

# Evoluționismul și biologia moleculară

## O incursiune istorică

Octavian Popescu

**O**riginea speciilor sau *Despre originea speciilor* („*On the origin of species by means of natural selection or The preservation of favoured races in the struggle of life*”), publicată de Charles Robert Darwin la Londra (24 noiembrie 1859), este prima descriere credibilă a evoluției biologice. Simultan și independent de Darwin, Alfred Russell Wallace exprimă aproximativ aceleași idei. Este evident că Darwin nu a descoperit evoluția și nici nu a prezentat prima descriere coerentă a evoluției. Ideea că lumea vie trebuie să aibă o istorie aparține contelui **Georges-Louis Leclerc de Buffon și Jean-Baptiste Lamarck**. Lamarck, în *Philosophie Zoologique* (publicată în anul în care s-a născut Darwin) a presupus pentru prima dată că toată lumea vie are la bază o transformare progresivă, mergând de la simplu la complex. Totuși, în concepția lui Lamarck, evoluția se bazează pe tendința înăscută spre perfecțiune a organismelor vii, o idee inacceptabilă pentru o gândire rațională. Darwin a fost primul care a oferit o extraordinară imagine, rațională și argumentată, pentru originea întregii diversități a lumii vii dintr-un singur strămoș comun. Motorul schimbării este *selecția naturală*. Viziunea sa despre evoluția lumii vii a fost suficient de completă și convingătoare pentru a influența profund gândirea majorității naturaliștilor, în particular, și a oamenilor de știință precum și a publicului educat, în general. Emil RACOVITȚĂ, referindu-se la evoluție și problemele ei, afirma în 1927: „Dacă ne-am ținea strict de talmăcirea acestor vorbe, ar trebui, într-adevăr, să vă vorbesc de Universul întreg și de ființarea lui, căci noțiunea de evoluție domină istoria orișicărui fenomen pe care i-a fost dat omenirii ca să-l înțeleagă... Noțiunea de evoluție nu este nici ipoteză, nici teorie, este o constatare de fapt, este una dintre cele mai sigure și fundamentale dobândiri ale științei și constituie, împreună cu principiul conservării energiei, cea mai de preț comoară din zestrea, atât de greu agonisită, a omenirii de azi”. Astfel, cercetarea biologică din ultimii 150 de ani a „evoluat” în acest cadru creat de ideile lui Darwin și Wallace. Termenul „*evoluție*” nu a fost folosit decât mai târziu (Darwin, în ediția a VI-a, din 1872, a cărții sale *Originea speciilor* și Wallace, în culegerea de conferințe intitulată *Darwinism*, din 1889).

Principalele idei ale lui Darwin, argumentate cu dovezi experimentale, au fost:

1. Actele supranaturale ale Creatorului sunt incompatibile cu ceea ce se observă și se constată experimental în natură.
2. Toate formele de viață au evoluat din unul sau câteva tipuri de organisme.
3. Speciile evoluează din varietăți pre-existente prin intermediul selecției naturale.
4. Apariția unei specii noi are loc treptat și este un proces de lungă durată.
5. Categoriile taxonomice superioare (genuri, familii etc.) evoluează prin aceleași mecanisme implicate în evoluția speciilor.
6. Cu cât asemănările între astfel de taxoni sunt mai mari, cu atât aceștia sunt mai apropiați în evoluție și cu atât mai recentă este divergența

lor din ultimul strămoș comun, numit în prezent *ultimul strămoș comun universal* („*Last Universal Common Ancestor*” - LUCA).

7. Extincția este în primul rând rezultatul competiției interspecifice.

8. Înregistrările geologice sunt incomplete: absența formelor intermediare de tranziție între specii și taxonii superiori se datorează breșelor în cunoștințele noastre.

După E. Mayr, dacă se compară termenul „*darwinism*” cu conținutul cărții *Originea speciilor*, se disting cinci concepte:

- 1) evoluția, ca atare;
- 2) teoria strămoșului comun;
- 3) gradualismul;
- 4) multiplicarea speciilor;
- 5) selecția naturală.

Dilema lui Darwin privind „*verigile lipsă*”, în special între grupurile mari de vertebrate, a fost parțial rezolvată chiar în timpul vieții sale, dar mai ales în ultimii 25 de ani. Astfel, au fost identificate: pentru tranziția pești - amfibieni, genul *Panderichtys* (formă intermediară între peștele *Eustenopteron* și amfibianul *Acanthostega*, de acum cca. 370 milioane de ani); pentru tranziția amfibieni - vertebrate terestre, genul *Pederpes* (grad intermediar între amfibienii primari acvatici din Devonianul Superior și tetrapodele timpurii, de acum cca. 350 milioane de ani); pentru tranziția reptile - mamifere, genul *Thrinaxodon* (reptile asemănătoare mamiferelor, care prezintă caractere mixte de reptile și mamifere, de acum cca. 230 milioane de ani); pentru tranziția dinozauri - păsări, genul *Microraptor* (grad intermediar anterior păsărilor primitive capabile de zbor, cum a fost, de exemplu, *Archaeopteryx*, de acum cca. 126 milioane de ani); pentru tranziția șopârle - șerpi, genul *Pachyrhachis* (șarpe primitiv cu picioare, taxon de tranziție care conectează șerpilor la un grup dispărut de reptile asemănătoare șopârlelor); pentru tranziția strămoși ai cimpanzeilor - oameni moderni, genul *Sahelanthropus* (cel mai primitiv hominid african, asemănător maimuțelor, un mozaic de caractere primitive de tipul celor proprii cimpanzeilor și caractere hominide derivate, de acum 5-7 milioane de ani) etc.

De asemenea, postulatul strămoșului comun a fost verificat printr-o multitudine de date moleculare. În această privință, contribuția biologiei moleculare a fost substanțială.

Trebuie menționat, însă, că viziunea lui Darwin nu are la bază genetica deoarece mecanismele eredității erau încă necunoscute. Nici Darwin și nici Wallace nu știau cum se transmit caracterele. Gregor Mendel (1822-1884) este cel care a înțeles și demonstrat cum funcționează ereditatea (1866). Din păcate, Mendel și rezultatele sale au fost redescoperite abia la începutul secolului al XX-lea.

Din punct de vedere istoric, se disting trei etape în dezvoltarea teoriei moderne a evoluției:

1. *Darwinismul*.
2. *Neo-darwinismul*.
3. *Teoria sintetică*.

*Darwinismul* începe în 1859 cu Darwin și

Wallace. Deoarece Darwin a acceptat principiul lamarckian al moștenirii caracterelor dobândite ca o sursă de variabilitate biologică, această etapă ar putea fi numită și perioada „*Lamarck-Darwin-Wallace*”.

*Neo-darwinismul* sau „*teoria darwinistă extinsă*” este marcată, în special, de zoologul și citologul german August WEISMANN. În 1892, Weismann a respins pe baza unor date experimentale posibilitatea transmiterii ereditare a caracterelor dobândite, ca mecanism al evoluției, și a postulat că reproducerea (recombinarea) sexuală creează în fiecare generație o nouă populație variabilă de indivizi. În continuare, selecția naturală acționează asupra acestei variabilități și determină cursul schimbărilor evolutive. Wallace a aderat total la aceste principii, chiar înainte de a fi publicate de Weismann, și le-a integrat în cartea sa *Darwinismul*. În ceea ce privește poziția zoologului și embriologului german Ernst HAECKEL, lucrurile nu sunt la fel de clare. Adesea, Haeckel este considerat a fi fost cel mai eminent darwinist din țara sa, deoarece el s-a declarat încă din 1862 adept al concluziilor la care a ajuns Darwin în *Originea speciilor*. Nu a încetat niciodată să se proclame partizan al naturalistului englez și să apere teoria evoluției. Totuși, o examinare atentă a operei sale, în special a *Morfologiei generale* (1866), scoate în evidență faptul că gândirea sa se înscrie într-o tradiție foarte îndepărtată de Darwin. Deși a acceptat ideea selecției naturale, pe care o folosește ca argument în favoarea materialismului, Haeckel a adoptat în realitate o viziune a evoluției mai apropiată, din anumite puncte de vedere, de cea a lui Lamarck.

*Teoria sintetică* încorporează date experimentale furnizate de genetică, sistematică și paleontologie. Teoria sintetică a evoluției sau *sinteza neo-darwinistă* nu trebuie confundată cu neo-darwinismul sau teoria neo-darwinistă. Stabilirea fundamentelor genetice ale evoluționismului a fost un proces lent, la care au contribuit geneticienii și matematicienii Ronald Aylmer Fisher, John Burdon Sanderson Haldane și Sewall Wright. În anii '30 ai secolului al XX-lea s-a impus o nouă disciplină, *genetica populațiilor*, apărută simultan cu apariția teoriei sintetice a evoluției și bazată, mai ales, pe date experimentale și concepte teoretice furnizate de cercetarea științifică în domeniul geneticii. Această etapă a dezvoltării evoluționismului este numită și „*darwinism bazat pe genetică*”. Spre deosebire de Darwin, teoria sintetică a evoluției respinge ereditatea caracterelor dobândite: *genotipul este independent de fenotip*. Principalii contributori, recunoscuți de majoritatea specialiștilor în istoria biologiei și istoria științei, au fost geneticianul Theodosius Dobzhansky, sistematicianul Ernst Mayr, zoologul Julian Sorell Huxley, paleontologul George Gaylord Simpson, zoologul Bernhard Rensch și botanistul George Ledyard Stebbins. Dobzhansky și Simpson, prin prestigiul lor, au impus teoria sintetică a evoluției. „*Piatra de temelie*” a teoriei sintetice este considerată cartea lui Dobzhansky *Genetics and the Origin of Species*, publicată în 1937, în care a lansat celebra frază: „*nimic în biologie nu are sens decât în lumina evoluției*” („*nothing in biology makes sense except in the light of evolution*”). Dezvoltarea teoriei sintetice a evoluției, operă colectivă, a avut un rol fundamental în „*lansarea*” biologiei moleculare. Principiile de bază ale teoriei sintetice au fost:

1. Unitățile evoluției sunt populațiile de orga-





nisme.

2. Variabilitatea genetică și fenotipică în populațiile de plante și animale este produsă prin recombinare genetică ca rezultat al reproducerii sexuale și al mutațiilor la întâmplare.

3. Cea mai importantă forță care modelează cursul evoluției fenotipice este selecția naturală.

4. *Speciația* se definește ca o etapă în procesul evoluției. *Speciația alopatică*, evoluția divergentă a populațiilor care sunt izolate geografic una de alta, se află, probabil, la originea celor mai multe specii de animale. Totuși, *speciația simpatică*, speciație independentă de izolarea geografică, este dovedită la plantele superioare, insecte, pești și păsări.

5. Tranzițiile în evoluția populațiilor sunt de obicei treptate (graduale); speciile noi evoluează din varietăți pre-existente printr-un proces lent și mențin în fiecare etapă adaptările lor specifice.

6. *Macroevoluția*, apariția de taxoni superiori speciei, este un proces gradat, pas cu pas, care nu este decât o extrapolare a *microevoluției* (originea raselor, varietăților și speciilor). *Macroevoluția* se referă la ceea ce s-a întâmplat cu mult timp în urmă, implicând scale de timp geologice, cu relațiile dintre specii, familii și filum-uri, cu originile atât ale grupurilor majore noi de organisme cât și ale genelor și familiilor de gene, precum și cu relația dintre organisme și mediu (cum ar fi morfologia și fiziologia). *Microevoluția* studiază, fie în laborator, fie în natură, procesele și mecanismele biologice, utilizând ca modele experimentale organismele din zilele noastre. Între acestea, de o atenție deosebită se bucură generarea diversității genetice și diferite aspecte ale selecției. Pentru diversitatea genetică, cele mai importante sunt mutațiile, care cuprind: mutații punctuale, inserții și deleții, duplicări de gene, conversii de gene, rearanjamente cromozomiale și transferul orizontal de material genetic. Pentru selecție, există o continuitate de la selecția negativă la selecția pozitivă, continuitate asigurată de mutațiile neutre. Problema fundamentală este următoarea: în ce măsură *microevoluția* (mecanisme și procese cunoscute) poate explica *macroevoluția*, respectiv ceea ce s-a petrecut în trecut? Este aproape unanim acceptat faptul că mecanismele *microevoluției* sunt necesare pentru evoluție, dar sunt ele oare suficiente?

Trebuie menționat că, la începuturile sale, teoria sintetică s-a bazat foarte mult pe date experimentale obținute cu modele eucariote. Ulterior, s-a dat atenția cuvenită și procariotelor, în încercarea de a deduce cum a început viața și cum s-a ajuns la reproducerea sexuală. Microorganismele procariote, ființe unicelulare apărute în Arhaic (perioadă a Precambrianului) de acum cca. 5 miliarde de ani, sunt cele mai abundente (în termeni de biomasă) și cu o diversitate ecologică considerabilă. Microorganismele se reproduc asexuat prin fisiune binară, dar un rol foarte important are transferul orizontal de informație genetică.

Prin unificarea viziunii asupra lumii vii, teoria sintetică a „încurajat” specialiștii în *biologie moleculară* în speranța lor de a descifra mecanismele fundamentale ale funcționării și replicării ființelor vii. Anul 1959 este considerat drept data când teoria sintetică a evoluției adoptă forma sa definitivă, cu ocazia celebrării centenarului cărții *Originea speciilor*, la Chicago. Mai nou, după anul 2000, celor șase „arhitecți” ai teoriei sintetice (Dobzhansky 1937; Mayr 1942; Huxley 1942; Simpson 1944; Rensch 1947; Stebbins 1950) li se pot alătura: Wolf-Ernst Reif, Thomas Junker și Uwe Hossfeld.

Organismele modificate genetic, terapia genică, clonarea genică, clonarea de organisme, genetica structurală și funcțională sunt noțiuni care, de mai bine de 30 de ani, se află în centrul atenției marelui public. Intervenția directă asupra patrimoniului genetic individual a devenit posibilă, în primul rând, datorită *biologiei moleculare*. Biologia moleculară nu este o disciplină nouă *stricto sensu*, ci mai degrabă o nouă modalitate de a percepe *viul ca deținător și transmițător de informație*. Biologia moleculară a apărut în prima jumătate a secolului al XX-lea ca o sinteză a mai multor discipline: genetică, microbiologie, biochimie, biofizică, sinteză realizată de fizicieni și chimiști. Contribuția acestora a fost, în primul rând, conceptuală, dar nu trebuie minimalizată nici contribuția metodologică.

În ciuda declarațiilor inițiale ale fondatorilor biologiei moleculare, „conflictul” cu autorii teoriei sintetice, în special cu Dobzhansky, Huxley și Mayr, nu a putut fi evitat. Specialiștii în biologie moleculară voiau să „deplaseze” studiul fenomenelor evolutive de la nivel de individ sau populație la nivelul moleculelor componente. În această situație, „reducerea” biologiei la chimie și fizică putea anula toate eforturile evoluționiștilor care se străduiau să facă din biologie o știință autonomă, unificată, chiar un model pentru alte științe.

O confruntare asemănătoare, dar de mai mică amploare, s-a constatat în anii '70 ai secolului trecut, de data aceasta între biologia moleculară „reducționistă” și alte discipline biologice. Abordarea reducționistă definea evoluția în termeni de „modificări ireversibile ale compoziției genetice a populațiilor” și se concentra pe nivelul genotipic al organizării unui organism. Dimpotrivă, naturaliștii defineau evoluția ca o „succesiune gradată de modificări (inclusiv ale diversificării speciilor)” și se concentra pe fenotip. De fiecare dată, Mayr a atras atenția că ținta selecției este întregul organism. Cu siguranță că modificările genomice ireversibile sunt absolut necesare pentru evoluție, dar acestea trebuie fixate și, în același timp, perpetuate în populații prin mecanismele selecției naturale; selecția naturală acționează la nivelul schimbărilor fenotipice induse de aceste modificări genomice.

Totuși, în ciuda acestor confruntări teoretice, biologia moleculară a „furnizat” evoluționiștilor instrumente excepționale. Atunci când studiul fenomenelor evoluționiste se rezuma strict la aspectele morfologice, biologia moleculară a pus la dispoziție o cantitate considerabilă de date experimentale privind proteinele și, ulterior, macromoleculele de acizi nucleici. Primul rezultat concret a fost confirmarea variabilității genetice în cadrul aceleiași specii, fenomen a cărui existență a fost anticipată de Dobzhansky.

În majoritatea lor, variațiile observate erau foarte probabil neutre, „scăpând” astfel de selecția naturală. În acest context, geneticianul japonez Motoo Kimura a propus în 1968 un *model neutralist al evoluției*, care, fără a fi anti-darwinist, minimizează rolul selecției în evoluție. Darwin însuși a sugerat că unele însușiri morfologice ar putea fi neutre din punct de vedere al selecției. În anii '60, specialiștii în biologie moleculară au constatat că, în timp ce compoziția în nucleotide diferă foarte mult de la o specie bacteriană la alta, compoziția în aminoacizi variază simțitor mai puțin. Aceasta a constituit germenul neutralității la nivel molecular. Argumentația lui Kimura s-a bazat pe două observații: o rată înaltă a substituțiilor de aminoacizi și o cantitate mare de polimorfisme la diferite organisme. Dacă o rată aproximativ uniformă a substituțiilor de aminoacizi este extrapolată la genomul mamiferelor, atunci

rata de substituții nucleotidice într-un genom devine de câteva sute de ori mai mare decât estimarea bazată pe selecția darwinistă. Astfel, *teoria neutră a evoluției* afirmă că marea majoritate a modificărilor în cursul evoluției la nivel molecular sunt inițiate și produse de deriva aleatoare a mutațiilor neutre din punct de vedere al selecției și nu de selecția darwinistă. Această teorie explică foarte bine două caracteristici principale ale evoluției moleculare: constanța sau uniformitatea ratei de evoluție și „conservatorismul” modului de evoluție limitat de „constrângeri”, în contradicție evidentă cu evoluția fenotipică unde rata este variabilă, iar modul este oportunist. Uniformitatea aparentă a ratei de evoluție poate fi exemplificată cu globina din hemoglobina umană atunci când este comparată cu cea de la gorilă, cal și crap. Cu cât timpul de divergență este mai apropiat, cu atât diferențele în secvența de aminoacizi sunt mai mici și invers. În ceea ce privește „conservatorismul”, cu cât „constrângerile” sunt mai puternice, cu atât evoluția este mai „redușă”. De exemplu, histona IV are cea mai redusă rată de evoluție, în timp ce proteinele fibrilare au cea mai ridicată rată de evoluție. „Constrângerile” selective derivă din necesitatea conservării structurale și funcționale. În cazul histonei IV „constrângerile” sunt atât de puternice, că aproape nicio substituție de aminoacizi nu este permisă. Pentru proteinele fibrilare, „constrângerile” sunt foarte slabe și, practic, orice substituție de aminoacizi este permisă în cursul evoluției. Pentru alte proteine „constrângerile” se situează între aceste două extreme. Și în evoluția ADN-ului se constată același lucru. Regiunile necodificatoare se modifică rapid, comparativ cu regiunile codificatoare. În teoria neutră a evoluției, ratele de schimb sunt o funcție simplă a ratei de mutație neutră. Pentru a explica relația între rata de evoluție și „constrângeri”, teoria neutră admite că anumite mutații noi nu sunt supuse la „constrângeri” (mutații selectiv neutre), în timp ce marea majoritate, datorită efectelor „distructive” (negative), sunt eliminate dintr-o populație. Totuși, selecția naturală nu poate fi chiar așa de simplă și nu poate acționa după principiul „totul sau nimic”. În acest context, a apărut *teoria aproape neutră a evoluției*, ce susține că mutațiile „borderline” (intermediare), care din punct de vedere al efectelor se situează la limita dintre mutațiile „selectate” și mutațiile „neutre”, sunt totuși foarte importante la nivel molecular. O analiză recentă bazată pe date genomice demonstrează că selecția pozitivă este implicată în evoluția proteinelor la *Drosophila* și alte specii. Aceasta, împreună cu alte rezultate, nu sunt compatibile cu teoria neutră a evoluției și oferă dovezi pentru existența selecției naturale la nivel molecular.

(Continuare în numărul viitor)