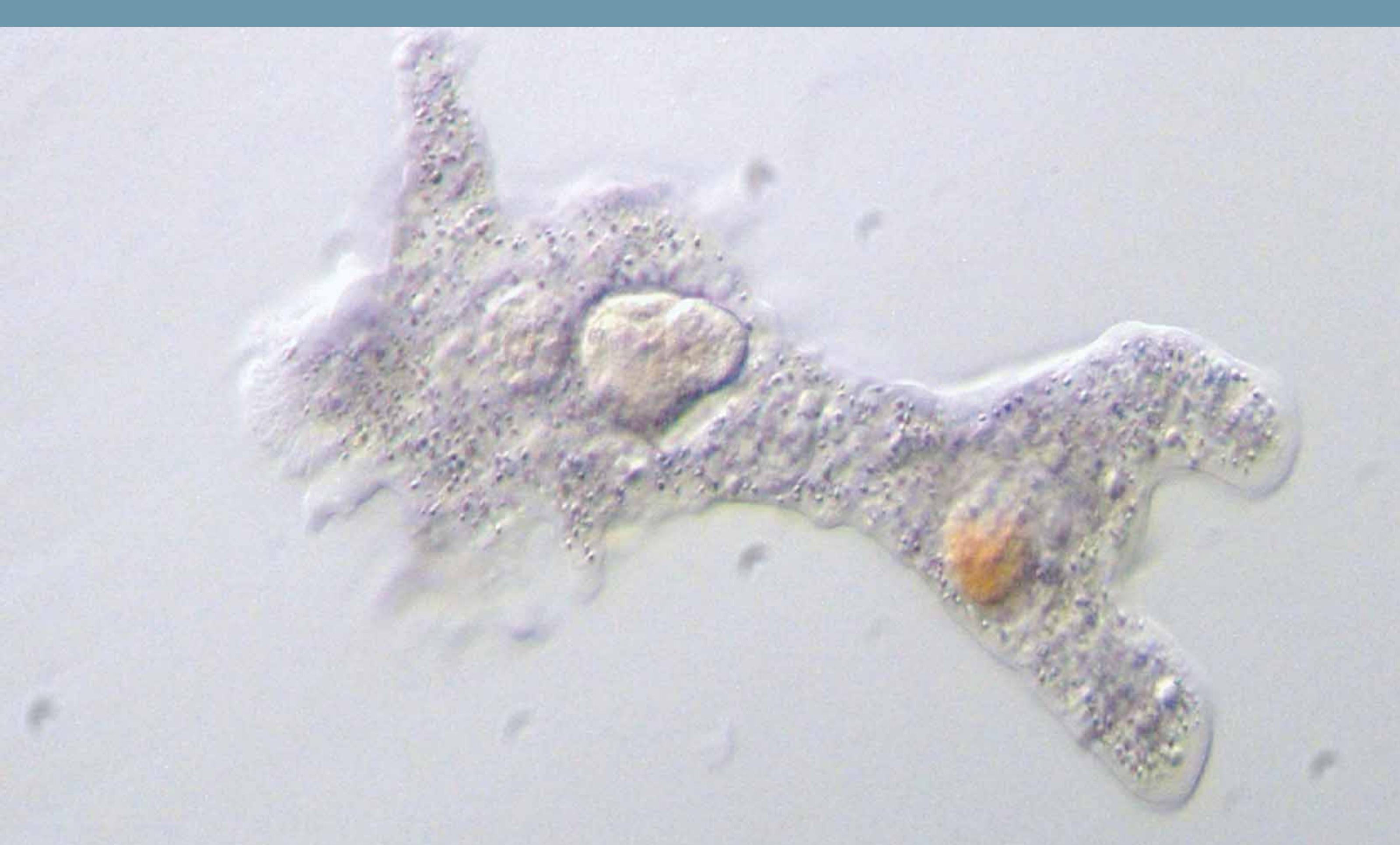
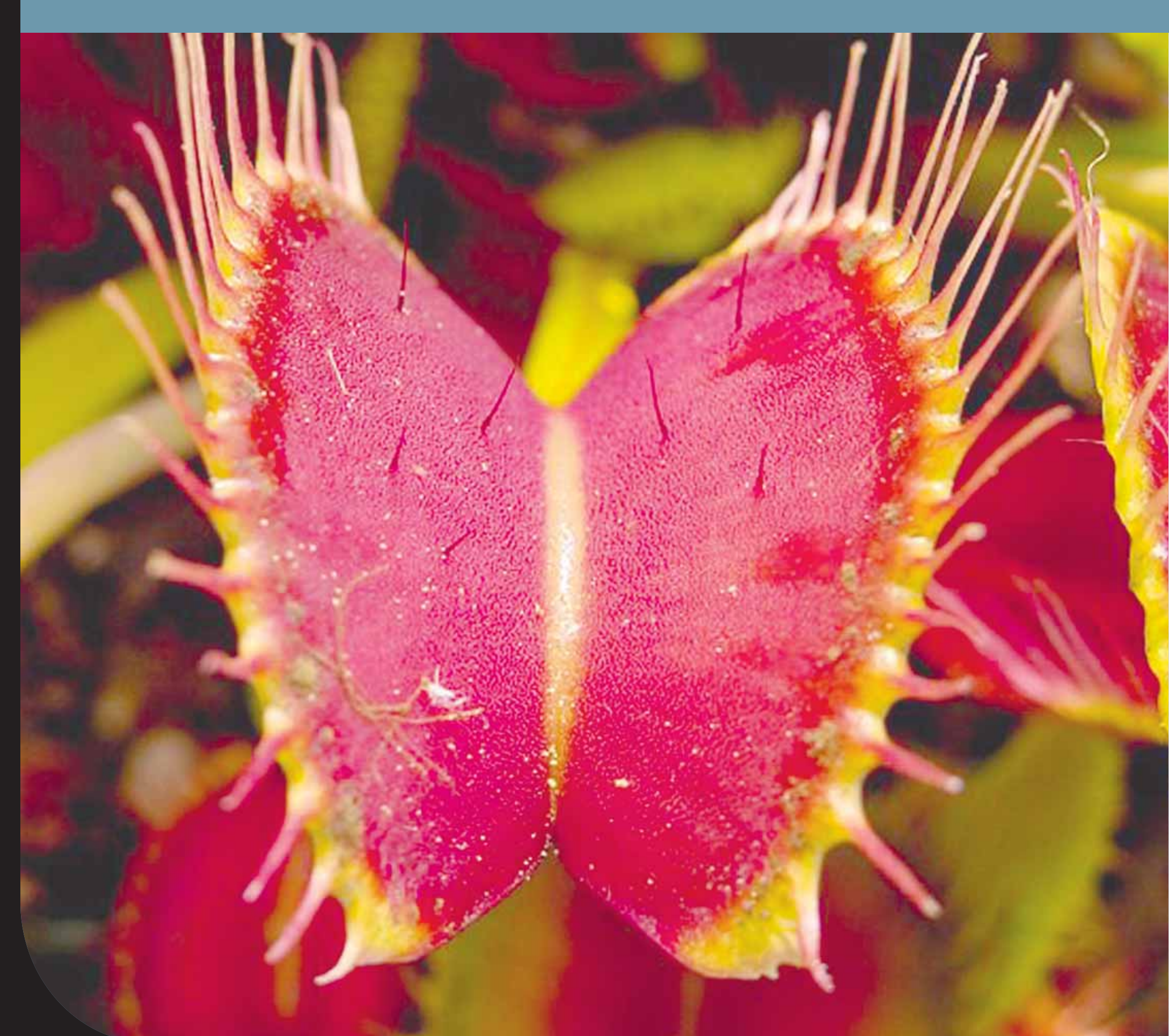
# Adaptar-se és adequar-se

PER A SOBREVUIRE I DEIXAR DESCENDÈNCIA ÉS CLAU DISPOSAR D'ÒRGANS ADEQUATS PER A PERMETRE LA SUPERVIVÈNCIA EN UN MEDI. DEIXAR DESCENDÈNCIA ÉS CONSEQÜÈNCIA DE LES ADAPTACIONS ADEQUADES. PERÒ LES ADAPTACIONS NO SÓN MAI PERFECTES: LES BONES ADAPTACIONS D'ARA PODEN SER INÚTILS PER AL FUTUR I AL CONTRARI. CAP SOLUCIÓ ADAPTATIVA ÉS ESTABLE I UNIVERSAL.



Els depredadors són un bon exemple d'adaptacions sofisticades i variades. Els taurons representen el cim dels depredadors adaptats al medi marí. La forma del cos, corpulent però extremadament allargat, redueix el fregament i el consum d'energia. La pell presenta escates microscòpiques que redueixen la turbulència i augmenten l'eficiència en la natació. Les dents són contínuament renovades. Òbviament, aquestes adaptacions no serien d'utilitat en el medi terrestre, on la imatge d'un depredador equivalent és completament diferent. Els felins disposen d'adaptacions ben distintes però igualment eficients: esquelet flexible, visió estereoscòpica, ungles retràctils.

Però totes aquestes adaptacions serien inútils en el medi subterrani on l'obscuritat és eterna. *Gollumjapyx* és una rara criatura que viu a les coves. No té ulls perquè no en necessita. És un depredador actiu, amb un cos allargat, fortes mandíbules i antenes allargades que li donen la informació sensorial que precisa. Fins i tot les plantes i els éssers unicel·lulars es poden adaptar a la depredació i les plantes carnívores i les amebes en representen exemples fantàstics.







# Quan les adaptacions no són suficients

QUAN UNA ESPÈCIE NO POT SUPORTAR LA SELECCIÓ PER FALTA D'ADAPTACIONS A LES CONDICIONS IMPERANTS, LA SEUA POBLACIÓ ES VEU PROGRESSIVAMENT REDUÏDA FINS QUE ARRIBA UN MOMENT EN QUÈ LA REPRODUCCIÓ ÉS IMPOSSIBLE. UNA ESPÈCIE S'EXTINGEIX QUAN L'ÚLTIM EXEMPLAR EXISTENT MOR. DE MANERA NATURAL LES ESPÈCIES ESTAN SOTMESES A UNA CERTA RENOVACIÓ PERÒ AL LLARG DE LA HISTÒRIA HI HA HAGUT MOMENTS EN QUÈ LES CONDICIONS AMBIENTALS HAN CANVIAT TAN RÀPIDAMENT I INESPERADAMENT QUE S'HAN PRODUÏT EXTINCIONS MASSIVES.



Des que la vida aparegué a la Terra hi ha hagut entre cinc i set extincions massives. Totes aquestes extincions estan relacionades amb una combinació de factors catastròfics. L'última gran extinció es va produir fa 65 milions d'anys, entre el Cretàcic i el Terciari i féu desaparèixer els dinosaures entre altres éssers vius. Aquesta extinció sembla coincidir amb l'impacte d'un asteroide quilomètric a la península del Yucatán, la qual cosa hauria canviat sobtadament les condicions ambientals de l'època.

Prèviament, fa 250 milions d'anys, en la transició entre el Pèrmic i el Triàsic es va produir la extinció massiva més important coneguda, en què es va exterminar quasi tota la biota. Aquesta extinció, per la seua rapidesa, només és comparable a la que actualment està patint la biosfera, que globalment anomenem crisi de la biodiversitat. Els éssers humans ja han estat directament implicats en l'extinció d'alguns éssers vius però el que ens preocupa en aquests moments és la velocitat i el volum d'extinció.







# Són el mateix o només se semblen?

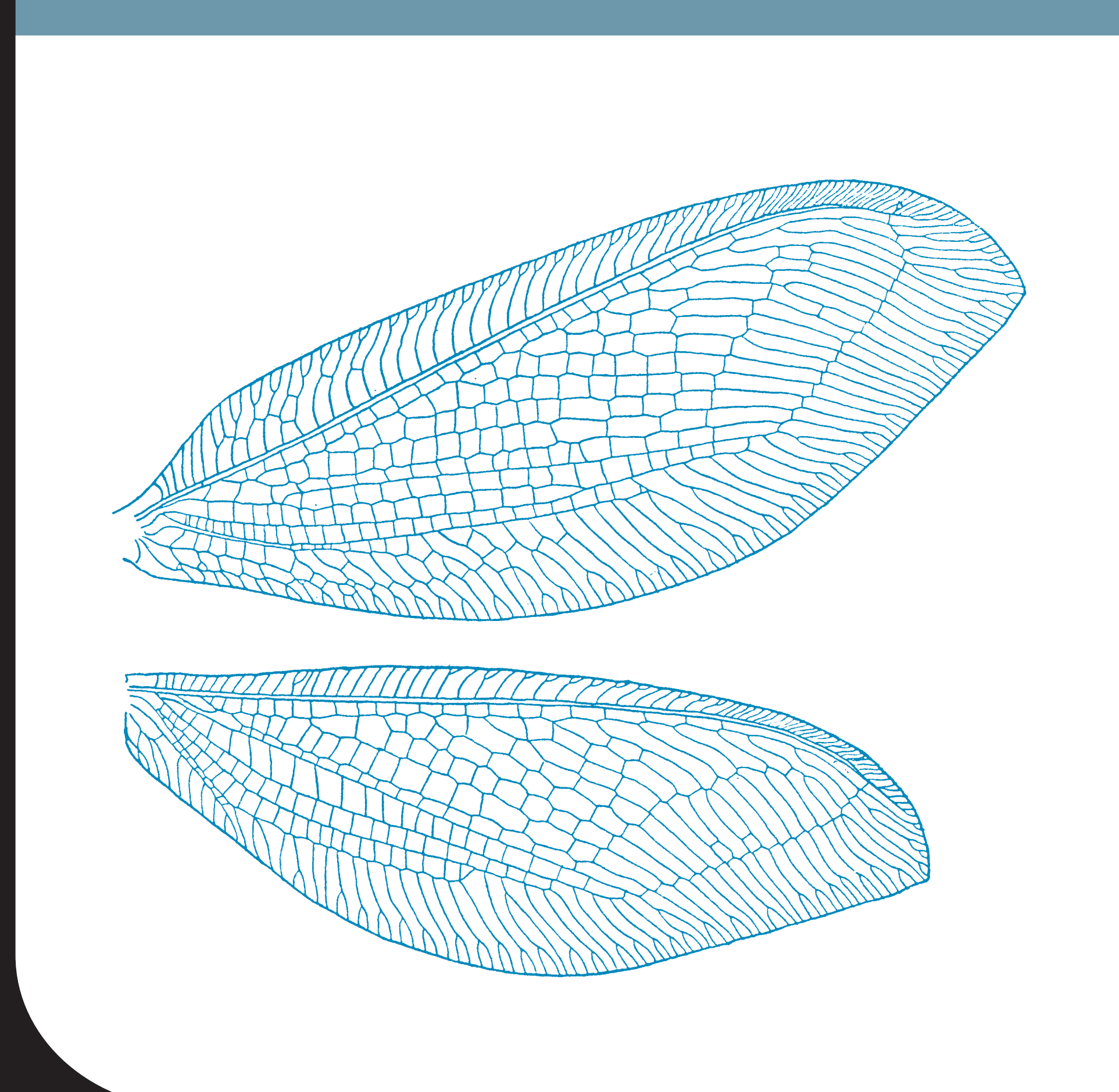
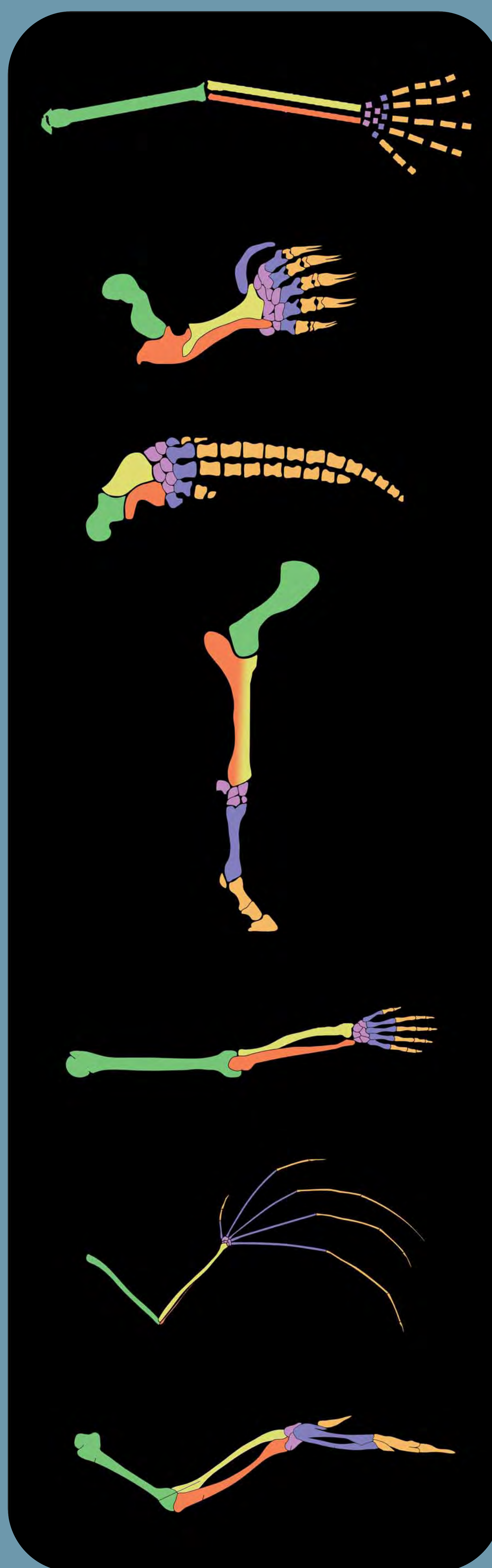
LA SELECCIÓ NATURAL GENERA ADAPTACIONS AL MEDI. PERÒ ELS ÉSSERS VIUS NOMÉS S'HI PODEN ADAPTAR A PARTIR DE LA SEUA HERÈNCIA. AIXÍ, EL MATEIX ÒRGAN -QUE ORIGINALMENT TENIA UNA FUNCIÓ I ESTRUCTURA ÚNIQUES- POT ACABAR DEDICAT A FUNCIONS MOLT DIFERENTS EN DOS LLINATGES DESCENDENTS. ES PRODUUEIX UNA DIVERGÈNCIA ADAPTATIVA. AL MATEIX TEMPS ÒRGANS D'ORIGEN MOLT DIFERENT PODEN ACABAR FENT UNA MATEIXA FUNCIO ADAPTATIVA. ES TRACTA D'UNA CONVERGÈNCIA ADAPTATIVA.

El quiridi és l'extremitat tipus d'un vertebrat a partir de la qual s'han diversificat una gran varietat d'adaptacions. Però totes les extremitats de vertebrats retenen la mateixa estructura perquè tots deriven del mateix ancestre. Totes les extremitats posteriors dels vertebrats són homòlogues. Les extremitats anteriors dels vertebrats també són homòlogues entre si i han desenvolupat òrgans tan sofisticats com les mans humanes i les ales d'alguns vertebrats.

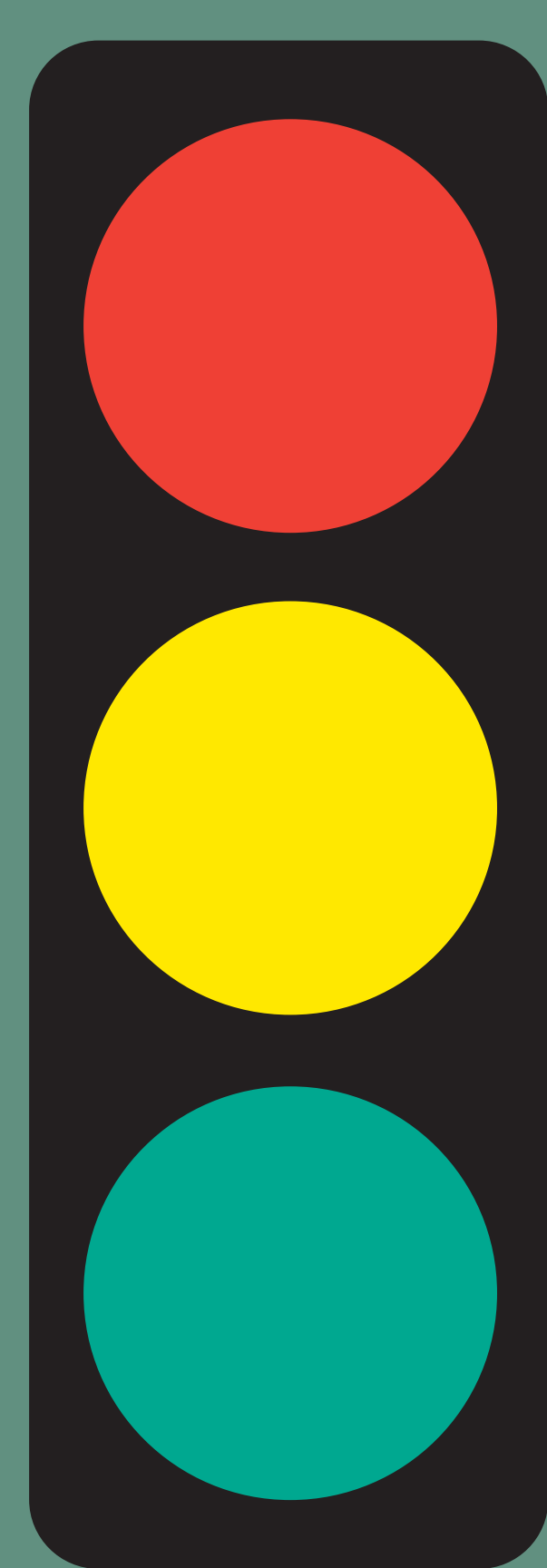
Només quatre grups animals han desenvolupat ales al llarg de l'evolució: els insectes, els pterosaures, els ocells i els quiròpters (rates penades). Els quatre han tingut un èxit extraordinari. Encara que totes les ales s'assemblen superficialment, la realitat és que han evolucionat de manera independent.

Les ales dels insectes s'originaren a partir de lòbuls de tegument. Els insectes foren els primers animals voladors, fa més de 400 milions d'anys.

Les ales dels altres tres grups es desenvoluparen de manera paral·lela i independent a partir de les extremitats anteriors dels vertebrats







# Els avantatges de l'advertència

QUAN UN ANIMAL ÉS DESAGRADABLE O TÒXIC MOLT SOVINT MOSTRA COLORS O FORMES CRIDANERES (APOSEMÀTIQUES). EN LLOC D'AMAGAR-SE DELS SEUS DEPRADORS AVISA DE LA SEUA PRESENCIA. EL DEPRADADOR, UNA VEGADA QUE HA TINGUT UNA EXPERIÈNCIA NEGATIVA AMB UN INDIVIDU APOSEMÀTIC, RECORDARÀ ELS COLORS D'AQUELL I HI EVITARÀ UN NOU CONTACTE. LA PRESA QUEDA AIXÍ PROTEGIDA. AQUEST APRENTATGE INEVITABLEMENT TÉ UN COST PER ALS INDIVIDUS QUE TENEN UNA TROBADA AMB UN DEPRADADOR NO EXPERIMENTAT.

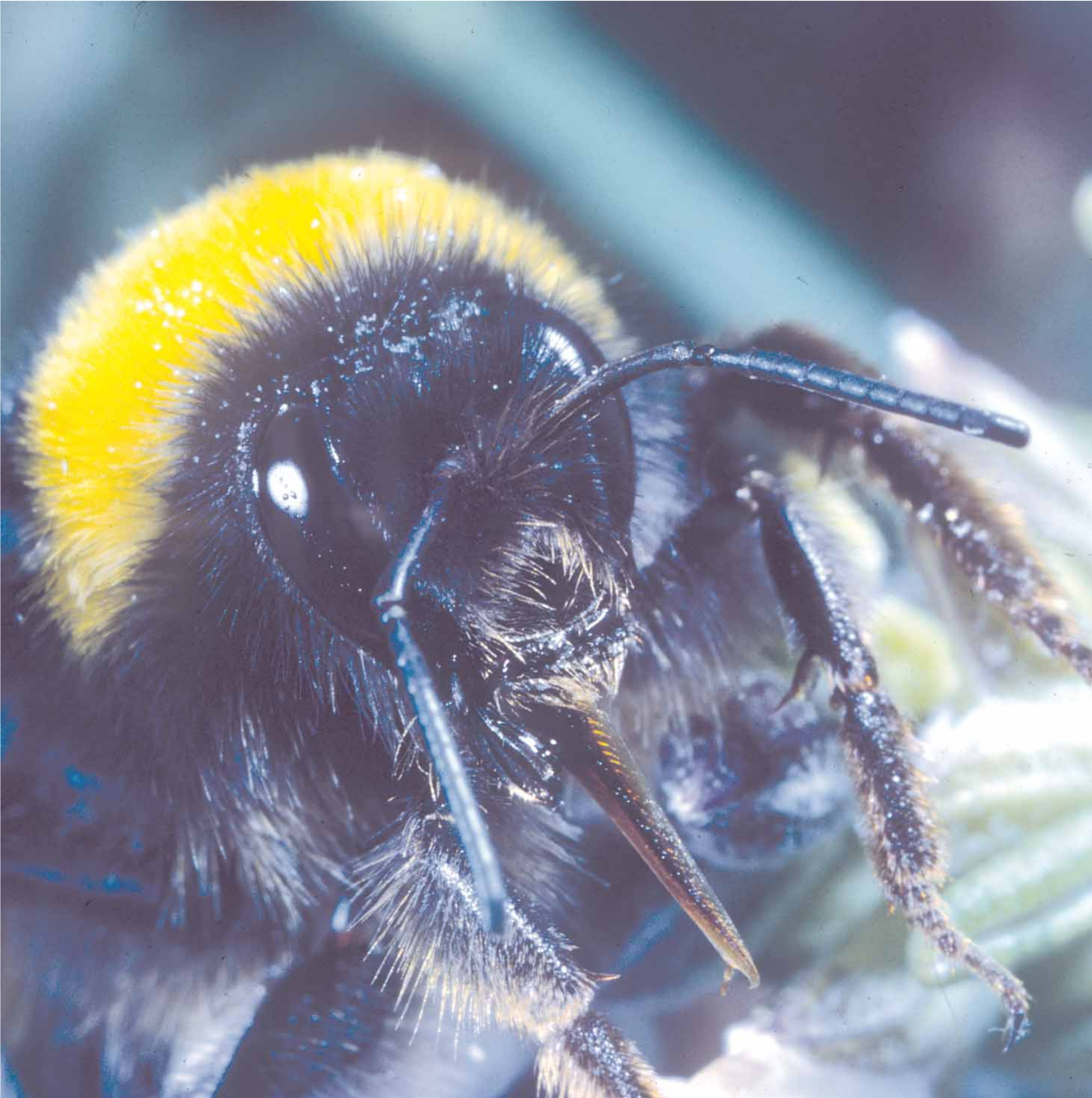


Si els individus de dues espècies tòxiques s'assemblen entre sí, estalvien esforç d'aprenentatge al depredador i reforcen el seu caràcter defensiu. Aquest fenomen s'anomena mimetisme müllerià en honor al naturalista Fritz Müller, que el va descriure per primera vegada en les papallones. En realitat, totes les espècies tòxiques i aposemàtiques tenen tendència a utilitzar colors cridaners, que destaquen clarament del fons i que

siguen fàcils de recordar per al depredador. No és casualitat que els colors groc o vermell sobre fons negre siguin elements habituals de la seua coloració. Totes s'assemblen en certa manera i tots tenim la tendència a relacionar aquests colors amb el perill. Animals com la serp corall, les granotes del gènere *Dendrobates*, les vespes i moltes papallones són bons exemples de coloracions aposemàtiques d'aquest tipus.







# Evolució sincronitzada: la coevolució

ALGUNS ÉSSERS VIUS HAN COMPARTIT AVANTATGES MUTUS DURANT LA SEUA EVOLUCIÓ. LES SEUES ADAPTACIONS SÓN EL RESULTAT D'UNA HISTÒRIA COMUNA. L'EVOLUCIÓ D'UN NO ES POT ENTENDRE SENSE LA DE L'ALTRE. EL CAS DELS INSECTES POL·LINITZADORS PROPORCIONA ALGUNS DELS EXEMPLES MÉS ESPECTACULARS DE LA HISTÒRIA.



Fa aproximadament 100 milions d'anys, en el període anomenat Cretaci apareguren les plantes amb flors, les angiospermes.

Alguns insectes començaren a menjar el nèctar de les flors i al mateix temps transportaven pol·len d'una flor a una altra: havia nascut una de les associacions més beneficioses de la història de la vida a la Terra.

L'estel de Nadal és una orquídia que presenta un esperó de quasi 30 cm al fons del qual s'acumula el nèctar. Durant dècades va ser un misteri la raó d'aquesta estranya flor i quin podia ser el seu visitant

pol·linitzador. El 1862 Darwin va fer una predicció atrevida: hi havia d'haver una papallona amb una

trompa capaç d'entrar fins al fons de l'esperó. El

1873 el seu col·lega Alfred R. Wallace va anar més enllà: la papallona podia ser *Xanthopan morganii*, coneguda de l'Àfrica continental, o alguna altra relacionada i fins i tot es va atrevir a dibuixar-la. L'atreviment de Wallace va ser considerat força especulatiu.

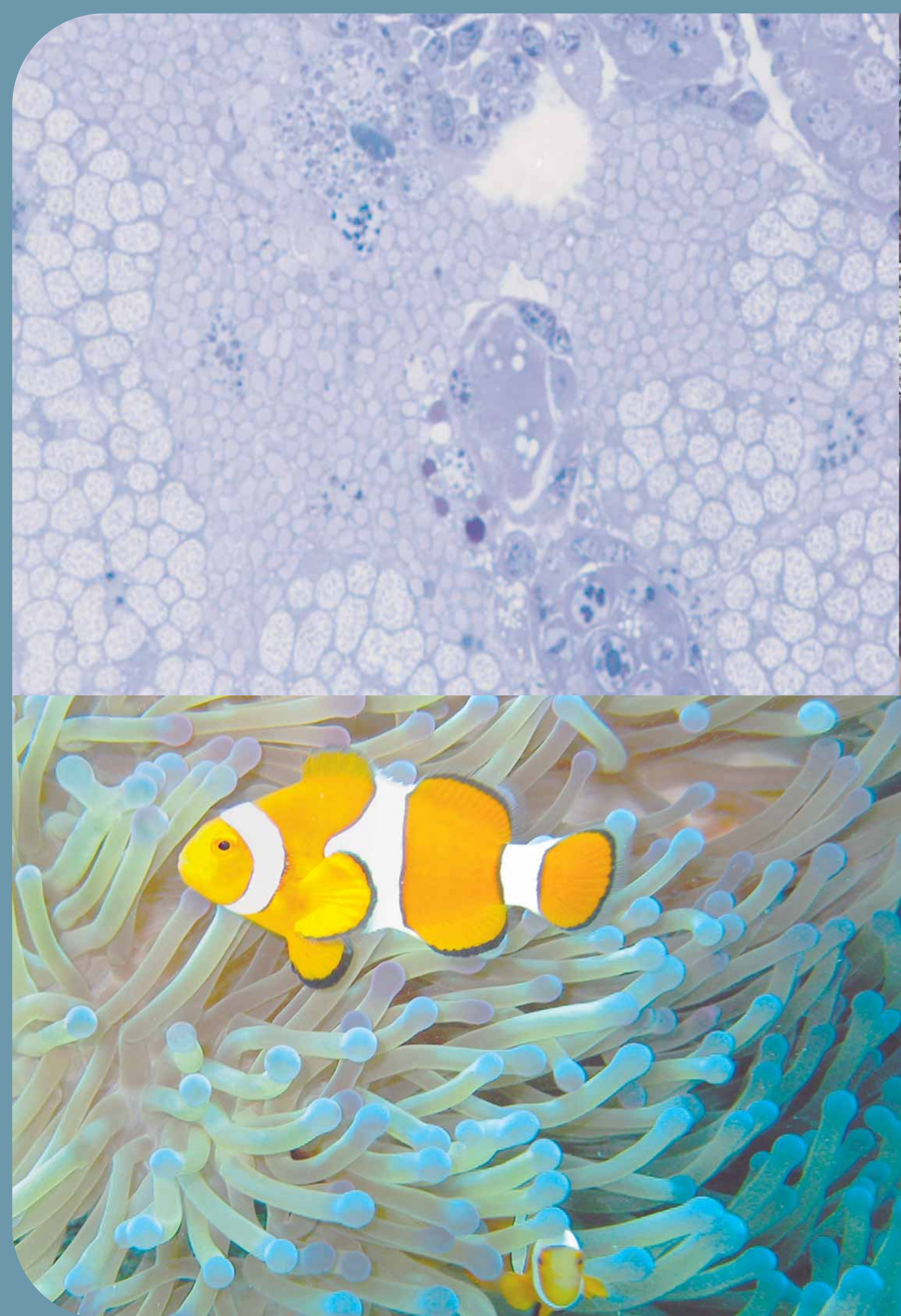
El 1903 el baró Lionel W. Rothschild i l'entomòleg Karl Jordan descobriren finalment la papallona que va rebre el nom de *Xanthopan morganii praedicta*.





# La força de la dependència

LA FILOGÈNIA TRANSMET UNA IMATGE VERTICAL DE LA HISTÒRIA EVOLUTIVA: TOTS ELS ORGANISMES SÓN DESCENDENTS D'ALTRES. PERÒ ENTRE ORGANISMES NO EMPARENTATS DIRECTAMENT POT HAVER-HI RELACIONS DE DEPENDÈNCIA QUE HAN MODELAT LLINATGES SENCERS. LA SIMBIOSI REPRESENTA UN VAST CONJUNT D'INTERACCIONS ENTRE ORGANISMES. LES ESPÈCIES SIMBIÒTIQUES S'ENFRONTEN JUNTES A LA SELECCIÓ I L'ADAPTACIÓ I COMPARTeixEN UNA HISTÒRIA COMUNA.



La història de la simbiosi és tan antiga com la vida mateixa. Alguns orgànuls (com els mitocondris i els cloroplasts) originalment eren bacteris de vida lliure que han quedat totalment incorporats a l'estructura cel·lular.

La complexitat de la cèl·lula eucariòtica deriva de simbiosis antigues. Però la natura actual ofereix molts exemples de simbiosis. Alguns bacteris, com ara *Buchnera*, viuen

íntimament associats a cèl·lules d'insectes (endosimbionts). Al nostre intestí viuen milions de bacteris. Els líquens són el resultat d'una sofisticada i obligada simbiosi entre algues o cianobacteris i fongs. Tanmateix, no sempre el resultat d'una simbiosi és una relació tan estreta. El peix pallasso obté protecció de l'anemone, i aquesta obté aliment a partir dels depredadors inexperts que ataquen el peix.

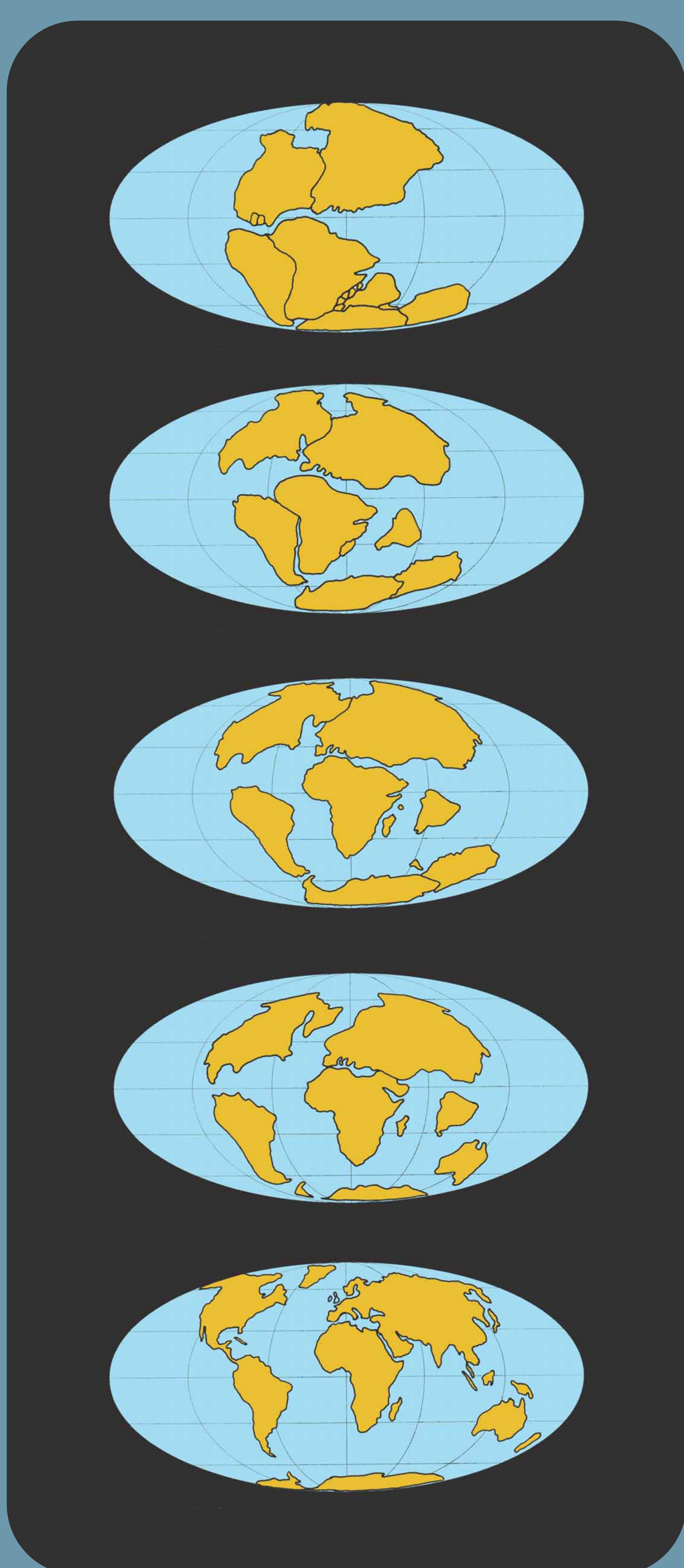






# El viatge continu dels éssers vius

LA DISTRIBUCIÓ GEOGRÀFICA DELS ÉSSERS VIUS CANVIA AMB EL TEMPS I ÉS EL RESULTAT DE L'EVOLUCIÓ BIOLÒGICA, DE LA CAPACITAT DE DISPERSIÓ DELS LLINATGES I DELS CANVIS DEL MEDI FÍSIC. ELS ÉSSERS VIUS ESTAN EN CONSTANT INTERACCIÓ AMB EL MEDI FÍSIC. LA TERRA ESTÀ SOTMESA A UNA INTENSA ACTIVITAT GEOLÒGICA: ELS CONTINENTS ESTAN EN MOVIMENT I MODELEN ELS OCEANS. EL SÒL I EL CLIMA CONDICIONEN LA VIDA DE TAL MANERA QUE PODEN ARRIBAR A FER-LA INVIABLE. COM MÉS AÏLLAT ÉS UN TERRITORI, MÉS SINGULAR ÉS LA SEUA FAUNA I LA SEUA FLORA. LES ILLES OCEÀNIQUES EN SÓN UN BON EXEMPLE I SERVIREN D'INSPIRACIÓ A DARWIN.



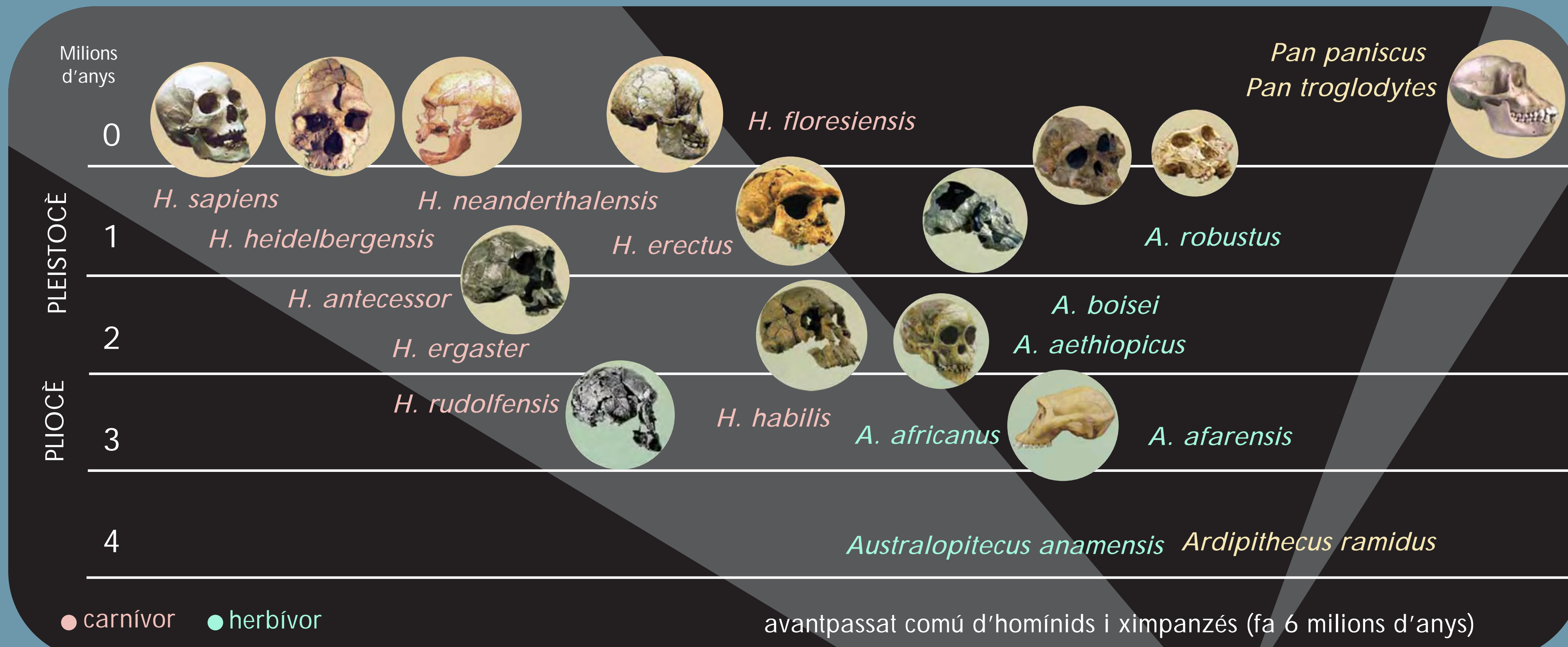
Per què no hi ha cangurs a Europa? Els marsupials apareguren en el període Cretàtic de l'era mesozoica, fa aproximadament 125 milions d'anys. Durant el Mesozoic una massa continental única (Pangea) es va fragmentar progressivament fins a una configuració dels continents prou semblant a l'actual. Els mamífers marsupials s'havien dispersat per àmplies zones continentals però –com la resta dels animals i les plantes terrestres– començaren a tenir problemes per a la seua dispersió posterior. Cada massa continental iniciava així una història en solitari. Els marsupials de l'hemisferi nord patiren la competència dels mamífers placentats i s'extingirien. A l'hemisferi sud, Austràlia se separà i la situació fou la inversa: els marsupials s'adaptaren i es desenvoluparen com els mamífers dominants. Avui tots els marsupials es concentren fonamentalment a Austràlia i altres punts de l'hemisferi sud.





# Humans: la família creix

L'EVOLUCIÓ HUMANA ÉS UN TRENCACLOSQUES DEL QUAL CONTÍNUAMENT APAREIXEN NOVES PECES. ENCAIXAR-LES PER RECONSTRUIR LA NOSTRA HISTÒRIA ÉS UNA TASCA APASSIONANT, PERÒ MOLT DIFÍCIL I SUBJECTA A CONTÍNUA REVISIÓ. ARA SABEM QUE DIVERSES ESPÈCIES DEL GÈNERE *HOMO* VAN COEXISTIR, COM TAMBÉ AMB ESPÈCIES DE AUSTRALOPITECINS. AÇÒ GENERA MOLTES QÜESTIONS: QUIN TIPUS D'INTERACCIONS ES VAN PRODUIR ENTRE AQUESTES ESPÈCIES? COM S'ORIGINÀ AQUESTA DIVERSITAT? PER QUINA RAÓ LA NOSTRA ESPÈCIE VA SER L'ÚNICA SUPERVIVENT?



## Els nostres parents vius

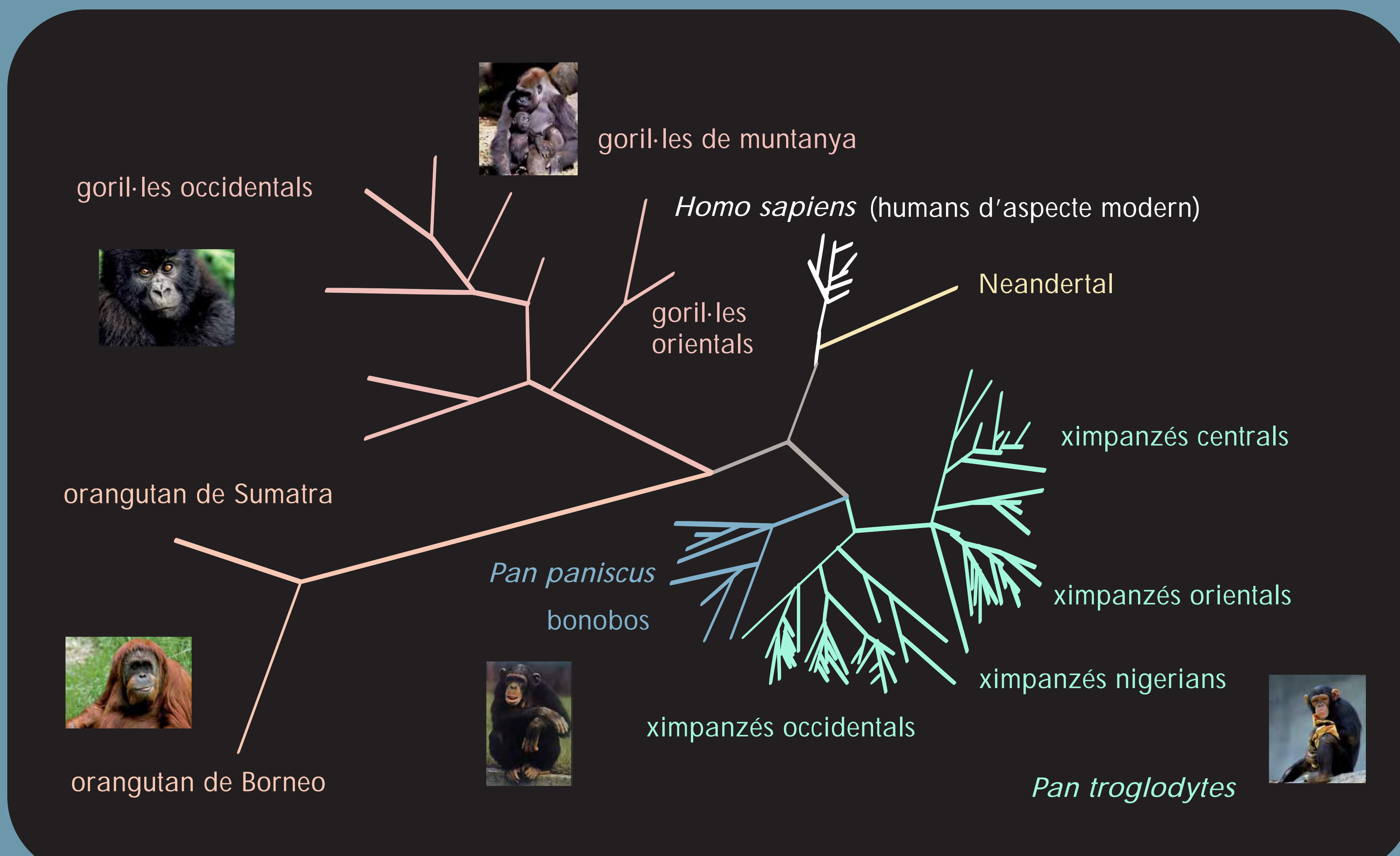
Els humans som mamífers primats que juntament amb els ximpanzés i els goril·les, formem part de la família dels homínids (*Hominidae*). Els humans actuals, amb els seus avantpassats bípedes, s'anomenen *hominines* (tribu *Hominini*).

## L'arbre genealògic humà

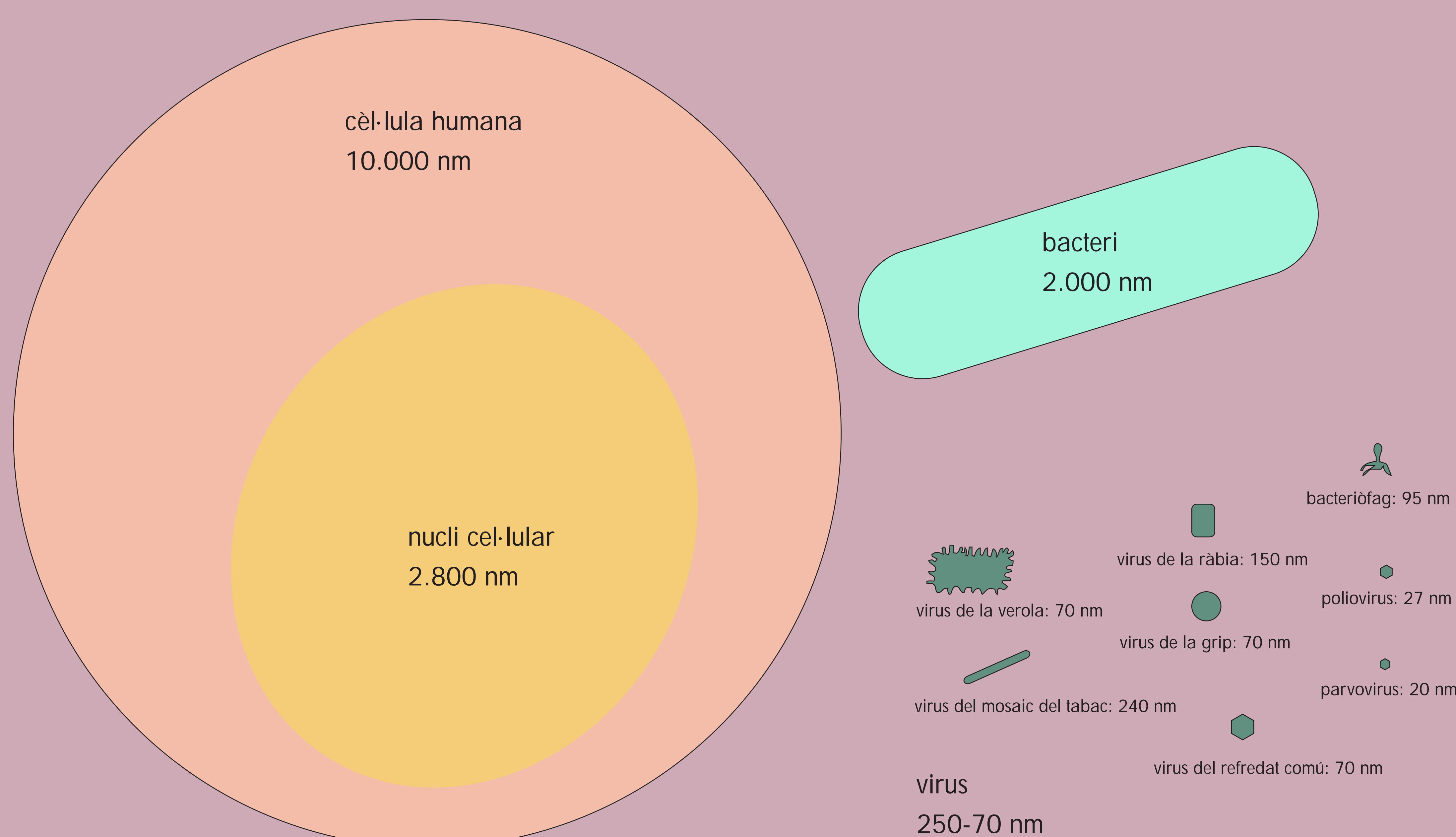
Aquell senzill gràfic que reflectia l'evolució de l'home, des d'*Australopithecus* fins a *Homo sapiens sapiens*, passant per *H. habilis*, *H. erectus* i

Neandertal, no té res a veure amb la complexitat del nostre llinatge.

Actualment conviuen diferents hipòtesis tant respecte a les relacions de parentiu entre les diferents espècies d'hominines, com a les pressions de selecció que van intervenir en l'aparició o la fixació de les novetats evolutives que observem en el nostre llinatge (bipèdia, canvis en la dieta, increment de la capacitat cranial, fabricació d'eines, etcètera). L'arbre genealògic humà s'ha transformat en un arbust amb nombroses branques.







# Els virus: una evolució a corre-cuita

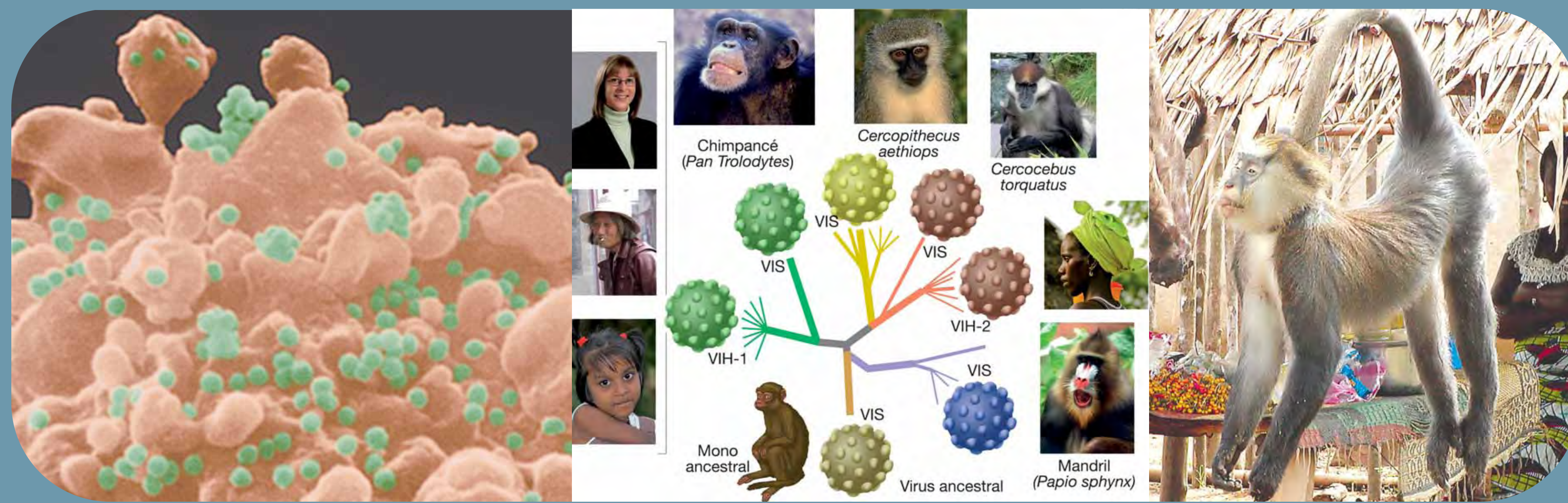
ELS VIRUS UTILITZEN LES CÈL·LULES QUE PARASITEN COM A "FÀBRIQUES" DE NOUS VIRUS QUE DESPRÉS SERAN ALLIBERATS. ELS VIRUS TENEN TEMPS DE GENERACIÓ MOLT CURTS, I LA SEUA EVOLUCIÓ ÉS, PER TANT, MOLT MÉS RÀPIDA QUE LA DELS ANIMALS O LES PLANTES.

## Els virus de la SIDA (VIH)

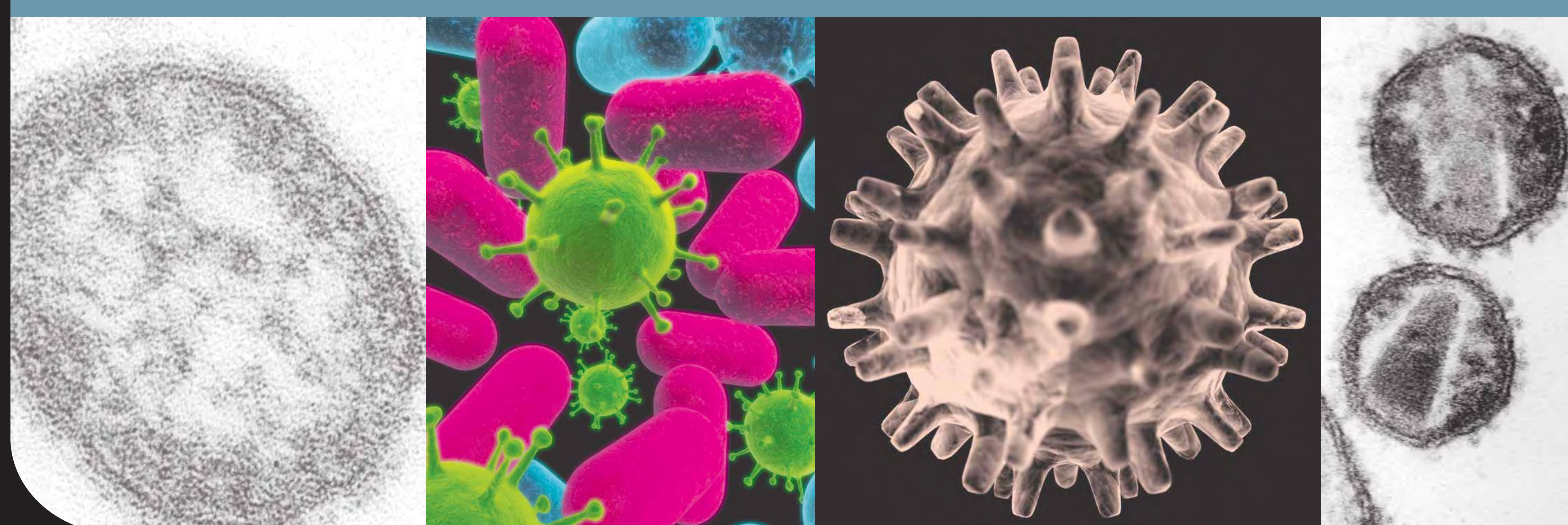
Per exemple, virus com el de la SIDA evolucionen molt ràpidament per mutació i recombinació, ja que en una persona infectada es poden produir totes les mutacions possibles en un sol dia. A més, en un sol any el virus deu haver passat per més de 300 generacions. Això és el que fa dels virus uns patògens difícils de combatre.

Les anàlisis filogenètiques han demostrat que els VIH s'assemblen a virus d'immunodeficiència dels

simis (VIS), de ximpanzés i de micos verds africans. El VIH-1 infecta totes les poblacions humanes del planeta, mentre que el VIH-2 afecta, per ara, només les poblacions humanes africanes. El virus va "saltar" dels primats no humans als humans probablement a l'inici o la meitat del segle XX, i s'hi va adaptar de manera molt ràpida. En menys d'un segle, el VIH s'ha estès per tot el món, i ha provocat una de les pitjors epidèmies que ha afectat mai la humanitat.



Altres exemples d'evolució a corre-corrents són el virus de la grip i el de l'hepatitis. La teoria evolutiva ens permet estudiar i entendre el mode d'evolució d'aquests patògens. Les vacunes o les teràpies actuals es dissenyen a partir del que sabem d'aquestes entitats evolutives tan eficaces. El rècord de velocitat evolutiva el tenen els viroides, petites molècules de RNA patògenes de plantes.







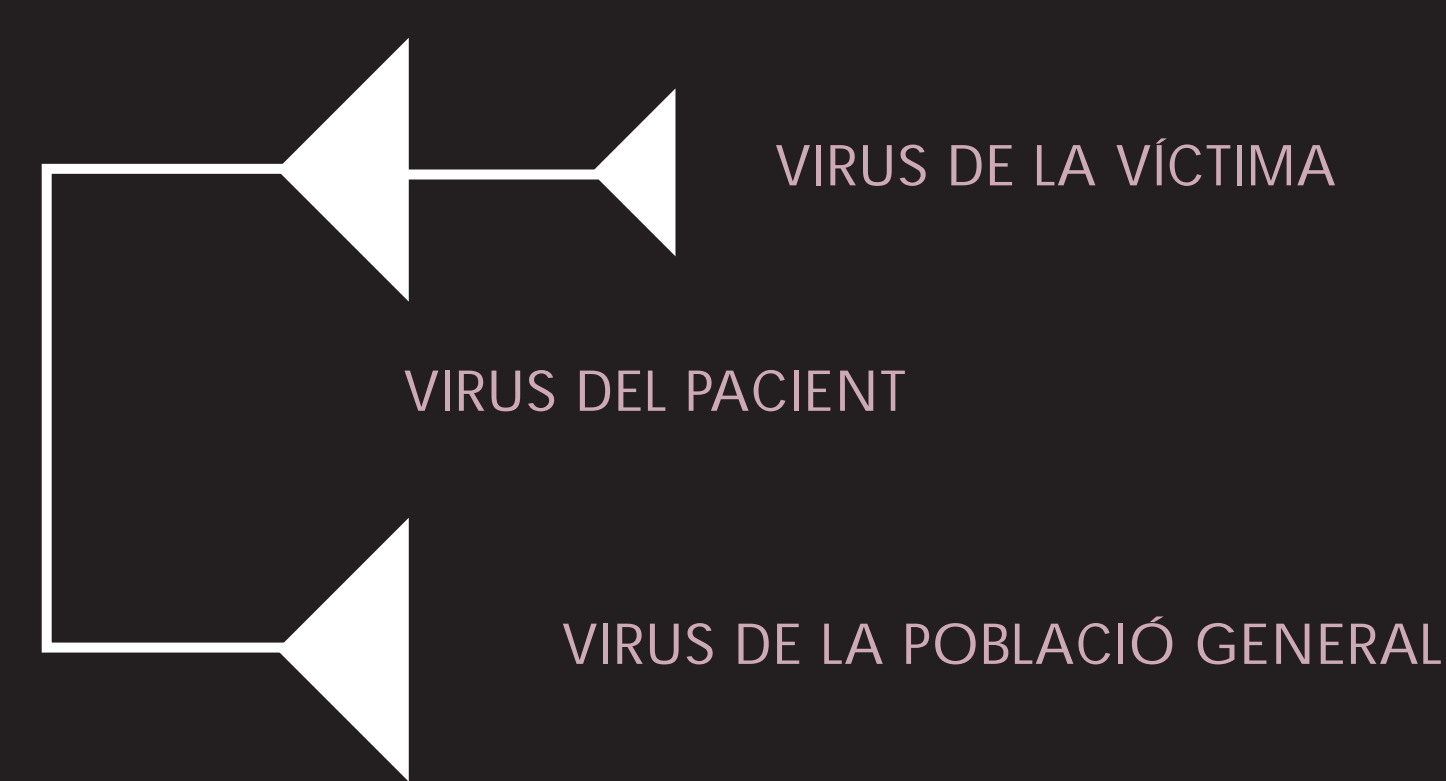
# La teoria de l'evolució és útil

LA TEORIA DE L'EVOLUCIÓ ÉS LA MILLOR EXPLICACIÓ QUE TENIM PER A UN FET IRREFUTABLE: LES ESPÈCIES CANVIEN AMB EL TEMPS. LA TEORIA DE L'EVOLUCIÓ TÉ APLICACIONS PRÀCTIQUES EN CAMPS COM L'AGRICULTURA, LA MEDICINA, LA PSICOLOGIA, L'ANÀLISI FORENSE O LA GESTIÓ DELS ESPAIS NATURALS.

L'evolució en les nostres mans  
Fa més de 10.000 anys que la nostra espècie ha estat aprofitant el canvi evolutiu sense saber-ho. A través de la selecció artificial hem aconseguit varietats de plantes, animals o microorganismes útils per a alimentar-nos, vestir-nos, ajudar-nos en el treball, fer-nos companyia o defensar-nos. L'agricultura i la ramaderia són evolució aplicada.  
Cursa d'armaments

La comprensió evolutiva de la vida és essencial per al disseny de les polítiques de salut pública o de les estratègies terapèutiques més eficaces. Cal comprendre l'evolució d'un virus o d'un bacteri, com es fan resistents als medicaments o com es dispersen per les poblacions per poder combatre'ls eficaçment.  
L'arbre de la vida als tribunals  
En diverses ocasions s'han usat les proves filogenètiques per a demostrar casos d'infeccions amb responsabilitat penal. Un exemple molt conegut és el cas Maeso, la infecció massiva de pacients pel virus de l'hepatitis C a partir del virus que portava un anestesista.

EL CAS DE  
L'ESTOMATÒLEG VENJATIU  
Infecta la seua examant amb el virus de la SIDA



El 4 de març de 2002 el doctor Schmidt, estomatòleg de Lousiana (EUA) fou condemnat per intent d'homicidi en segon grau a la seua examant. L'arma emprada fou una xeringa amb la qual injectà sang infectada amb virus de la SIDA (VIH). Per provar l'acusació, la policia recollí mostres de sang d'un pacient del doctor que havia estat atès abans de la discussió. L'anàlisi filogenètica del virus demostrà que els virus de la dona estaven emparentats estretament amb els del pacient, dues persones que mai no s'havien trobat i, per tant, no podien infectar-se mútuament.

