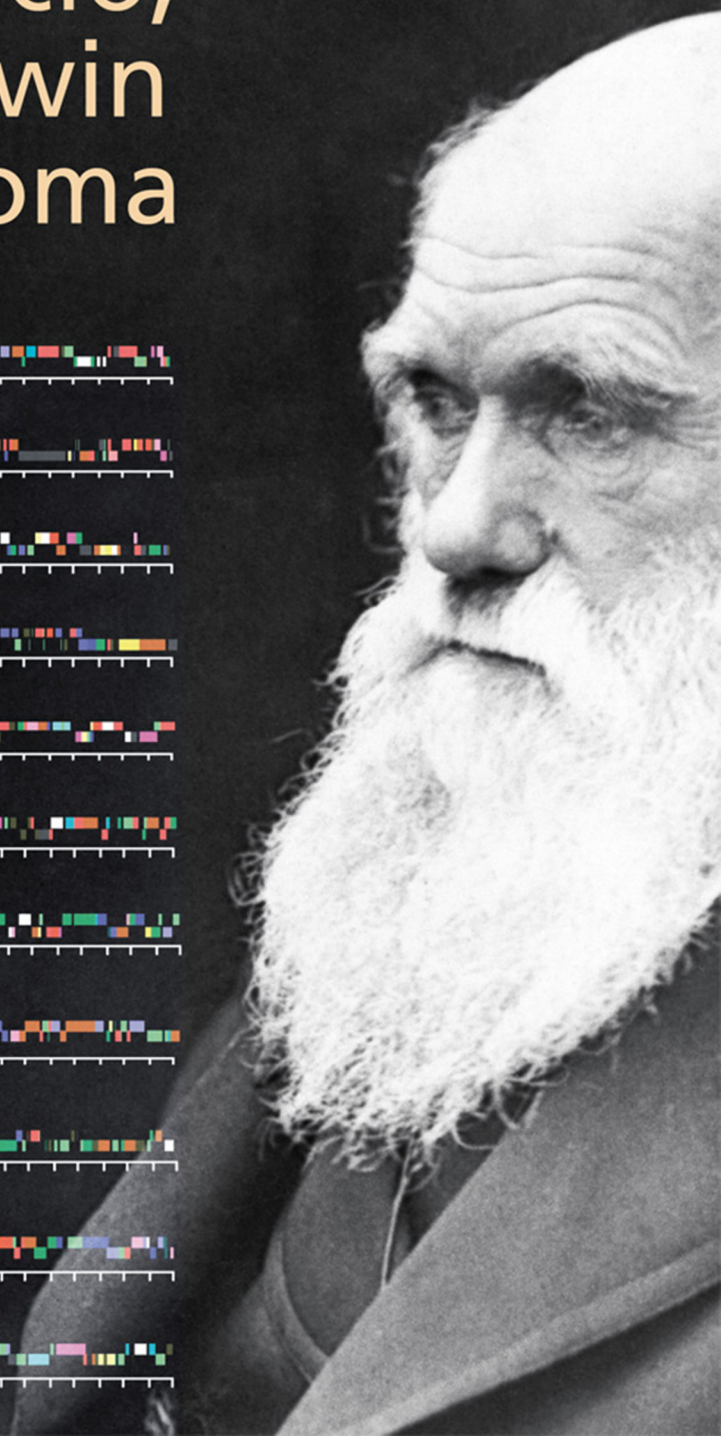
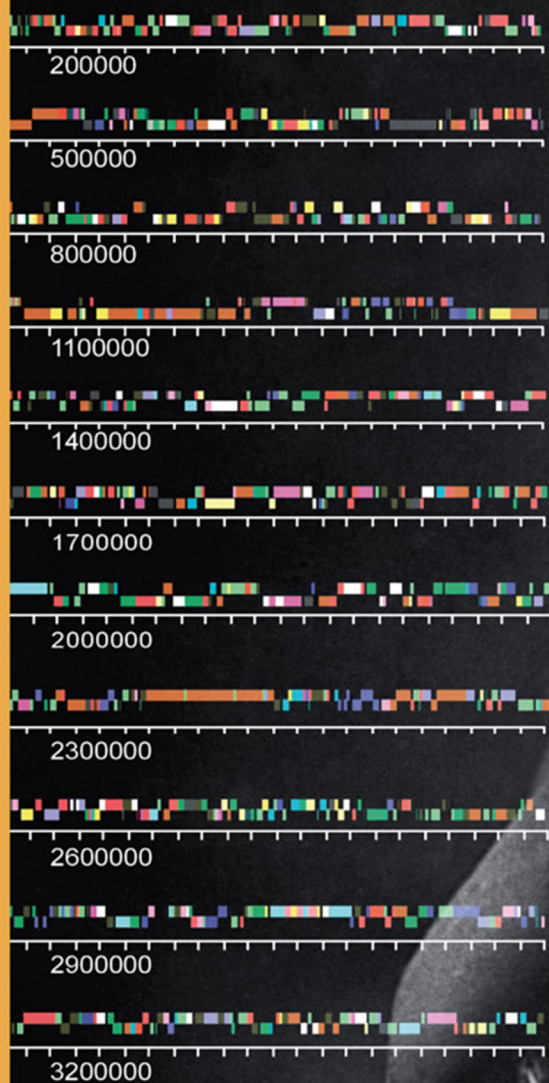


Fernando González Candelas *sense fronteres*

L'evolució, de Darwin al genoma



INTRODUCCIÓ

L'any 2009 s'escauen dos aniversaris importants per a la teoria de l'evolució: s'acompleixen 200 anys del naixement de Charles Darwin, el principal científic responsable de la formulació i la difusió de la teoria, i 150 anys des que Darwin va publicar el llibre en què exposava aquesta teoria: *L'origen de les espècies*. Tenim en certa estima les xifres més o menys redones i aquest doble aniversari ens permet commemorar els dos esdeveniments amb la publicació d'un text en el qual es divulguen els postulats principals d'aquesta teoria, actualitzats amb els progressos de la ciència des de la primera publicació, i mostrar la rellevància de la teoria evolutiva, no sols per a la biologia, sinó per a moltes activitats humanes en camps tan diversos com la medicina, l'agricultura, la conservació de la biodiversitat, la filosofia i, fins i tot, el dret, per esmentar-ne només alguns. La difusió de les teories plantejades per Darwin i desenvolupades per nombrosos científics des d'aleshores compleix un altre paper important: mostrar a la societat la importància del desenvolupament científic en general i de la biologia en particular, en nombrosos àmbits que no semblen estar relacionats amb aquests coneixements. Uns coneixements que no solen tenir-se en consideració quan sectors importants de la nostra societat, i d'altres, s'oposen a l'ensenyament i la

difusió de la teoria evolutiva perquè col·lisiona amb les creences religioses, encara que els punts de fricció es disfressen de controvèrsies científiques.

A Europa, encara no hem arribat a tractar aquests conflictes en seus judicials, com ha passat als Estats Units en diverses ocasions, però els progressos dels grups antievolucionistes en aquest sentit han estat tan cridaners que han provocat que el Parlament Europeu emetera una declaració de suport a l'ensenyament de la teoria de l'evolució. En aquest declaració, es condemnen les pretensions d'alguns governs, com el derrotat en les eleccions de 2006 a Polònia, d'introduir l'ensenyament de teories *alternatives* a l'evolució, com la del disseny intel·ligent i algunes altres versions del creacionisme. La jerarquia de l'església catòlica fa un paper de calculada ambigüitat, amb declaracions i manifestacions contràries a les afirmacions prèvies del papa Joan Pau II, en les quals acceptava la teoria de l'evolució, tot i que hi deixava un paper per al Diví Creador en la inspiració de la naturalesa humana. Altres religions d'àmplia implantació al nostre continent també mantenen signes de suport a posicions antievolucionistes, com ara l'església ortodoxa o molts imams islàmics.

Què hi ha de pervers en la teoria evolutiva perquè confessions tan diferents coincideixen a posar de manifest el seu refús, més o menys formal, a aquesta teoria? Si parem atenció als opositors, que no amaguen les seues conviccions religioses i que les utilitzen en els seus atacs a l'evolucionisme, el motiu és l'assimilació entre evolucionisme i materialisme. Aquesta correspondència es basa en la dessacralització del fenomen vital, en el fet que només es considera el resultat de

processos naturals, del mateix rang que les lleis de la física o de l'astronomia, i en la falta de consideració de l'espècie humana com una espècie *especial* entre les d'altres animals, perquè les seues característiques diferenciadores, sobretot les relacionades amb l'aparició i el desenvolupament de la intel·ligència, són el resultat d'un procés que s'inicia amb uns altres primats i que no té un origen sobtat i de naturalesa sobrenatural.

En proposar la teoria de l'evolució per selecció natural, Darwin tanca la revolució copernicana iniciada amb la demostració de la teoria heliocèntrica, la qual, desenvolupada al llarg dels segles següents, acabaria desmuntant la necessitat d'una intervenció divina per a explicar l'estructura i el funcionament de l'univers que coneixem, des de la disposició i el moviment de les estrelles i els planetes fins a les peculiaritats de l'espècie humana o les propietats dels éssers vius, que no trobem a la matèria inerta. Però si aquesta deïtat, qualsevol que en siga el nom o la forma d'invocar-la, no té cap paper a l'hora de determinar el funcionament de l'univers, per què n'hauria de tenir algun a propòsit de les normes i les lleis morals i ètiques que regeixen el comportament dels humans?

Aquest argument és completament fal·laç perquè la religió no aplica, ni té la intenció de fer-ho, els preceptes de la ciència. I la ciència tampoc no postula ni afavoreix una interpretació de les regles morals ni fa prescripcions sobre com ens hem de comportar amb el proïsme, per exemple, o sobre quin tipus de relacions podem adoptar lliurement amb els éssers als quals una bona part de la humanitat sí que confereix poders especials. La ciència, en algun cas –i hi

ha uns quants assajos interessants sobre això¹ i la filosofia s'ocupen, entre altres activitats, de plantejar explicacions contrastables sobre per què apareix i triomfa, en diferents societats humanes, això que en diem sentiment religiós, la necessitat de creure en éssers, materials o immaterials, dotats de capacitats que els permeten ser qualificats d'omnipresents, omniscients o totpoderosos.

Què explica i com ho fa, la teoria evolutiva? En essència, la teoria de l'evolució explica dues coses: com han aparegut les diferents espècies que han habitat la Terra des que s'hi va iniciar la vida, fa uns 4.000 milions d'anys, i per què observem, en tots els éssers vius que estudiem, característiques de la seua anatomia, de la seua fisiologia i del seu comportament que els permeten aprofitar d'una forma òptima els recursos disponibles al seu voltant. D'això en diem *adaptació*. La genialitat de Darwin va consistir a formular un mecanisme explicatiu comú als dos fenòmens, la diversitat de la vida i l'adaptació dels éssers vius. Aquest mecanisme és la *selecció natural* i la seua formulació és enganyosament simple, perquè es pot resumir en un senzill raonament basat en dues premisses. En primer lloc, tots els éssers vius tenen una gran capacitat per a reproduir-se i poden deixar, en cada generació, moltíssims més descendents dels que podria suportar el medi on habiten. D'altra banda, els individus d'una espècie, tot i que són molt semblants els uns als altres, es diferencien per una

1. Es poden consultar D. Dennett (2006). *Breaking the Spell: Religion as a Natural Phenomenon*, Penguin Group; o F. J. Ayala (2007). *Darwin's Gift to Science and Religion*, Joseph Henry Press, traduït al castellà per Alianza Editorial amb el títol *Darwin y el diseño inteligente. Creacionismo, cristianismo y evolución*.

sèrie de característiques. Moltes d'aquestes característiques es transmeten de pares a fills, d'una generació a la següent: són hereditàries.

A partir d'aquestes premisses, el raonament de Darwin va ser el següent: com que el nombre de descendents produïts en una generació excedeix de molt els que pot suportar el medi, és inevitable que una part muira. Si el fet que un individu hi sobrevisca o no en aquesta lluita per l'existència té alguna relació amb aquestes característiques que diferencien els uns dels altres, aleshores els supervivents compartiran amb més freqüència aquestes característiques avantatjoses. Com que aquest procés es repeteix en una generació i en la següent, la proporció d'individus de la població que comparteixen aquesta característica anirà augmentant gradualment fins que arribarà un moment en què tots els individus de la població la tindran i, en arribar a aquest punt, ja no marcarà la diferència entre els que hi sobreviuen i els que no. Aquest canvi gradual en les característiques de les poblacions, acumulat al llarg de generacions, permet l'aparició de noves espècies i, simultàniament, explica per què les característiques que observem en aquests individus semblen dissenyades a propòsit per a permetre'n la supervivència i la reproducció, és a dir: són adaptatives. Aquest procés de supervivència i reproducció diferencials en condicions de creixement poblacional limitat, que depèn d'unes característiques hereditàries que diferencien uns individus dels altres en la mateixa població, és el procés conegut amb el nom de selecció natural.

Formulat d'aquesta manera, el raonament és extraordinàriament senzill i el principi de la selecció natural n'és una conseqüència lògica, quasi inevitable. Però, com veurem a

continuació, les coses no són tan senzilles i cadascun dels elements del raonament, fins i tot les premisses que en són la base, ha estat sotmés a un escrutini detallat des de fa segle i mig: la teoria ha respost satisfactòriament a tots els reptes que se li han plantejat. Això no vol dir que pugui explicar tots els fenòmens i totes les observacions que s'han fet fins a l'actualitat, però proporciona el marc interpretatiu i metodològic necessari per aconseguir-ho. Per això és una teoria científica i no una creença o una revelació.

ELS PRECURSORS DE DARWIN

La història de la biologia evolutiva comença realment el 1859 amb la publicació de *L'origen de les espècies* per part de Darwin, però moltes de les seues idees tenen antecessors, encara que l'ortodòxia d'aquell temps defensava la immutabilitat de les espècies. Entre els precursors de Darwin podem trobar Maupertius, enciclopedistes com Diderot o el mateix avi de Darwin, Erasmus Darwin. A tots els va interessar la idea que una espècie poguera convertir-se en una altra, però des de l'antiga Grècia i pràcticament en totes les mitologies, trobem descripcions de com sorgeixen els éssers vius i, de vegades, de com es transformen en uns altres. Però aquestes influències són mínimes en el desenvolupament del pensament de Darwin i d'altres evolucionistes, si les comparem amb les d'alguns precursors més immediats.

El descobriment de l'evolució deu molt als naturalistes i anatomistes il·lustrats del segle XVIII, sense el treball metòdic dels quals no hauria estat possible fonamentar científicament el fet evolutiu. En començar a estudiar la natura amb més detall, hi apareixien contínuament noves espècies, l'ordenació de les quals en una escala natural resultava cada volta més complicada. Però alguns naturalistes, com Carl Linné, no podien abandonar la idea que Déu havia creat la natura segons un ordre. Aquest ordre natural, per tant,

s'havia de reflectir en la classificació sistemàtica de les espècies i aquest va ser l'objectiu que va perseguir Linné, amb bastant èxit. A ell devem la idea d'establir una classificació sistemàtica en jerarquies inclusives, que va determinar en quatre nivells –classe, ordre, gènere i espècie– i que continuen utilitzant-se en l'actualitat. Però, des del punt de vista evolutiu, la part més destacada del treball de Linné és que va utilitzar tècniques de classificació i conceptes biològics totalment innovadors per a l'època: va definir el *concepte d'espècie* com la unitat de reproducció i va ser el primer a fer servir les parts florals de les plantes per a la classificació, aprofitant el descobriment recent del paper sexual de les flors. Encara que algunes d'aquestes idees, com el sexe de les flors, no eren ben rebudes als cercles elegants de l'època, és evident que Linné no només va fixar les bases de la moderna sistemàtica, sinó que hi va introduir conceptes que, en el futur, aportarien llum al problema de l'origen de les espècies, com la unitat reproductiva de l'espècie. Però Linné va interpretar tot el seu treball, publicat en la seua obra *Systema Naturae*, des d'un punt de vista fixista i mai no va albirar la possibilitat que la seua classificació, basada en les semblances anatòmiques, poguera ser el resultat del fet que unes espècies procedien d'unes altres, per canvis evolutius.

El descobriment de la natura gràcies a les grans expedicions científiques del segle XVIII a tots els continents va estimular el desenvolupament del concepte d'adaptació de cada espècie a una determinada regió geogràfica. El mateix Linné va formular el concepte d'economia de la natura, segons el qual, en cada regió, les espècies formen una trama de

relacions complexes que els permeten utilitzar els recursos de forma òptima. En aquest sentit, estaven implantant-se les bases modernes de l'ecologia. El concepte d'adaptació al medi i l'augment espectacular de noves espècies descobertes feia difícil pensar que l'arca de Noé haguera pogut albergar tantes espècies i que, després del diluvi, totes les espècies hagueren pogut arribar, des de l'arca, a tots els confins de la Terra, amb una adaptació perfecta a cada ambient. Aquesta classe de problemes, per puerils que ens puguen semblar ara, ocupaven una gran part de les discussions il·lustrades de l'època i reflectien la dificultat per a acomodar els nous descobriments científics al marc conceptual bíblic imperant, sobre el qual es fonamentava aquella societat. Al final del segle XVIII, molts naturalistes havien descrit les associacions entre les espècies i el medi i això va servir de base per a la formulació dels conceptes moderns de fauna i flora regionals. Aquest coneixement feia impossible mantenir que totes les espècies s'hagueren originat al mateix lloc i això no només contradeia el mite de l'arca de Noé, sinó també la idea de l'illa primitiva de Linné.

Un contemporani de Linné, George-Louis Leclerc, comte de Buffon, va ser el principal defensor del punt de vista alternatiu, segons el qual, cada espècie s'havia originat al lloc on estava adaptada. Els seus estudis naturalistes sobre les flores i les faunes regionals van permetre establir el concepte de *regions biogeogràfiques*. Buffon també va observar que, algunes vegades, espècies que ocupaven el vell i el nou món presentaven semblances, a pesar de la formidable barrera oceànica que les separava. La seua explicació va ser que totes aquestes espècies, de les quals un exemple eren els grans fe-

lins, tenien un origen comú i que les variacions entre elles es devien a la influència dels diversos ambients. És difícil saber si Buffon tenia la idea general de l'evolució en la ment quan va formular aquesta hipòtesi, encara que es va veure obligat a corregir algunes parts de la seua *Història Natural* perquè els censors de la Sorbona les consideraren herètiques. El cas és que Buffon va reivindicar la idea d'espècie com una unitat reproductiva, però mai no va emetre un judici explícit sobre l'efecte de l'ambient en la formació de noves espècies, sinó que es va limitar a constatar alguns canvis poc importants, causats per aquest motiu.

En aquest ambient de controvèrsia, les proves definitives de la direccionalitat en els canvis terrestres devien procedir de l'estudi dels fòssils, gràcies a una nova ciència, la paleontologia. El treball definitiu en aquest aspecte va ser realitzat per Georges Cuvier, professor del Museu d'Història Natural de París i fundador de l'*anatomia comparada* moderna. Els seus minuciosos estudis basats en la dissecció d'animals el portaren a formular dues lleis fonamentals en anatomia. La primera, denominada *lei de la correlació entre les parts*, indica que un animal ha de tenir totes les parts del cos coordinades per tal que el funcionament provoque una adaptació perfecta. Potser exagerant, Cuvier assegurava que, seguint aquest principi, podia reconstruir l'estructura d'un animal sencer a partir, només, d'un os. Aquest principi ha estat utilitzat repetidament en l'estudi de les restes fòssils per a identificar l'organisme al qual pertanyen i proporcionar descripcions de les parts que faltaven. La segona llei, la de *la subordinació dels caràcters*, postula que les parts del cos més importants per a la classificació són les que estan menys

afectades per l'adaptació a les diferents condicions de vida. En llenguatge modern, diríem que els caràcters de més valor per a estudiar les relacions evolutives són els menys influïts per la selecció natural. Aquesta llei, formulada fa 200 anys, continua vigent.

A partir de la comparació d'organismes pròxims i de l'observació de les modificacions sofertes per un dels seus òrgans, Cuvier va constatar la correlació d'aquests canvis amb l'adaptació de cada organisme. Amb aquesta formació bàsica, Cuvier desenvolupà un gran interès pels fòssils. Els seus estudis es van iniciar l'any 1796, quan arribaren a París les restes fòssils d'un vertebrat gegant, procedents del Paraguai. Cuvier el va denominar *Megatherium* (en llatí, 'gran bèstia') i el va classificar dins la mateixa família que els actuals perososos d'Amèrica del Sud. Com que, llavors, ja no hi havia perososos de dimensions gegants, Cuvier va deduir que les restes corresponien a una espècie que s'havia extingit. Més tard, utilitzant la seua llei de les correlacions entre les parts, Cuvier va poder reconstruir esquelets sencers de molts altres organismes, a partir d'alguns ossos fòssils. Moltes d'aquestes reconstruccions eren d'organismes gegants, com grans elefants i mamuts; especialment famosa va resultar la reconstrucció de l'organisme que ell denominà mastodont (gènere *Mastodon*) a partir dels ossos de les extremitats, dels ullals i dels molars fossilitzats.

L'abundància d'organismes fòssils gegants, semblants als actuals però que mai no havien estat descoberts per les expedicions científiques, va convèncer els més escèptics que es tractava d'espècies desaparegudes i que, per tant, l'extinció era un fet real. Per a Cuvier, allò també era una

prova que no existien discontinuïtats en l'escala de la natura i que, a més, si hi havia extincions era perquè la suposada economia de la natura no era tan real. Així, Cuvier va comprendre que la història de la Terra s'havia de mesurar en termes de milers de segles i, sorprés per l'abundància de les extincions, va formular la seua *teoria de les catàstrofes*, que el va fer famós.

Cuvier va morir l'any 1832, en un moment en què les idees evolucionistes començaven ja a formar-se. Darwin, que n'era contemporani, va ser un gran admirador del seu treball. En realitat, el desenvolupament de les idees evolutives del segle XIX no es pot comprendre sense els grans progressos científics realitzats durant els dos segles anteriors, motiu pel qual Darwin va escriure, a la fi de la seua vida, que Linné i Cuvier havien estat els seus déus. Aquesta afirmació s'hauria d'estendre també a Buffon, a Werner, a Hutton i a tants altres naturalistes, geòlegs i paleontòlegs que feren possible el descobriment de l'evolució, a pesar que ells no eren evolucionistes.

Un dels més influents va ser el naturalista francès Jean-Baptiste Lamarck, qui en la *Philosophie Zoologique* (1809) va considerar que, amb el pas del temps, unes espècies es converteixen en unes altres. La seua idea es coneix actualment amb el nom de *transformisme* en compte d'evolució perquè, per a ell, els llinatges no es dividien i es diversificaven ni tampoc s'extingien, sinó que assolien un nou estadi en l'escala evolutiva. El principal mecanisme de canvi en les espècies proposat per Lamarck eren les «forces internes»: una classe de mecanisme desconegut mitjançant el qual un organisme produïa una descendència lleugerament diferent d'ell mateix,

de manera que, quan els canvis s'hi acumulaven durant moltes generacions, la línia s'havia transformat i, potser, s'havia convertit en una nova espècie.

Un altre mecanisme proposat per Lamarck, menys important però que ens el fa recordar, és el de l'*herència dels caràcters adquirits*. A mesura que un organisme es desenvolupa adquireix noves característiques a causa de la seua història particular d'accidents, malalties o esforços musculars. El suggeriment de Lamarck és que les espècies podien transformar-se si aquestes modificacions, adquirides individualment com una resposta als requisits plantejats per a la supervivència en un medi concret, podien transmetre's a la descendència, i així anaven incorporant-se noves modificacions amb el transcurs del temps. Un dels exemples més famosos és el de la longitud del coll de les girafes, que era el resultat de la necessitat d'alimentar-se de branques d'acàcies cada vegada més altes, a la sabana, les úniques on hi ha fulles i brots comestibles en temps d'escassetesa. L'esforç realitzat quasi contínuament per assolir aquestes branques més elevades produeix un estirament de tot l'individu, sobretot del coll, que arriba a adquirir un caràcter permanent. Aquesta proposta no és original de Lamarck, sinó que la trobem ja en autors clàssics com Plató.

Les idees de Lamarck contenien el germen de futurs progressos en les teories evolutives de l'adaptació basades en la interacció entre l'organisme i l'ambient, però va tenir poca ressonància al seu temps, potser perquè van quedar a l'ombra d'altres debats. Lamarck es va enfrontar, científicament i personalment, a Cuvier, que havia establert d'una forma fixa els quatre plans fonamentals d'organització en el regne

animal: vertebrats, articulats, mol·luscos i radiats. L'escala natural estava trencada i era impossible passar d'un graó a l'altre mitjançant canvis adaptatius. Resultava difícil contrarestar la gran precisió de les descripcions anatòmiques de Cuvier, però Lamarck encara va poder presentar una gran prova positiva d'evolució gradual anatòmica: en aquella època es va descobrir que el fetus d'una balena, que no tenia dents en estat adult, sí que presentava uns rudiments de dents en els estats embrionaris.

Actualment, aquestes observacions de caràcters ancestrals en estadis juvenils constitueixen una de les proves més concloents de l'evolució, però en temps de Lamarck van ser interpretades basant-se en l'existència d'un pla unitari en la construcció dels éssers vius. La unitat de tipus és una concepció derivada de les idees romàntiques de la filosofia natural de l'època, segons la qual tots els éssers vius comparteixen un mateix tipus constructiu. Un altre col·lega de Lamarck al Museu de París, Geoffroy Saint-Hilaire, va defensar aquest punt de vista fins a l'extrem que va arribar a homologar no sols les distintes parts dels vertebrats, sinó també a establir homologies entre cada part d'un vertebrat i una altra corresponent a un insecte o a un mol·lusc. Cuvier va desballestar aquest argument extremista en una hàbil presentació a l'Acadèmia de les Ciències. Com veurem més endavant, els descobriments recents en la regulació genètica del desenvolupament han permès una certa reivindicació de les idees de Saint-Hilaire, una volta comprovada la correspondència entre els gens encarregats de regular el desenvolupament del cos dels animals, amb independència dels plans de construcció als qual calia adscriure'n cadascun.