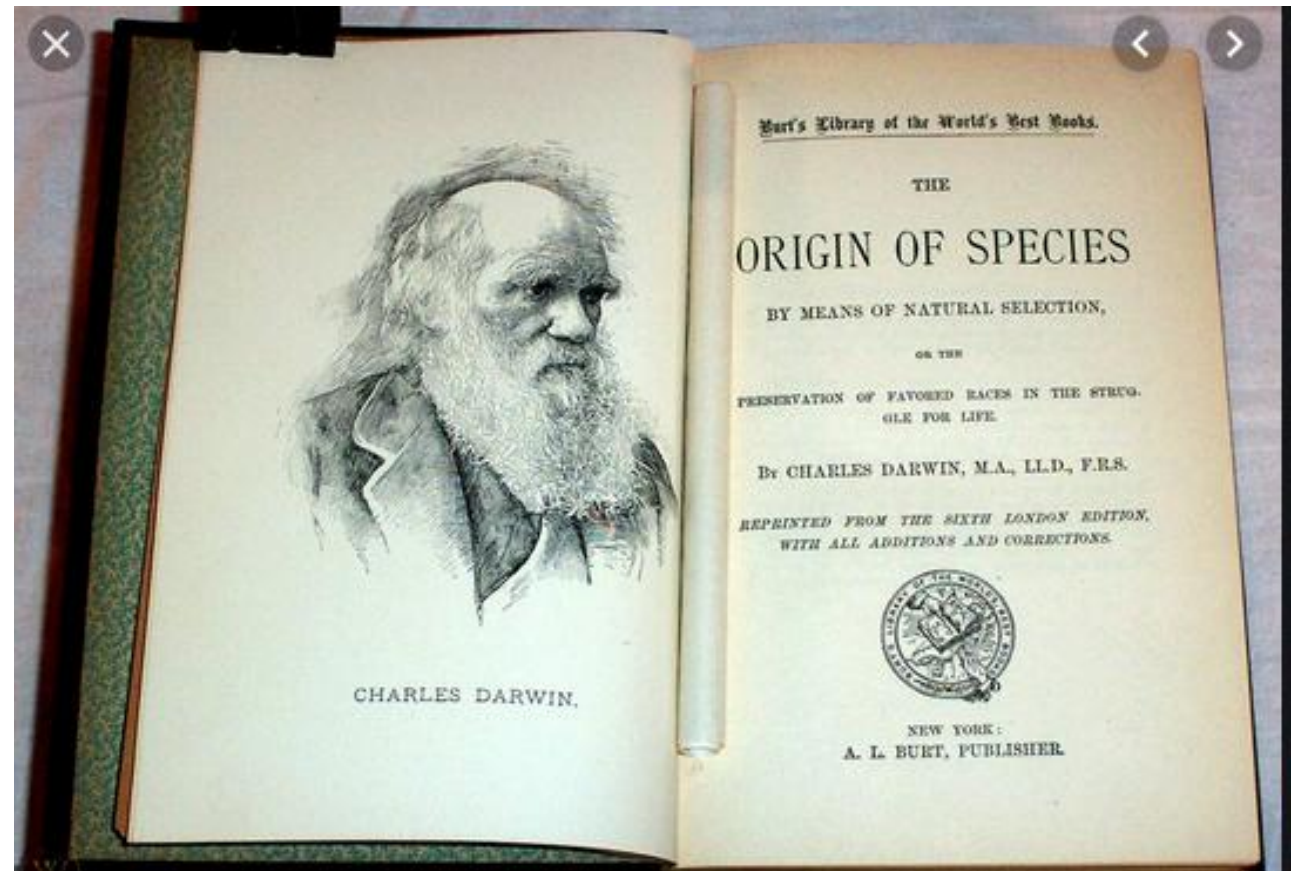


Το 1859 ο Δαρβίνος δημοσιεύει το μνημειώδες έργο του «Η καταγωγή των ειδών» και μένει στην ιστορία ως ο θεμελιωτής της θεωρίας της εξέλιξης.

Το βιβλίο περιλαμβάνει δύο κύριες θεωρίες:

- κατά πρώτον, ότι όλοι οι οργανισμοί προήλθαν μέσω τροποποιήσεων, από **κοινές προγονικές μορφές ζωής**,
- και κατά δεύτερον, ότι η κύρια αιτία της εξελικτικής αλλαγής είναι η **φυσική επιλογή**.





Πτηνό μίμος των Γκαλάπαγκος
N. parvulus

Nesomimus spp.

Pinta

Genovesa

Marchena

Santiago

Baltra

Santa Cruz

Santa Fe

Floréana

Española

Fernandina

Isabela

20 km



San Cristóbal Mockingbird
N. melanotis



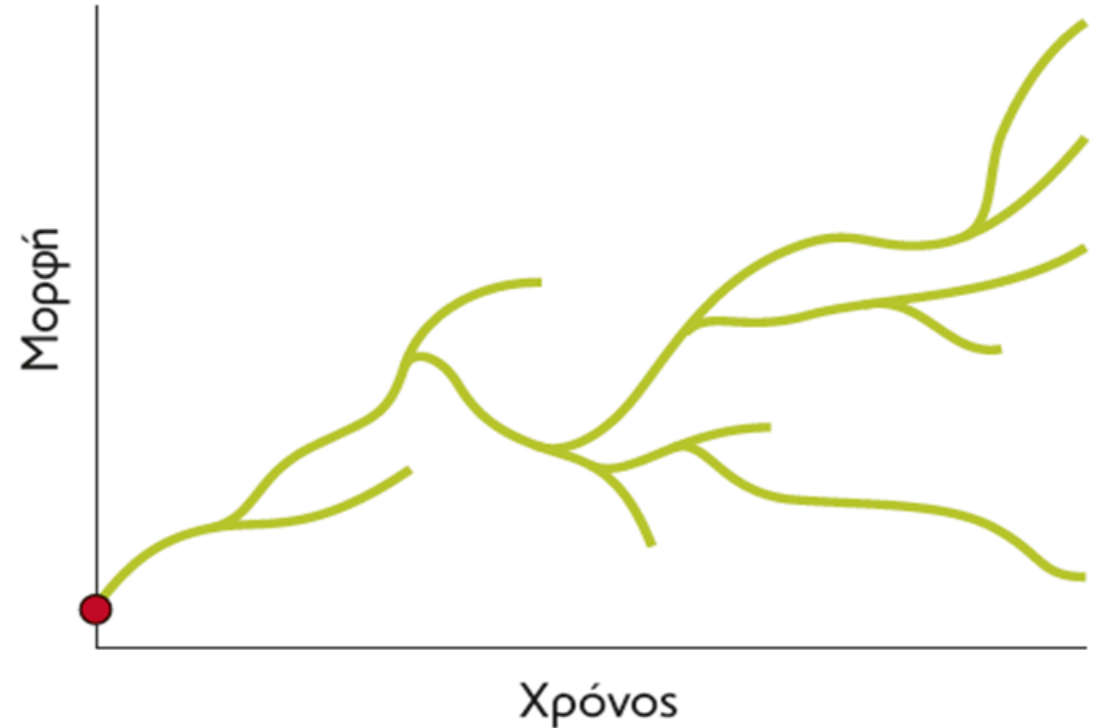
Πτηνό μίμος της Floreana
N. trifasciatus



Πτηνό μίμος της Española
N. macdonaldi



Δαρβινική υπόθεση



Τέσσερα είδη πτηνών μίμων (*Nesomimus*) σε διαφορετικά νησιά του αρχιπελάγους των Γκαλάπαγκος που ανήκουν μεταξύ των παρατηρήσεων που οδήγησαν τον Δαρβίνο στο να θεωρήσει ότι διαφορετικά είδη εξελίχθηκαν από έναν κοινό πρόγονο.

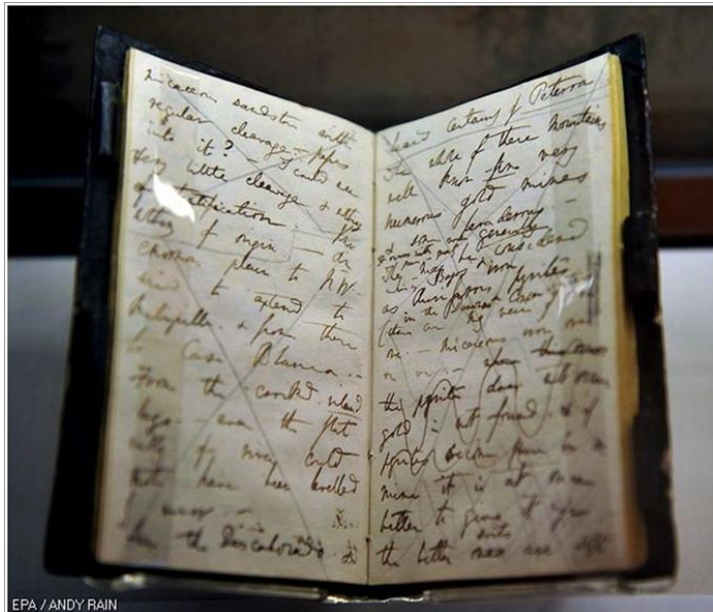
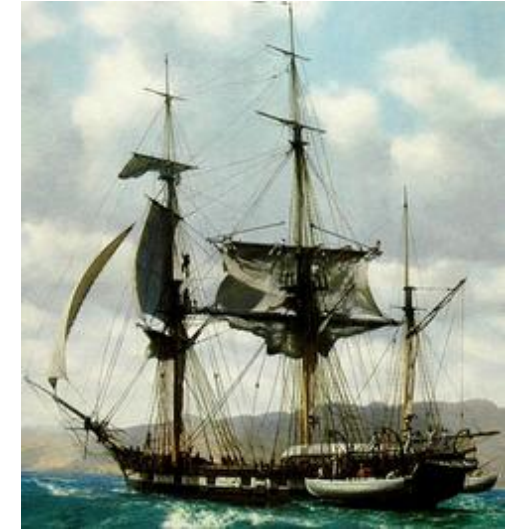
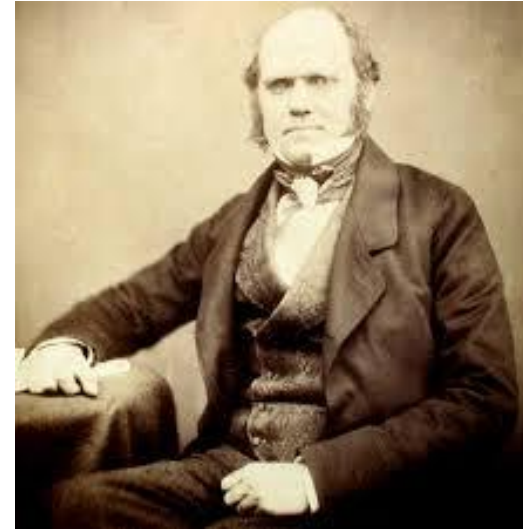
Η Δαρβινική θεωρία για την καταγωγή μέσω τροποποίησης, αναπαριστάται από ένα φυλογενετικό δένδρο.

Από έναν απλό πρόγονο (ερυθρή κουκίδα), αναδύονται διαφορετικές γραμμές με διαφοροποίηση σε νέα είδη (διακλάδωση) από προϋπάρχουσες γραμμές. Μερικές (όπως οι πιο κεντρικές γραμμές) μπορεί να υφίστανται λιγότερες τροποποιήσεις από ό,τι άλλες σε σχέση με την αρχική κατάσταση. Ο Δαρβίνος υπέθεσε ότι τα είδη διαφοροποιούνται με αλλαγή ποικίλων χαρακτηριστικών χωρίς απαραίτητα να γίνονται πιο πολύπλοκα.

Το δέντρο της ζωής, από τον Δαρβίνο στο σήμερα

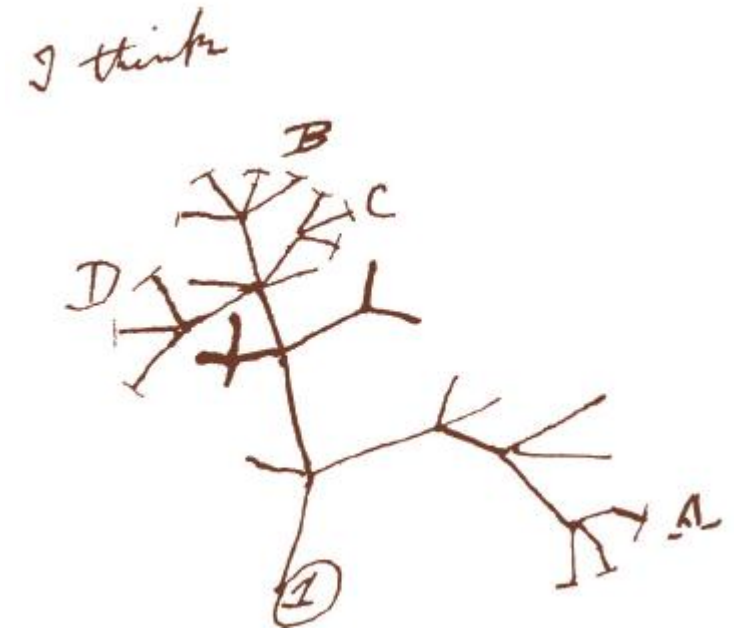
Όταν ο Δαρβίνος εξιστορούσε την επίσκεψή του στα νησιά Γκαλάπαγκος στο βιβλίο του “Το ταξίδι του *Beagle*” (1845), έγραψε για τους σπίνους:

«βλέποντας αυτή τη διαβάθμιση και την ποικιλία σε μια μικρή, στενά συγγενική ομάδα πουλιών, κάποιος θα μπορούσε να φανταστεί πως από μια αρχική μικρή ομάδα πουλιών στο αρχιπέλαγος αυτό, ένα είδος κυριάρχησε και τροποποιήθηκε προς διαφορετικές κατευθύνσεις».



Το 1837, έναν χρόνο μετά την επιστροφή του από το ταξίδι, ο Δαρβίνος σκισάρισε ένα διακλαδιζόμενο διάγραμμα που παρουσίαζε την ιδέα της καταγωγής από κοινούς προγόνους.

Ο αριθμός 1 αντιπροσωπεύει τον πρόγονο των ομάδων A - D.



Τον καιρό που ο Δαρβίνος εξέδωσε το “Περί της Καταγωγής των Ειδών” (1859), έγραφε:

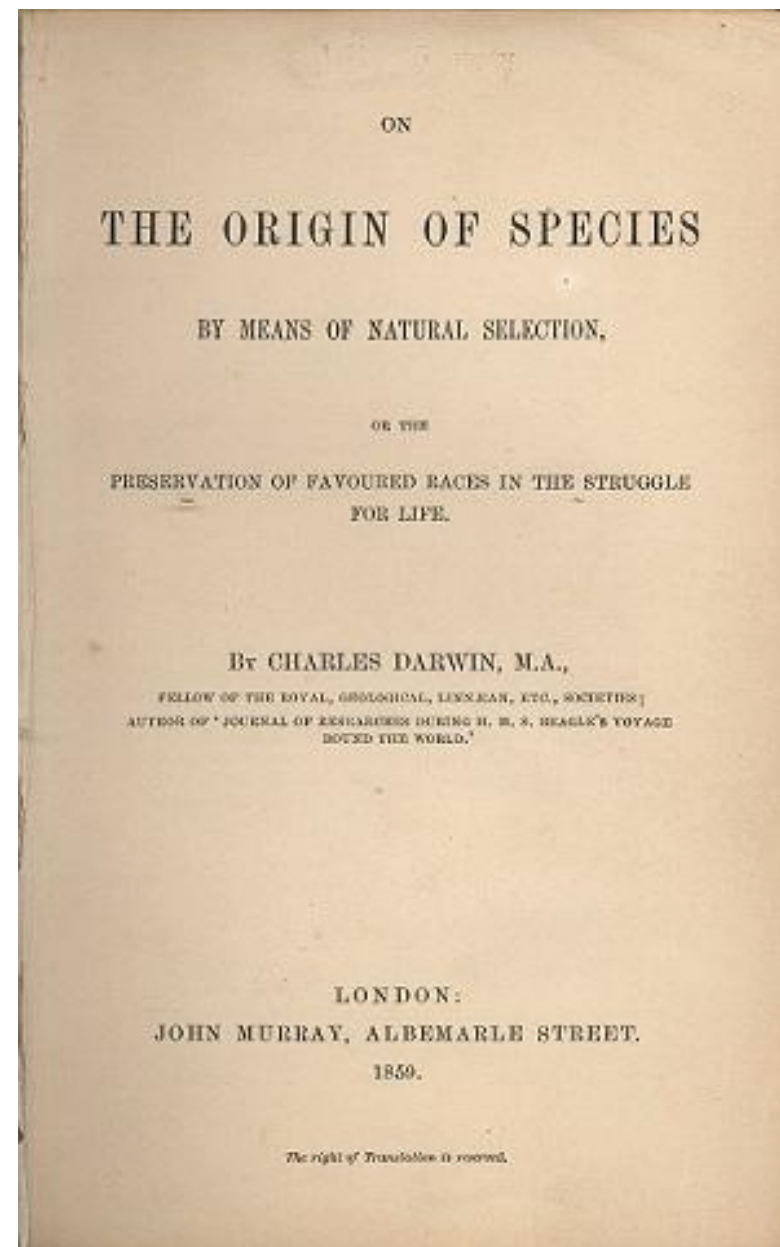
«δεν έχω καμία αμφιβολία ότι η θεωρία της καταγωγής με τροποποιήσεις αγκαλιάζει όλα τα μέλη της ίδιας τάξης».

Επεκτείνοντας τον συλλογισμό, συνέχισε:

«Κατ’ αναλογία, θα μπορούσα να προχωρήσω ένα βήμα παρακάτω, δηλαδή να πιστέψω ότι όλα τα ζώα και τα φυτά έχουν προέλθει από ένα κάποιο πρωτότυπο».

Και τελικά, διατύπωσε μια από τις πιο τολμηρές σκέψεις που θα μπορούσε ποτέ κανείς να κάνει:

«Θα μπορούσα κατ’ αναλογία να συμπεράνω ότι πιθανόν όλα τα οργανικά όντα που έζησαν ποτέ πάνω σε αυτή τη γη είχαν την καταγωγή τους από μια κάποια αρχέγονη μορφή».



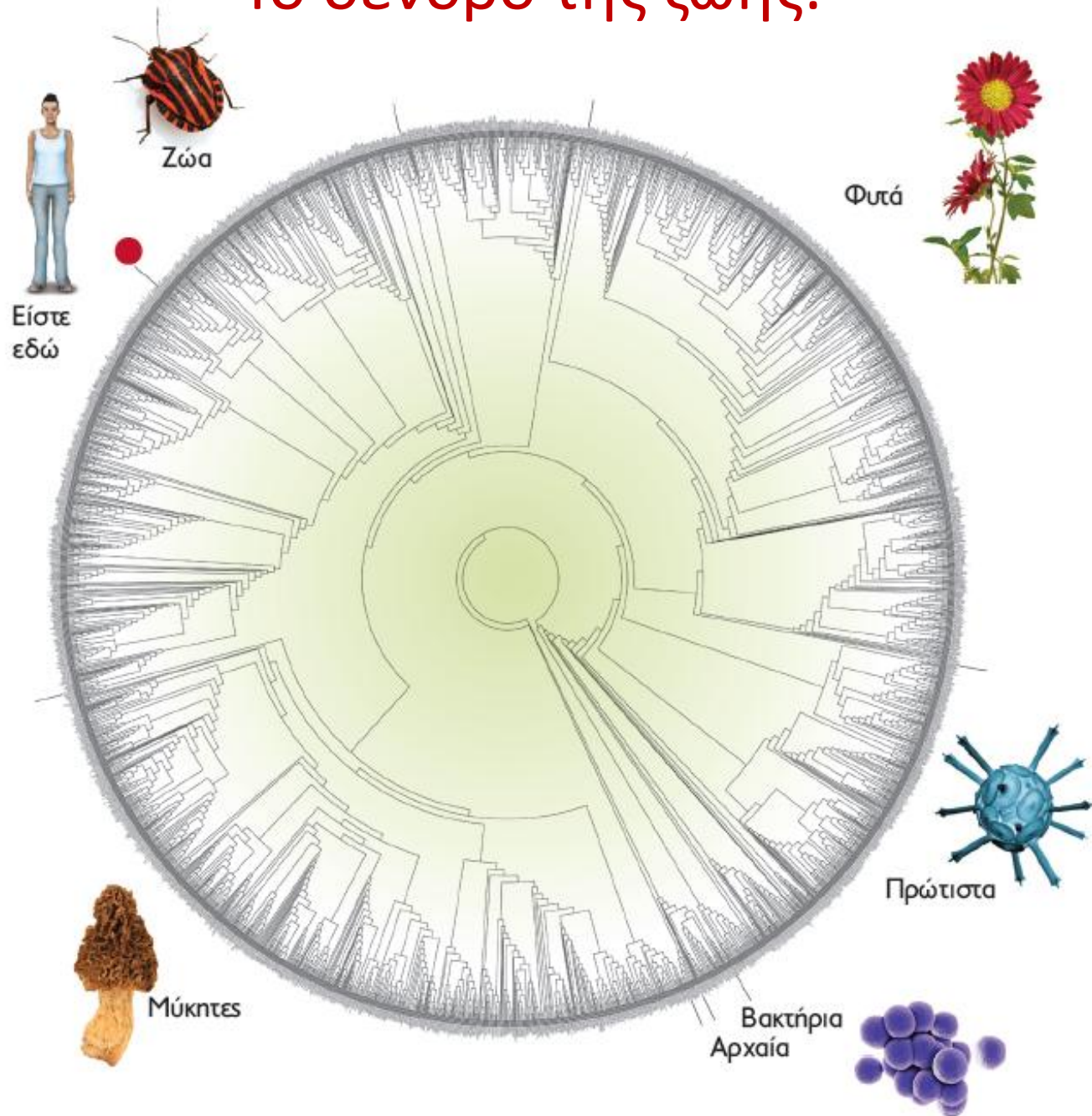
Το δένδρο της ζωής.

Σήμερα, οι βιολόγοι συμφωνούν ότι ο Δαρβίνος είχε δίκιο:

Όλοι οι οργανισμοί που γνωρίζουμε έλκουν την καταγωγή τους από μία και μόνη προγονική μορφή ζωής, η οποία έζησε μεταξύ 3,7 με 4 δισεκατομμύρια χρόνια πριν.

Χάρη στην έρευνα εκατοντάδων βιολόγων, μπορούμε να σχηματίσουμε μία όλο και πληρέστερη εικόνα της ιστορίας της εξέλιξης από κοινούς προγόνους τόσο για τα εκατομμύρια αρτίγονα τάξα όσο και για την πληθώρα των εξαφανισμένων ειδών.

Αυτή η φυλογένεση χιλιάδων ειδών βασίζεται σε αλληλουχίες DNA. Η ρίζα είναι στο κέντρο και οι κλάδοι απεικονίζονται κυκλικά, χάριν της συνοπτικής παρουσίασης. Σημειώστε τη θέση του ανθρώπινου είδους.



Ένα φυλογενετικό δένδρο μερικών μείζονων ομάδων οργανισμών.

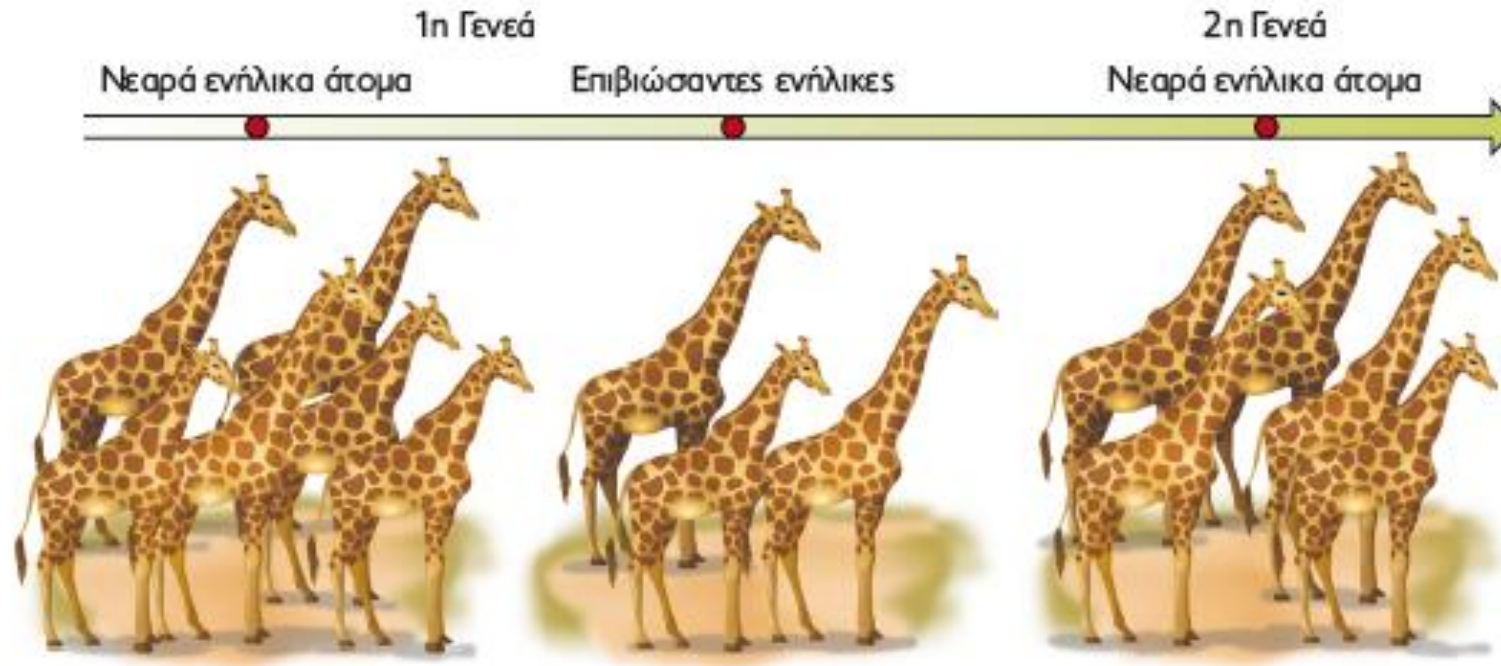
- Οι πρώτοι γνωστοί κυτταρικοί οργανισμοί ήταν προκαρυώτες που εξελίχθηκαν από το (Α) προς δύο μεγάλες ομάδες, τα Βακτήρια και τα Αρχαία.
- Οι ευκαρυώτες εξελίχθηκαν μέσω μιας συμβιωτικής σχέσης (Β) μεταξύ ενός αρχαίου και ενός βακτηρίου που εξελίχθηκε σε μιτοχόνδριο.
- Οι πρώτοι ευκαρυώτες εξελίχθηκαν προς διαφορετικές γενεαλογικές γραμμές. Μία από αυτές έγινε τα χλωροφύκη τα οποία απέκτησαν συμβιωτικά, φωτοσυνθετικά κυανοβακτήρια, που εξελίχθηκαν σε χλωροπλάστες (Γ).
- Τα χλωροφύκη έδωσαν γένεση στα γνήσια φυτά (Δ), δηλαδή στα χερσαία εμβρυόφυτα.
- Οι μύκητες και τα ζώα προέρχονται από έναν κοινό πρόγονο (Η), άρα τα ζώα συγγενεύουν περισσότερο με τα μανιτάρια παρά με τα φυτά.
- Οι στενότεροι συγγενείς των ζώων είναι τα μονοκύτταρα χοανομαστιγωτά (Θ) τα οποία μοιάζουν πολύ με ορισμένα κύτταρα των σπόγγων.



Η δεύτερη θεωρία στο βιβλίο *Η Καταγωγή των Ειδών* είναι η **φυσική επιλογή (natural selection)** την οποία ο Δαρβίνος συνόψισε με τον ακόλουθο τρόπο:

«Εάν οποτεδήποτε συμβούν παραλλαγές που να είναι χρήσιμες σε κάποιο οργανισμό, με βεβαιότητα τα άτομα με αυτά τα χαρακτηριστικά θα έχουν τις καλύτερες προϋποθέσεις για να διατηρηθούν στον αγώνα για επιβίωση. Και χάρη στην ισχυρή αρχή της κληρονομικότητας, αυτά τα άτομα θα έχουν την τάση να παράγουν απογόνους με παρόμοια χαρακτηριστικά. Αυτή την αρχή της διατήρησης, της επιβίωσης του πλέον προσαρμοσμένου, θα αποκαλούσα φυσική επιλογή».

(B) Υπόθεση του Δαρβίνου



Αντίθετα με τη θεωρία του μεταμορφισμού του Λαμάρκ, σύμφωνα με την οποία τα άτομα-οργανισμοί αλλάζουν, η θεωρία του Δαρβίνου είναι θεωρία ποικιλομορφισμού μέσω αλλαγών, κατά την οποία η **συχνότητα** (frequency) μιας παραλλαγής (δηλ. το ποσοστό των ατόμων που φέρουν αυτή την παραλλαγή) αυξάνει μέσα σε έναν πληθυσμό από γενεά σε γενεά.

(A)



Οι γιγαντιαίες χελώνες των Γκαλάπαγκος διαφέρουν στο σχήμα του καβουκιού τους στα διάφορα νησιά του συμπλέγματος.

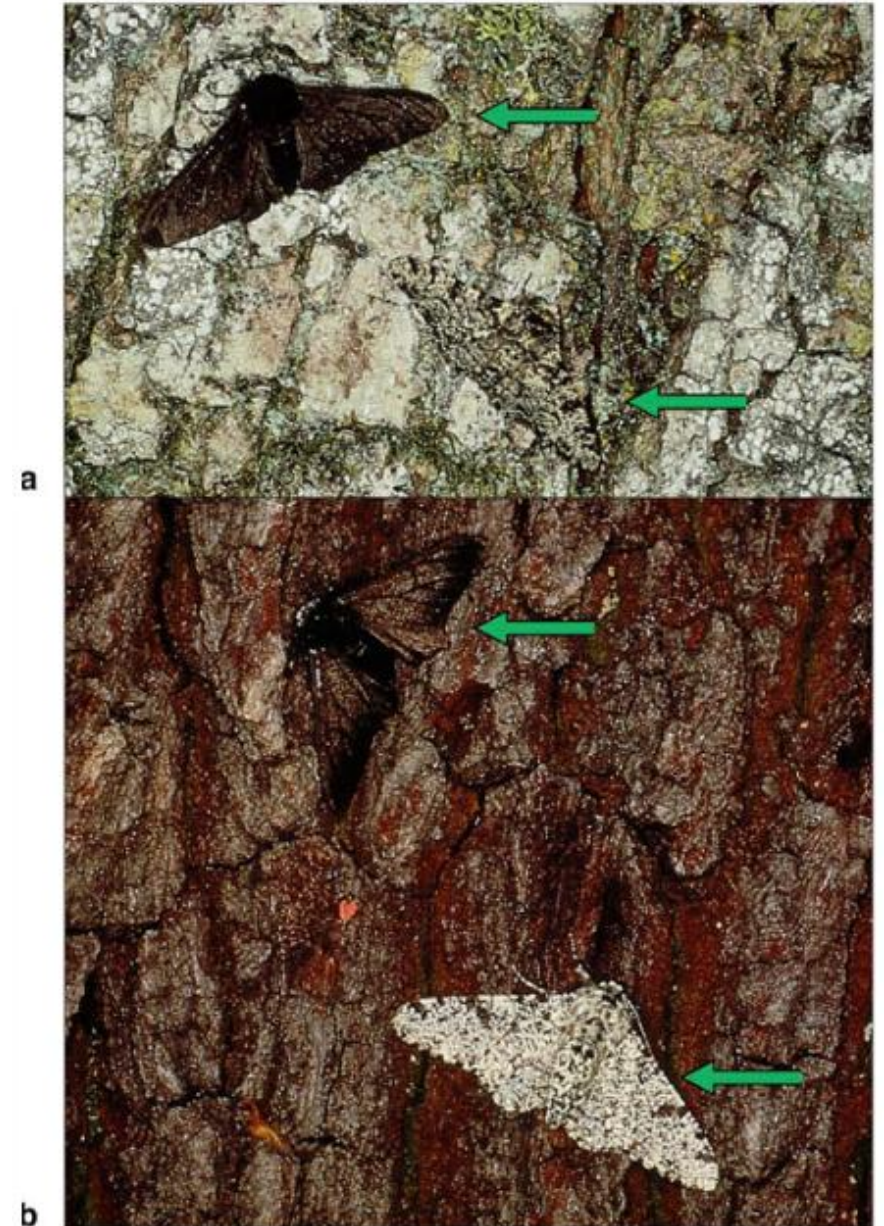
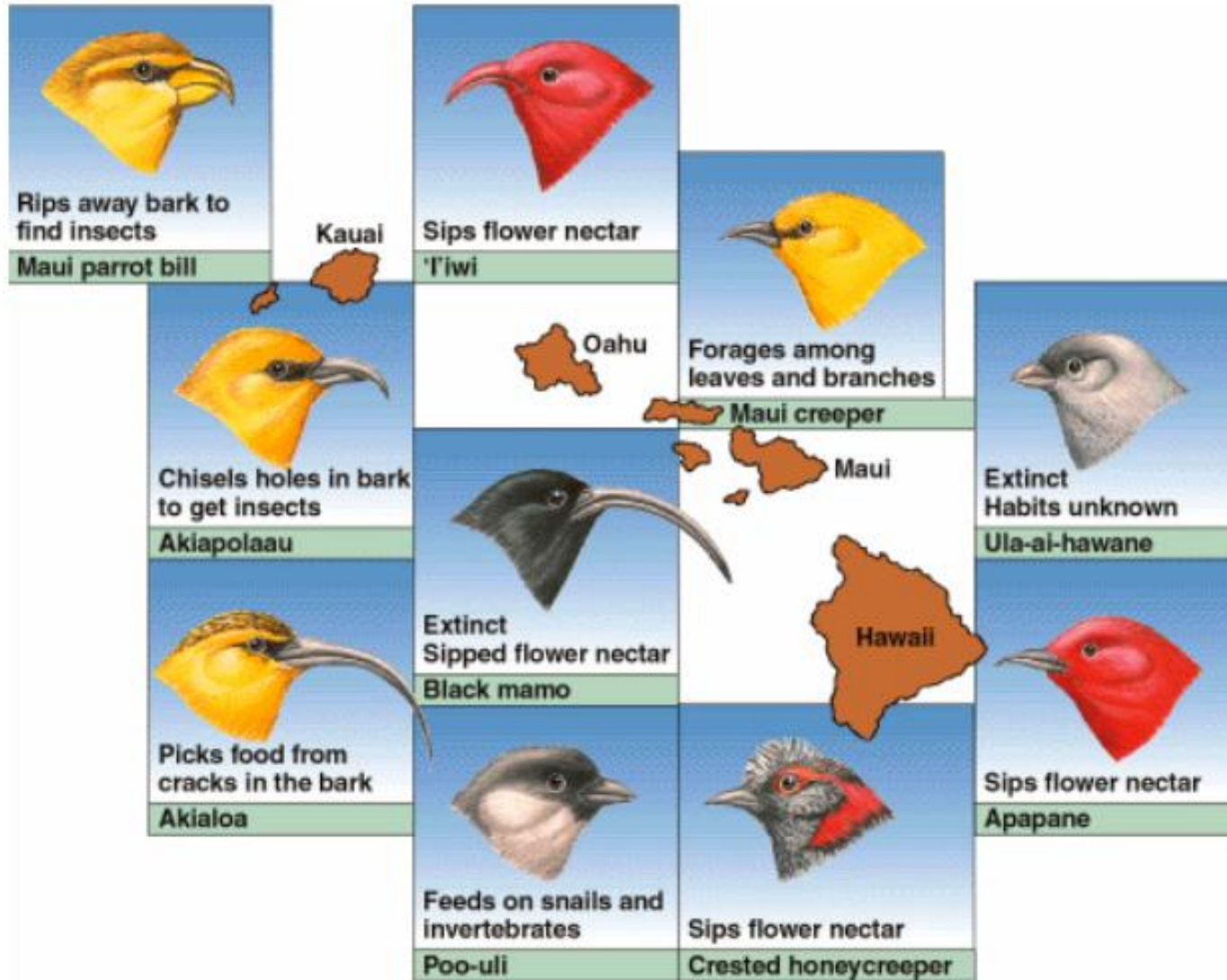
Ορισμένα υποείδη, ειδικά εκείνα που βρίσκονται σε υγρές ορεινές περιοχές με χαμηλή βλάστηση έχουν θολωτό καβούκι (A),

(B)

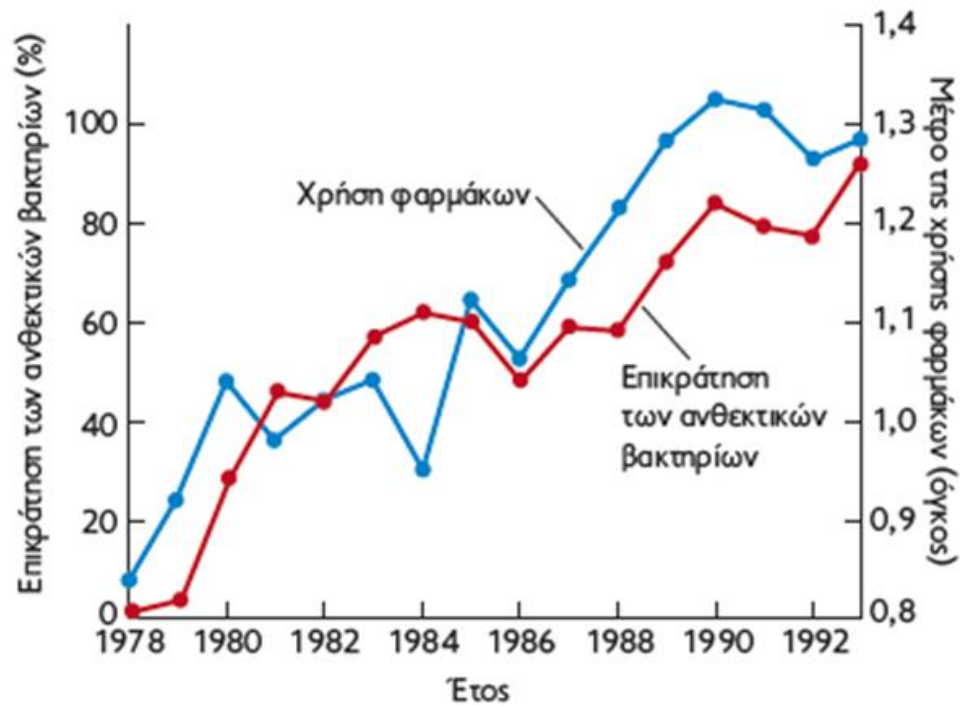


σε αντίθεση με εκείνες που ζουν σε ξηρά πεδινά ενδιαιτήματα που τείνουν να φέρουν 'σαμαρωτό' καβούκι (B) που τις επιτρέπει να εκτείνουν τον επιμήκη λαιμό τους για να φτάσουν την βλάστηση που βρίσκεται αρκετά πιο πάνω από το έδαφος.

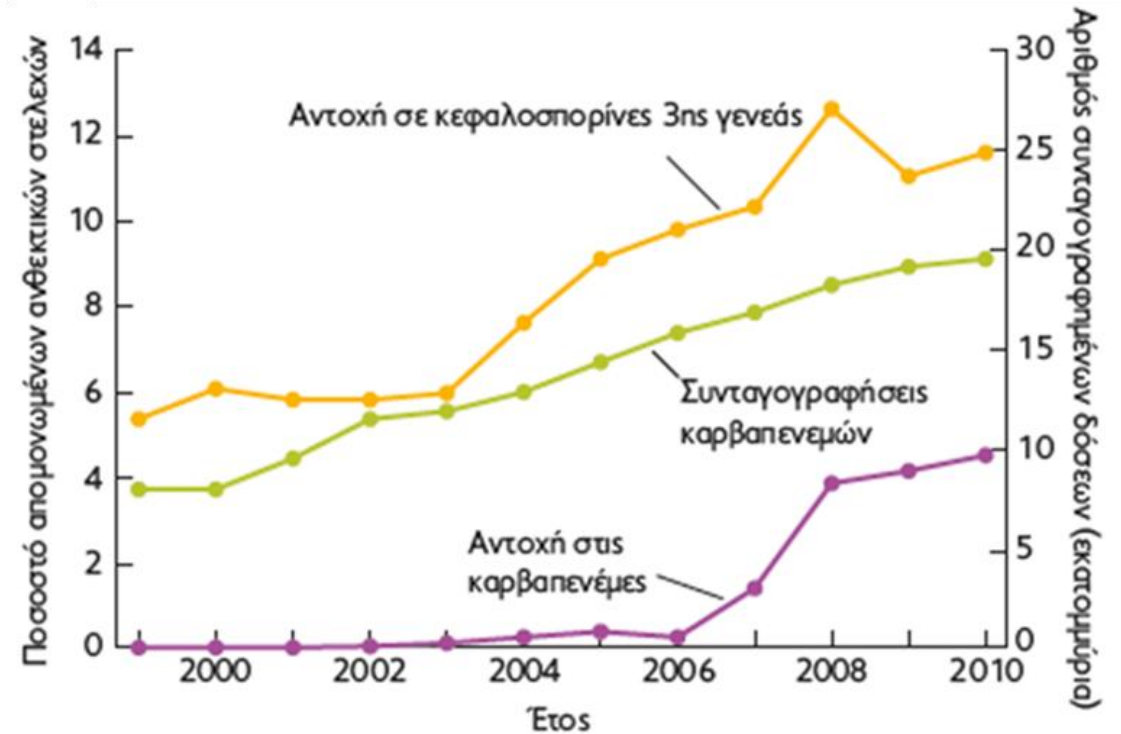
Η φυσική επιλογή αποτελεί τον πυρήνα της Δαρβινικής θεωρίας και οδηγεί την εξελικτική προσαρμογή



Από τη στιγμή που χρησιμοποιήθηκε το πρώτο αντιβιοτικό - η πενικιλίνη - βακτήρια και άλλα παθογόνα μικρόβια αναπτύσσουν ταχύτατα ανθεκτικότητα σε οποιοδήποτε αντιβιοτικό χρησιμοποιείται ευρέως.



Η αύξηση στην χρήση αντιβιοτικών της ομάδας των πενικιλλινών σε μια Φινλανδική κοινότητα κατά τα έτη 1978- 1993 ταυτίστηκε με δραματική αύξηση του ποσοστού ανθεκτικών στελεχών του βακτηρίου *Moraxella catarrhalis* από φλεγμονές/λοιμώξεις του μέσου ώτος σε νεαρά παιδιά.



Η ανθεκτικότητα του βακτηρίου *Klebsiella pneumoniae*, που προκαλεί πνευμονία, στις κεφαλοσπορίνες και στις καρβαπενέμες παρουσίασε αύξηση στις Ηνωμένες Πολιτείες. Η χρήση καρβαπενεμών σχεδόν διπλασιάστηκε κατά την ίδια περίοδο.

Η εξελικτική θεωρία του Δαρβίνου περιλαμβάνει πέντε διακριτά συστατικά:

1. Η **εξέλιξη** αυτή καθαυτή είναι μια απλή υπόδειξη ότι τα γνωρίσματα των οργανισμών αλλάζουν με τον χρόνο.
2. **Κοινή καταγωγή**: Ο Δαρβίνος υπήρξε ο πρώτος που υποστήριξε ότι τα είδη προήλθαν από κοινούς προγόνους και ότι θα μπορούσαν να περιγραφούν ως το δένδρο μιας μεγάλης οικογένειας που αναπαριστά μια πραγματική γενεαλογία.
3. Η **βαθμιαία αλλαγή** αναφέρεται στην πρόταση του Δαρβίνου ότι οι διαφορές μεταξύ ακόμη και πολύ διαφορετικών οργανισμών επετεύχθησαν με πολύ μικρά βήματα μέσω ενδιάμεσων μορφών και όχι με ασυνέχειες (“άλματα”).
4. Η **πληθυσμιακή αλλαγή** αφορά την υπόθεση του Δαρβίνου ότι η εξέλιξη συμβαίνει με αλλαγή σε ποσοστιαίες αναλογίες (συχνότητες) των διάφορων τύπων παραλλαγών στα άτομα ενός πληθυσμού.
5. Η **φυσική επιλογή** ήταν το απαύγασμα της Δαρβινικής υπόθεσης, το οποίο ενέχει **προσαρμογές (adaptations)**, γνωρίσματα που φαίνονται ‘σχεδιασμένα’ ώστε να κάνουν τους οργανισμούς να προσαρμόζονται στο περιβάλλον τους.

Λόγω του ότι διατύπωσε μια τελείως φυσική, μηχανιστική ερμηνεία για τη διαδικασία μέσω προσαρμογής που προηγουμένως είχε αποδοθεί στη θεϊκή νοημοσύνη, η ιδέα της φυσικής επιλογής ήταν επαναστατική όχι μόνο για τη βιολογία αλλά και για τη Δυτική σκέψη ως σύνολο.

Το κενό της Δαρβινικής Θεωρίας

Ο Δαρβίνος πρότεινε ότι τα διάφορα είδη που προέρχονται από έναν κοινό πρόγονο απέκτησαν διαφορετικά γνωρίσματα, γιατί αυτά τα γνωρίσματα είναι προσαρμοστικά σε διαφορετικές 'συνθήκες ζωής'.

Το μεγαλύτερο κενό στη Δαρβινική θεωρία ήταν το ερώτημα: *από που ξεπηδούν οι κληρονομούμενες παραλλαγές ώστε τα είδη να διαφοροποιούνται από τον κοινό πρόγονό τους;*

Το πρόβλημα ήταν σοβαρό, γιατί σύμφωνα με την κρατούσα άποψη της **διασταυρούμενης κληρονομικότητας (blending inheritance)**, η ποικιλομορφία θα έπρεπε να μειώνεται και όχι να αυξάνεται, επειδή οι απόγονοι φέρουν συνήθως ενδιάμεσα χαρακτηριστικά από αυτά των γονέων τους.

Ο Δαρβίνος δεν πληροφορήθηκε ποτέ ότι ο Μέντελ (Gregor Mendel) είχε επιλύσει αυτό το πρόβλημα σε μια εργασία που δημοσιεύτηκε το 1866 αλλά δεν έγινε ευρύτερα γνωστή μέχρι το 1900.

Η θεωρία της **σωματιδιακής κληρονομικότητας (particulate inheritance)** του Μέντελ υπέδειξε ότι η κληρονομικότητα δεν βασίζεται στην ανάμιξη «υγρών» (αναμιγνύοντας άσπρη και μαύρη μπογιά προκύπτει γκρίζο), αλλά σε «σωματίδια» που περνούν αναλλοίωτα από γενεά σε γενεά - ώστε η ποικιλομορφία να παραμένει.

Η έννοια της “μετάλλαξης” (ή μεταλλαγής) σε τέτοια σωματίδια (που αργότερα ονομάστηκαν “γονίδια”) αναπτύχθηκε μετά το 1900 και αποσαφηνίστηκε πολύ αργότερα.

Η εξελικτική σύνθεση

Οι ενάντιες προς τον Δαρβινισμό ιδέες διαψεύστηκαν στις δεκαετίες του 1930 και 1940 από τους γενετιστές, συστηματικούς και παλαιοντολόγους που εναρμόνισαν τη Δαρβινική θεωρία με τα πραγματικά δεδομένα της γενετικής.

Η συναίνεση που σφυρηλάτησαν είναι γνωστή ως **η εξελικτική σύνθεση (evolutionary synthesis) ή σύγχρονη σύνθεση (modern synthesis)**.

Σύμφωνα με την κύρια αρχή της, η εξέλιξη μέσω προσαρμογής προκαλείται από τη φυσική επιλογή που δρα στη σωματιδιακή (Μεντελική) γενετική ποικιλομορφία και συχνά αναφέρεται ως **νέο-Δαρβινισμός (neo-Darwinism)**.



Ronald A. Fisher



J. B. S. Haldane



Sewall Wright

Οι Fisher, Haldane και Wright ανέπτυξαν μια μαθηματική θεωρία για τη γενετική πληθυσμών, η οποία έδειξε ότι μεταλλαγές και φυσική επιλογή ευθύνονται από κοινού για την προσαρμοστική εξέλιξη:

«οι μεταλλαγές δεν αποτελούν εναλλακτικό σενάριο της φυσικής επιλογής αλλά είναι μάλλον η πρώτη ύλη».

Η Εξελικτική ή Σύγχρονη Σύνθεση καθορίζεται από:

Μικροεξέλιξη: Εξελικτικές αλλαγές στα αλληλόμορφα και στις συχνότητες των αλληλομόρφων μέσα στους πληθυσμούς. Αυτό σημαίνει ότι περιορίζουμε το πεδίο εστίασής μας σε έναν μόνο κλάδο του δέντρου της ζωής.

Παραδείγματα: Τα σπουργίτια έχουν προσαρμοστεί στο κλίμα της Βόρειας Αμερικής, τα κουνούπια έχουν εξελιχθεί ανταποκρινόμενα στη παγκόσμια αύξηση της θερμοκρασίας λόγω του φαινομένου του θερμοκηπίου, και τα έντομα έχουν εξελίξει αντίσταση στα φυτοφάρμακα.

Μακροεξέλιξη: Ανάπτυξη νέων ειδών, φυλογενετικές σχέσεις. Αναφέρεται γενικά στην εξέλιξη επάνω από το επίπεδο των ειδών.

Έτσι αντί να εστιάζουμε σε ένα μεμονωμένο είδος π.χ. σκαθαριών, ο μακροεξελικτικός φακός μας επιτρέπει να μεγεθύνουμε στο δέντρο της ζωής, για να αξιολογήσουμε την ποικιλομορφία ολόκληρου του κλάδου των σκαθαριών και τη θέση τους στο δέντρο.



Η εξελικτική βιολογία του σήμερα

Η ραγδαία ανάπτυξη της μοριακής και υπολογιστικής τεχνολογίας κατέστησαν εφικτή την δημιουργία νέων πεδίων εξελικτικής μελέτης μεταξύ των οποίων της **μοριακής εξέλιξης** (ανάλυση των λειτουργιών και του ιστορικού των αλλαγών στα γονίδια).

Επειδή σήμερα το συνολικό γονιδίωμα - το πλήρες αποτύπωμα του DNA ενός οργανισμού - μπορεί πλέον να προσδιοριστεί, οι μοριακές εξελικτικές μελέτες επεκτάθηκαν στην **εξελικτική γονιδιωματική**, η οποία εστιάζει στην ποικιλομορφία και εξέλιξη πολλαπλών γονιδίων ή ολόκληρων γονιδιωμάτων.

Τα γονιδιωματικά δεδομένα επιτρέπουν στους βιολόγους να:

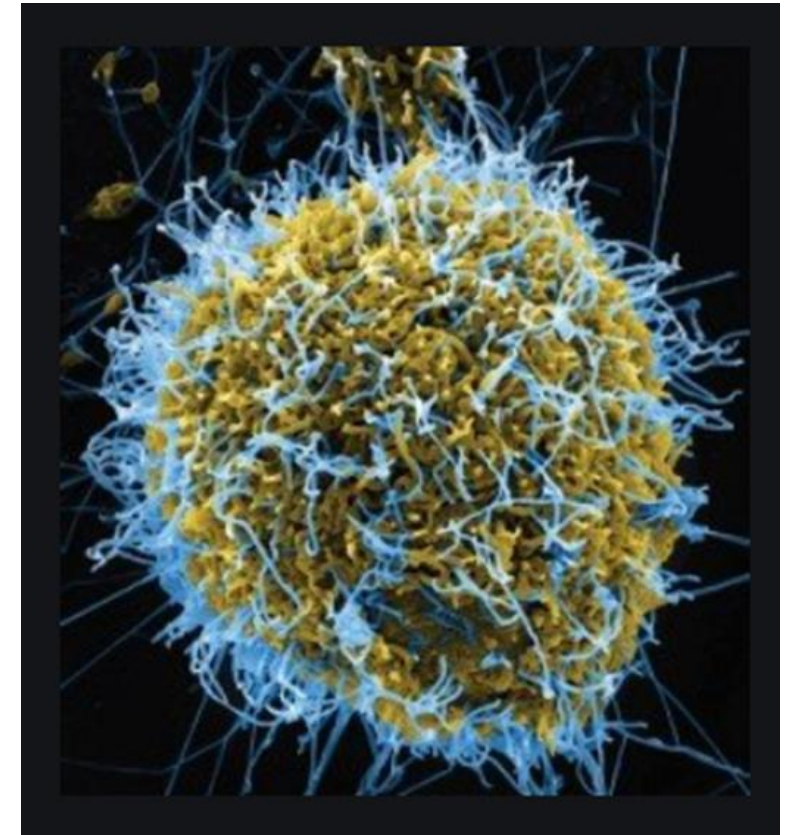
- καθορίσουν τις φυλογενετικές σχέσεις με μεγαλύτερη αξιοπιστία
- αποκαλύψουν τις γενετικές βάσεις των χαρακτηριστικών των ειδών καθώς και το πώς ή πότε αυτές τροποποιούνται από τη φυσική επιλογή
- αποκαλύψουν το ιστορικό των πληθυσμών και την κατανομή τους παγκοσμίως.

Το παρελθόν των ειδών βρίσκεται γραμμένο στα γονίδια.

Παραδείγματα:

Τον Φεβρουάριο του 2014, στη Σιέρα Λεόνε, χώρα της Δυτικής Αφρικής, αναφέρθηκαν τα πρώτα κρούσματα της τρομακτικής ασθένειας που προκαλεί ο ιός Έμπολα (Ebola). Η ασθένεια εξαπλώθηκε στη Λιβερία και στη Γουϊνέα και μέσα σε 15 μήνες είχε προσβάλει περισσότερους από 26.000 ανθρώπους σκοτώνοντας πάνω από 11.000 άτομα.

Μεταξύ των πρώτων ερωτήσεων που διατυπώθηκαν από τους επιδημιολόγους σχετικά με τη νέα ή επανεμφανιζόμενη μολυσματική ασθένεια ήταν *από πού προήλθε αυτή και ποια μονοπάτια ακολούθησε κατά την εξάπλωσή της.*



Εντός 7 μηνών από την έναρξη της εμφάνισης του Έμπολα, ήρθε η απάντηση από μια ομάδα υγιεινολόγων, μοριακών βιολόγων και εξελικτικών βιολόγων. Οι ερευνητές στηριζόμενοι στην **εξελικτική ανάλυση των ιικών γονιδιωμάτων διαφόρων ασθενών** κατέληξαν με σχετική σιγουριά ότι ο ιός της Δυτικής Αφρικής εξαπλώθηκε από την κεντρική Αφρική πριν από μία δεκαετία, και ότι η επιδημία του 2014 ξεκίνησε από ένα μόνο άτομο που μολύνθηκε με τον ιό από κάποιο άλλο ζώο ξενιστή/φορέα, πολύ πιθανόν από κάποια νυχτερίδα.

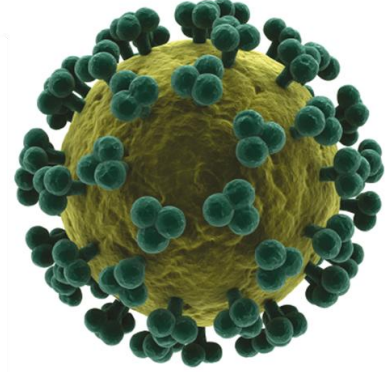
Η ιστορία του HIV

Οι άνθρωποι προσβάλλονται από δύο τύπους του ιού HIV (τον HIV-1 και HIV-2), ενώ η πανδημία προκαλείται από τον HIV-1. Και οι δύο τύποι HIV είναι lentiviruses, που είναι μία ομάδα ρετροϊών που προσβάλλουν πολλά θηλαστικά.

Με εξελικτική ανάλυση καταδείχθηκε ότι:

ο τύπος HIV-2 έχει εξελιχθεί πρόσφατα από έναν SIV που είχε φορέα τον σταχτοφαιό κερκοπίθηκο και

ότι ο HIV-1 προέκυψε από τον SIVcrz, έναν ιό που προσβάλλει άγριους χιμπαντζήδες.



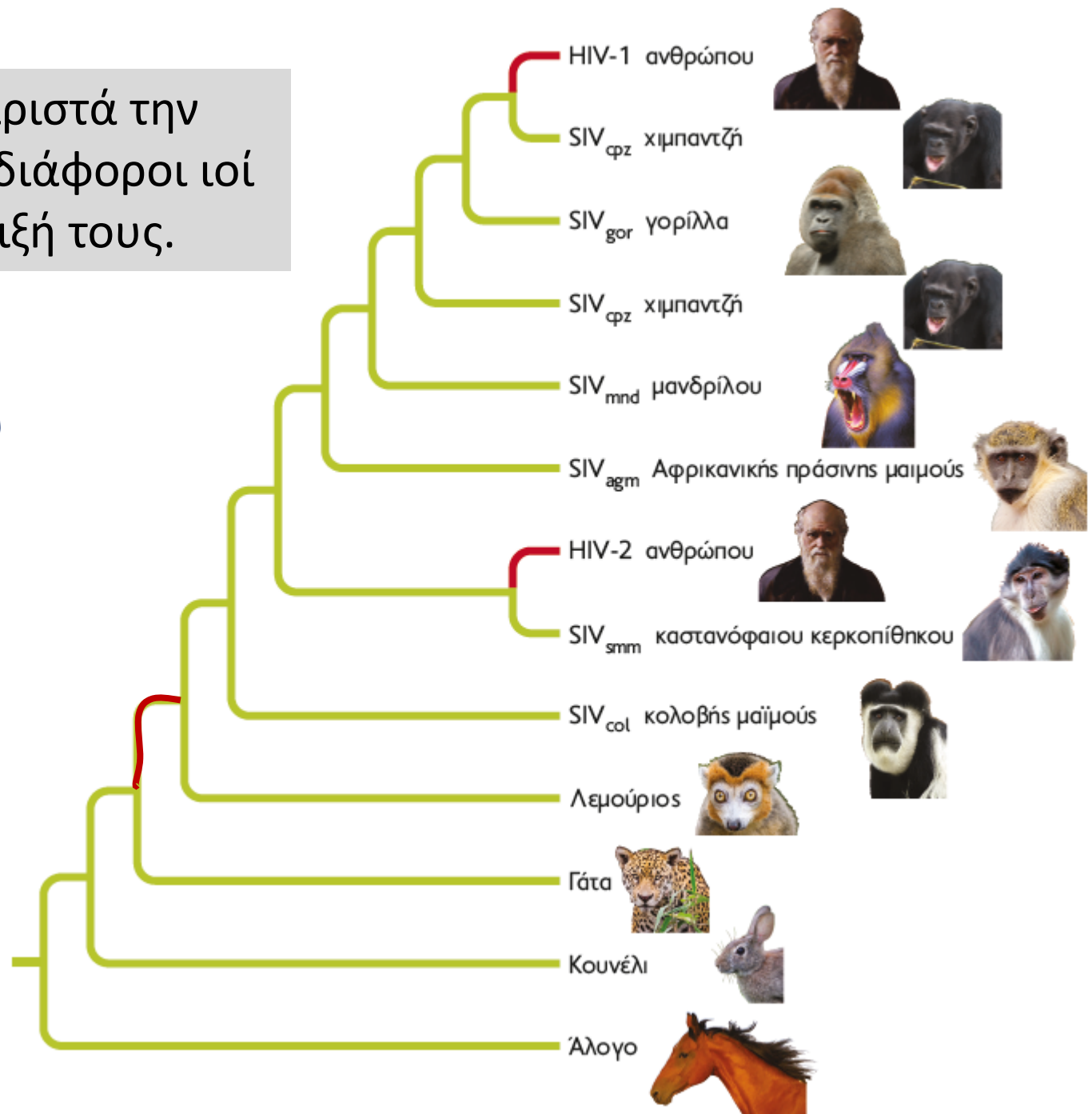
Η εξελικτική ανάλυση έδειξε, επίσης, ότι ο HIV-1 εμφανίστηκε στους ανθρώπους περίπου στην αρχή του 20ού αιώνα, δεκάδες χρόνια πριν την εξάπλωσή του εκτός Αφρικής.

Θεωρήθηκε ότι ο άνθρωπος προσβλήθηκε από τους SIV ιούς μετά από επαφή με το αίμα χιμπαντζήδων και κερκοπιθήκων που σκότωνε για τροφή.

Φυλογενετικό δένδρο που αναπαριστά την ιστορία την οποία ακολούθησαν διάφοροι ιοί ανοσοανεπάρκειας κατά την εξέλιξή τους.

Μια εξελικτική γραμμή έδωσε τους ιούς που προσβάλλουν πρωτεύοντα: λεμούριους, μαϊμούδες και πιθήκους.

Οι ιοί ανοσοανεπάρκειας του ανθρώπου HIV-2 και HIV-1 προήλθαν από τους ιούς των πιθήκων και χιμπατζήδων αντίστοιχα.



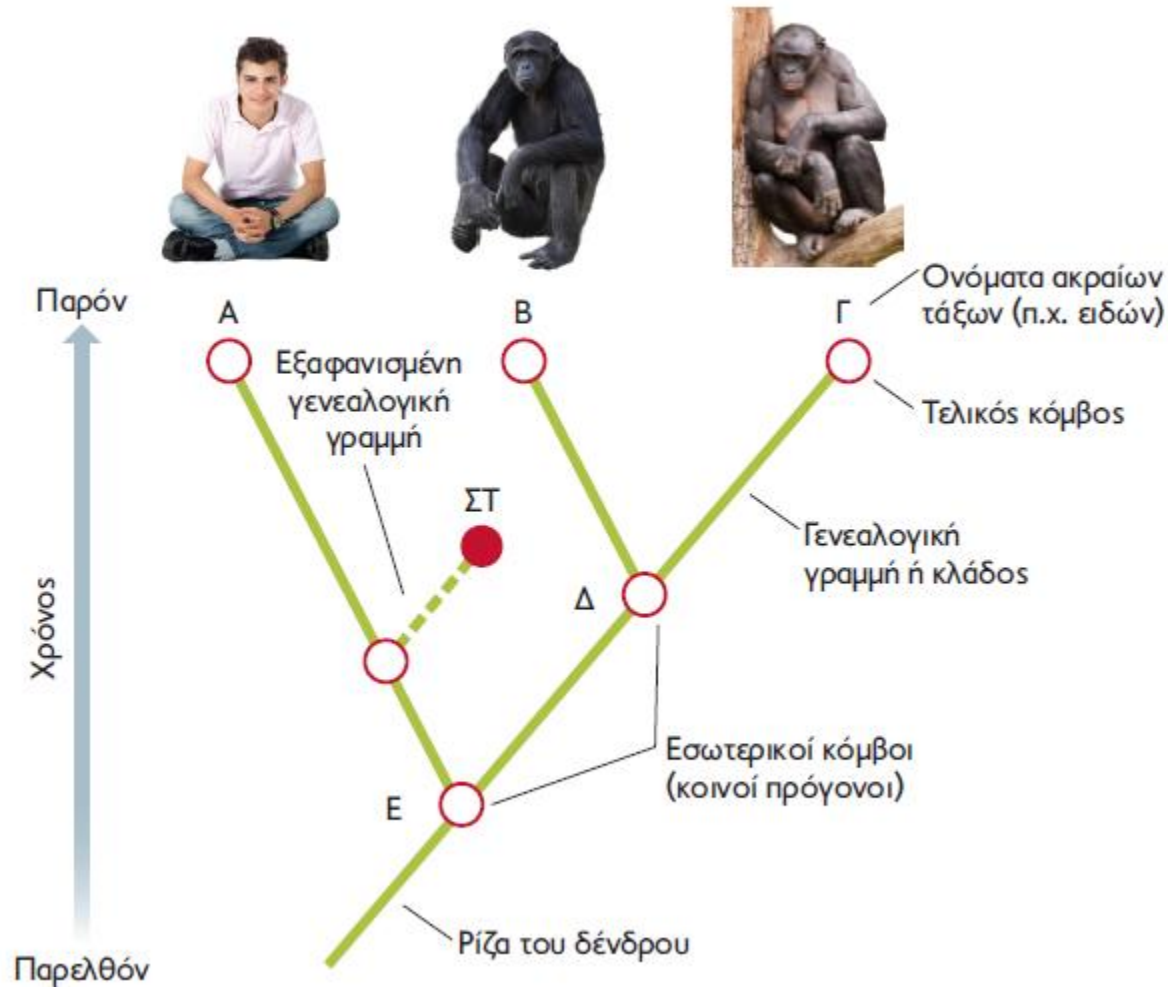
Φυλογενετικά δένδρα.

Στην εξέλιξη ενός ανώτερου τάξου (μία ονοματισμένη ομάδα οργανισμών πάνω από το επίπεδο του είδους), υπάρχουν δύο κύριες διαδικασίες .

- Η **αναγένεση (anagenesis)**, η εξελικτική δηλαδή αλλαγή χαρακτηριστικών μέσα σε μία και μόνο γενεαλογική γραμμή (είδος) και
- η **κλαδογένεση (cladogenesis)**, ο διαχωρισμός, δηλαδή, μιας γενεαλογικής γραμμής σε δύο ή περισσότερες γενεαλογικές γραμμές απογόνων.

Την κλαδογένεση ακολουθεί η αναγένεση σε κάθε γενεαλογική γραμμή απογόνων με αποτέλεσμα την όλο και μεγαλύτερη διαφορετικότητά τους: **απόκλιση (divergence)** ή αποκλίνουσα εξέλιξη (divergent evolution).

Η **φυλογένεση (phylogeny)** είναι η ιστορία των γεγονότων μέσω των οποίων τα είδη ή άλλα τάξα προήλθαν διαδοχικά από κοινούς προγόνους. Το διακλαδιζόμενο διάγραμμα που απεικονίζει αυτή την ιστορία ονομάζεται **φυλογενετικό δένδρο**.

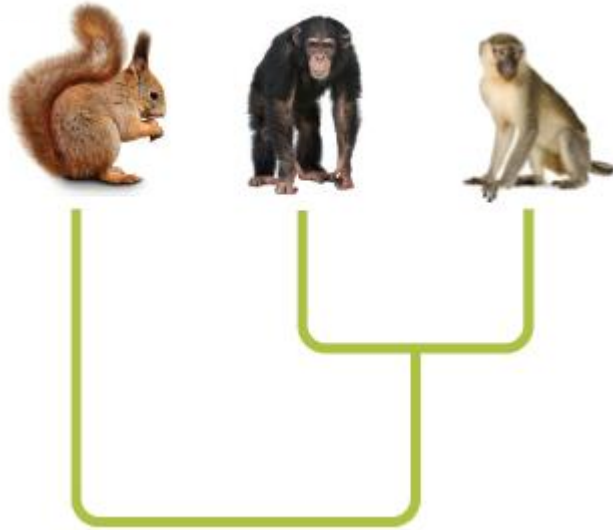


Ένα φυλογενετικό δένδρο τριών τάξεων: ανθρώπου (Α), χιμπατζή (Β) και Μπονόμπο (Γ).

- Κάθε τμήμα του δένδρου αποτελεί μία **γενεαλογική γραμμή (lineage)** που μπορεί να διαχωριστεί σε ένα εσωτερικό σημείο διακλάδωσης ή κόμβο (π.χ. Δ), απεικονίζοντας έτσι τον σχηματισμό δύο γενεαλογικών γραμμών απογόνων (Β και Γ), μέσω **ειδογένεσης** από τον κοινό τους πρόγονο.
- Δύο κλάδοι που προέρχονται από τον ίδιο πρόγονο λέγονται **αδελφές ομάδες** (sister groups). (Αν τα Β και Γ είναι είδη, ονομάζονται αδελφά είδη.)
- Ένα δένδρο παρουσιάζει επίσης την **χρονική διάταξη** των διακλαδώσεων που προέκυψαν από τον κοινό πρόγονο (στην περίπτωση αυτή, Ε). Η γενεαλογική γραμμή που οδηγεί στον πλέον πρόσφατο κοινό πρόγονο, ΠΠΚΠ (most recent common ancestor, MRCA) όλων των ειδών του φυλογενετικού δένδρου ονομάζεται **ρίζα του δένδρου**.
- Η σειρά των διακλαδώσεων σε ένα φυλογενετικό δένδρο ορίζει ποια είδη συγγενεύουν περισσότερο και ποια λιγότερο.

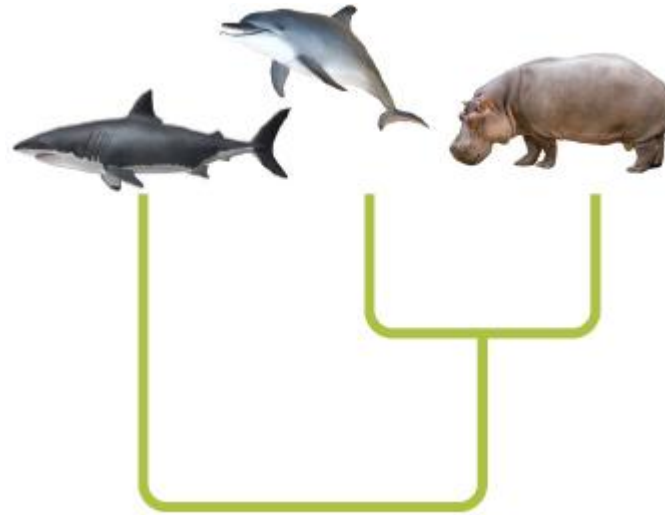
Η στενή συγγένεια σε μία σχέση δεν ταυτίζεται πάντοτε με την ομοιότητα.

Δύο είδη συγγενεύουν στενότερα μεταξύ τους παρά με ένα τρίτο είδος, εφόσον προήλθαν από έναν πιο πρόσφατο κοινό πρόγονο.

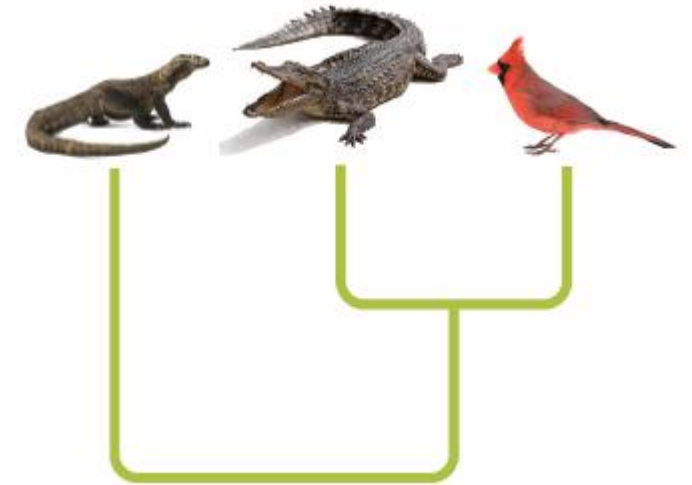


Οι χιμπαντζήδες και οι μαϊμούδες συγγενεύουν περισσότερο μεταξύ τους παρά με τα τρωκτικά.

Δύο στενά συγγενικά είδη μπορεί να είναι λιγότερο όμοια μεταξύ τους από ό,τι ένα από αυτά με ένα λιγότερο συγγενικό είδος. Π.χ.

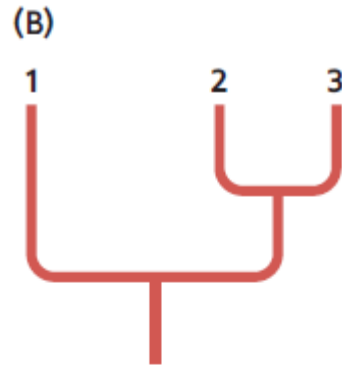
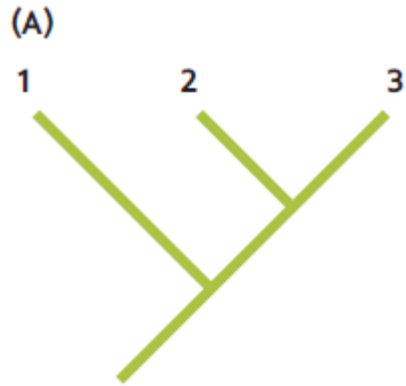


Τα δελφίνια, αν και μοιάζουν σε κάποια σημεία με τους καρχαρίες, συγγενεύουν περισσότερο με τους ανθρώπους και τους υποπόταμους. Τα δελφίνια εμφάνισαν ανεξάρτητα εξελικτικά πτερύγια και σχήμα σώματος προσαρμοσμένο στην κολύμβηση.



Οι κροκόδειλοι και οι σαύρες συγγενεύουν επιφανειακά περισσότερο μεταξύ τους παρά με τα πουλιά, όμως οι κροκόδειλοι συγγενεύουν στενότερα με τα πουλιά παρά με τις σαύρες. Ο ΠΠΚΠ των σαυρών, κροκοδείλων και πουλιών είχε ασφαλώς μία σαυροειδή μορφή σώματος, αλλά τα πουλιά υπέστησαν περισσότερες εξελικτικές αλλαγές σε σχέση με την προγονική μορφή από τους κροκόδειλους.

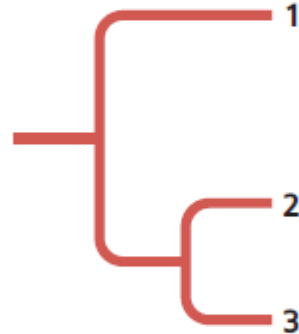
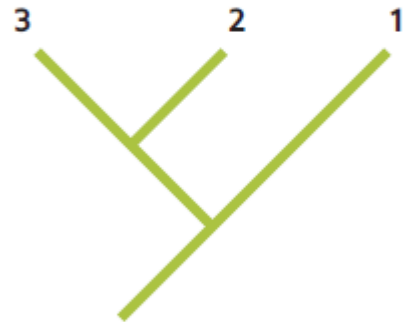
Ισοδύναμα φυλογενετικά δένδρα



Ένα φυλογενετικό δένδρο μπορεί να παρουσιαστεί με διαφορετικούς, ισοδύναμους τρόπους. Οι κόμβοι μπορεί να είναι:

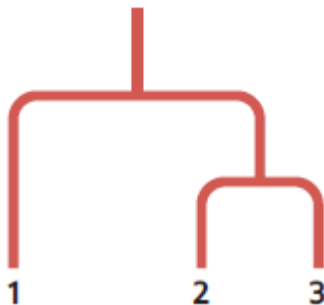
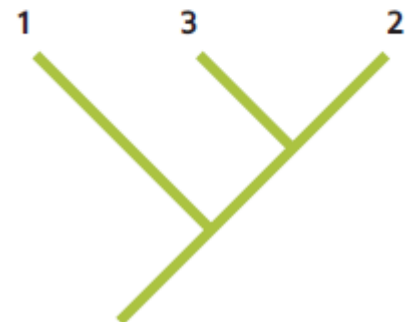
υπό γωνία (A)

Τα τρία αυτά δένδρα είναι ισοδύναμα: όλα δείχνουν ότι τα είδη 2 και 3 είναι οι στενότεροι συγγενείς.



ή κάθετοι (B)

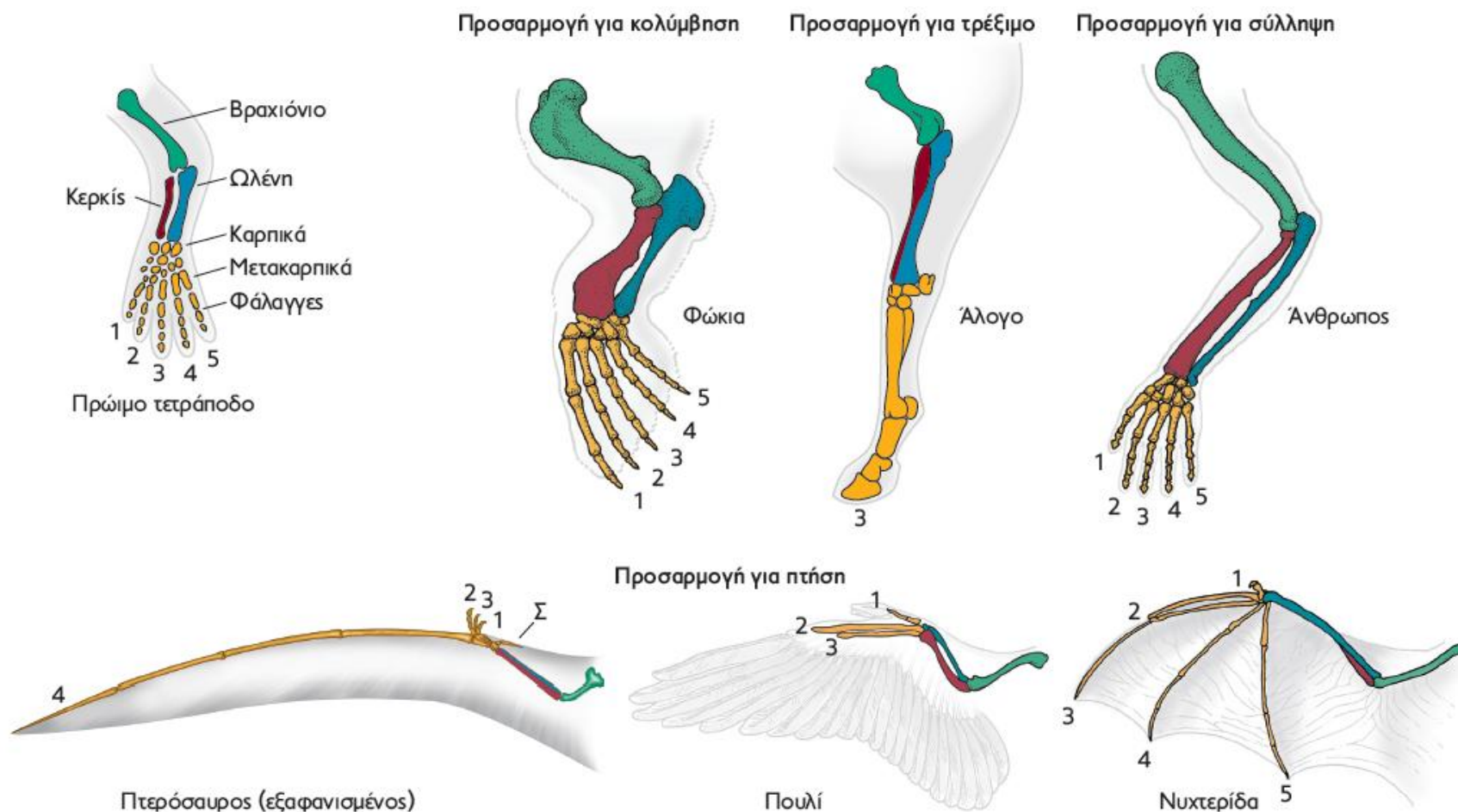
Τα τρία αυτά δένδρα είναι ισοδύναμα μεταξύ τους, αλλά διαφέρουν ως προς την κατεύθυνση ροής του χρόνου (προς τα επάνω, προς τα δεξιά, προς τα κάτω). Τα δένδρα αυτά είναι επίσης ισοδύναμα με εκείνα του (A). αφού πάλι τα είδη 2 και 3 είναι οι στενότεροι συγγενείς.



Οι σχέσεις μεταξύ των τάξεων καθορίζονται από τη σειρά των διακλαδώσεων και όχι από τη γραμμική σειρά των κορυφών του δένδρου.

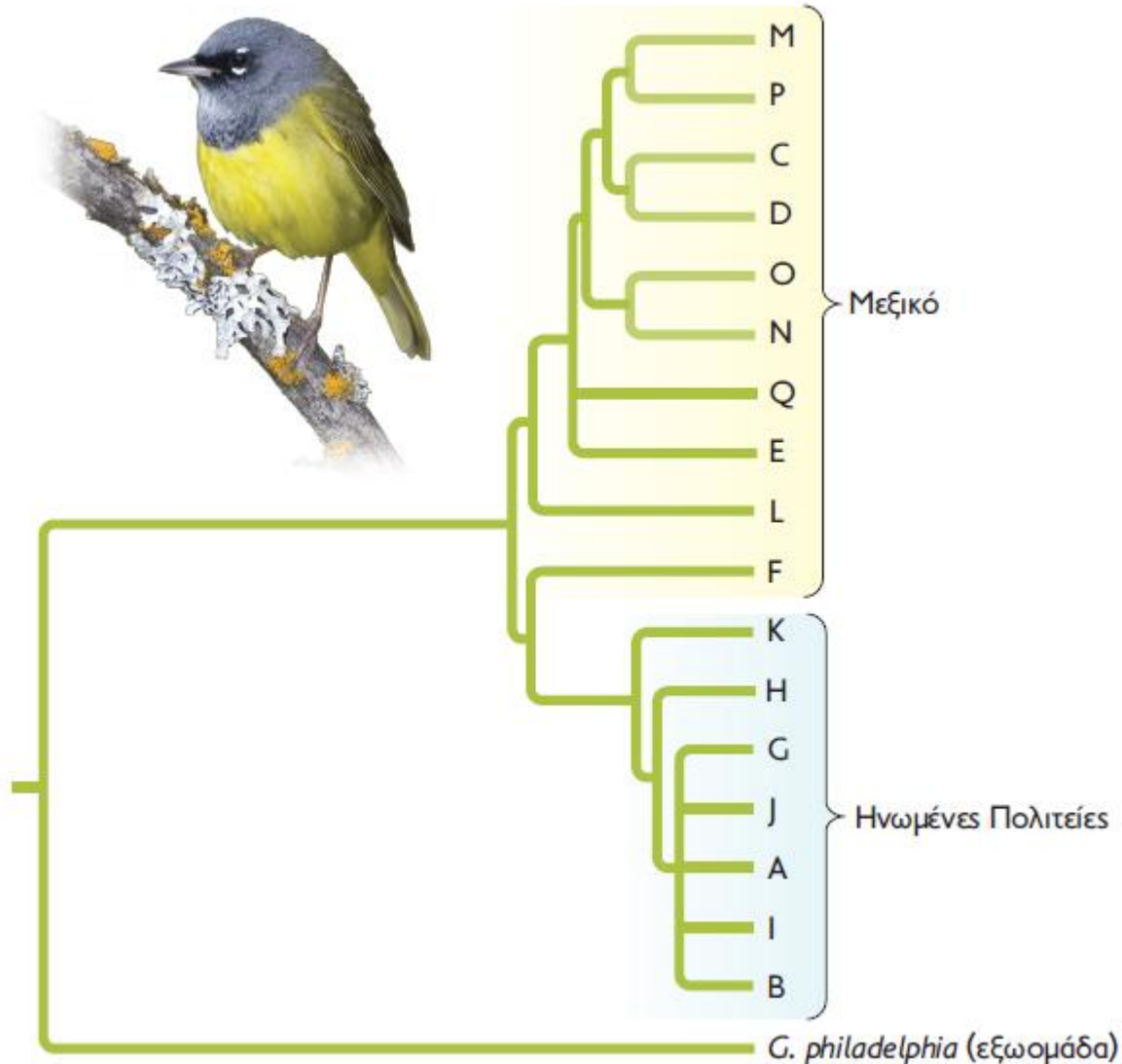
Πως συνάγουμε φυλογενέσεις;

Η εκτίμησή μας για το πώς σχετίζονται τα τάξα μεταξύ τους βασίζεται σε χαρακτηριστικά που είναι **ομόλογα (έχουν κληρονομηθεί από κοινούς προγόνους)** μεταξύ των τάξων, όπως π.χ. τα οστά των πρόσθιων άκρων των τετραπόδων.



Σε σύγκριση με το 'βασικό σχέδιο' όπως αυτό εμφανίζεται στο πρώμο τετράποδο, τα οστά χάθηκαν ή συντήχτηκαν (π.χ. άλογο, πουλιά) ή τροποποιήθηκαν κατά το σχετικό τους μέγεθος και σχήμα. Οι τροποποιήσεις για την κολύμβηση εξελίχθηκαν στη φώκια, για το τρέξιμο στο άλογο, για τη σύλληψη στον άνθρωπο και για την πτήση στα πουλιά, τις νυχτερίδες και τους πτερόσαυρους.

Η ομολογία δεν αφορά μόνο σε μορφολογικά ή άλλα φαινοτυπικά χαρακτηριστικά αλλά και σε αλληλουχίες DNA, οι οποίες αποκαλύπτουν παραλλαγές σε χιλιάδες ή ακόμα και σε εκατομμύρια θέσεις ζευγών βάσεων σε ομόλογες αλληλουχίες.



Παράδειγμα: Ένα δένδρο γονιδίων που απεικονίζει τις σχέσεις μεταξύ των απλοτύπων (διαφορετικές αλληλουχίες) του γονιδίου του μιτοχονδριακού γονιδίου του κυτοχρώματος *b* ενός είδους ωδικού πουλιού (*Geothlypis tolmiei*) με τη χρήση αλληλουχίας από το *G. philadelphia* ως εξωομάδα (Τάξον αναφοράς).

Παρατηρείστε ότι οι απλότυποι συγγενεύουν στενότερα μέσα στην ίδια γεωγραφική περιοχή παρά μεταξύ των περιοχών, πράγμα που συνεπάγεται ότι υπάρχει μικρή μίξη μεταξύ των πληθυσμών του Μεξικού και των Ηνωμένων Πολιτειών.