



Εξελικτική Βιολογία

Εξέλιξη σε πρόσφατες περιόδους -
Εστιγμένη ισορροπία
Π. Παφίλης

Μεσοζωϊκός Αιώνας

Τριασική (250-228 εκ.χ.)- Ιουρασική (228 -144 εκ.χ.)-Κρητιδική (144-65 εκ.χ.)

Η ζωή στη θάλασσα

Οι αμμωνίτες εμφανίζουν υψηλή ποικιλότητα, συνεχίζεται η διαφοροποίηση των ψαριών ενώ κατά την Ιουρασική παρατηρείται έντονη διαφοροποίηση των θαλάσσιων ομάδων (μαλάκια, ψάρια, καρκινοειδή).
Εμφάνιση των γαστεροπόδων



Μεσοζωϊκός Αιώνας

Τριασική (250-228 εκ.χ.)- Ιουρασική (228 -144 εκ.χ.)-Κρητιδική (144-65 εκ.χ.)

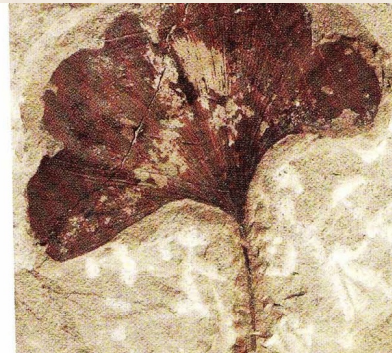
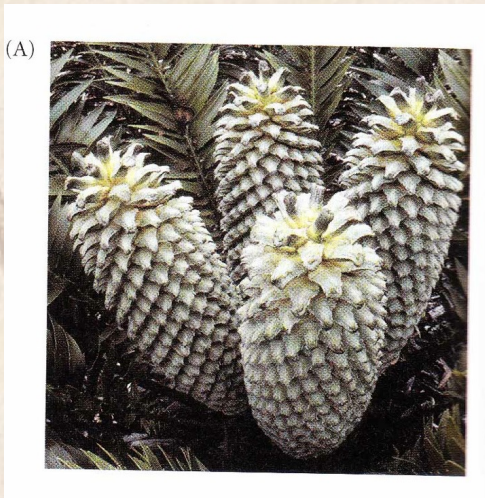
Η ζωή στη ξηρά

Επικρατούν τα γυμνόσπερμα

Εμφανίζονται τα πρώτα αγγειόσπερμα (130 εκ.χ.)

Εμφανίζονται οι σύγχρονες τάξεις των εντόμων

Αλληλεπίδραση των δύο ομάδων (επικονίαση)

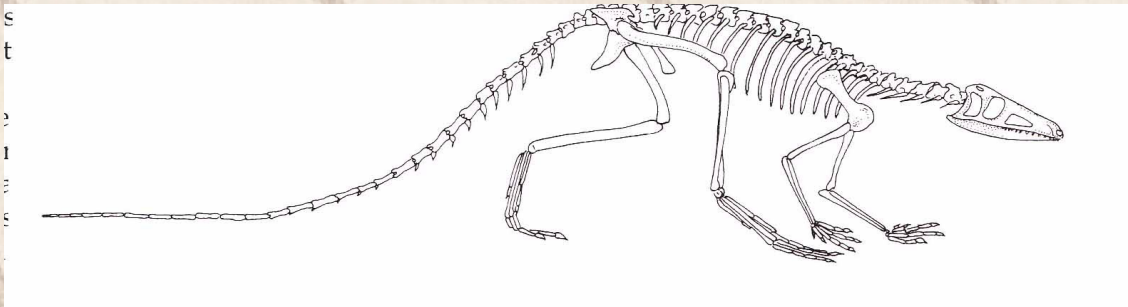


Μεσοζωϊκός Αιώνας

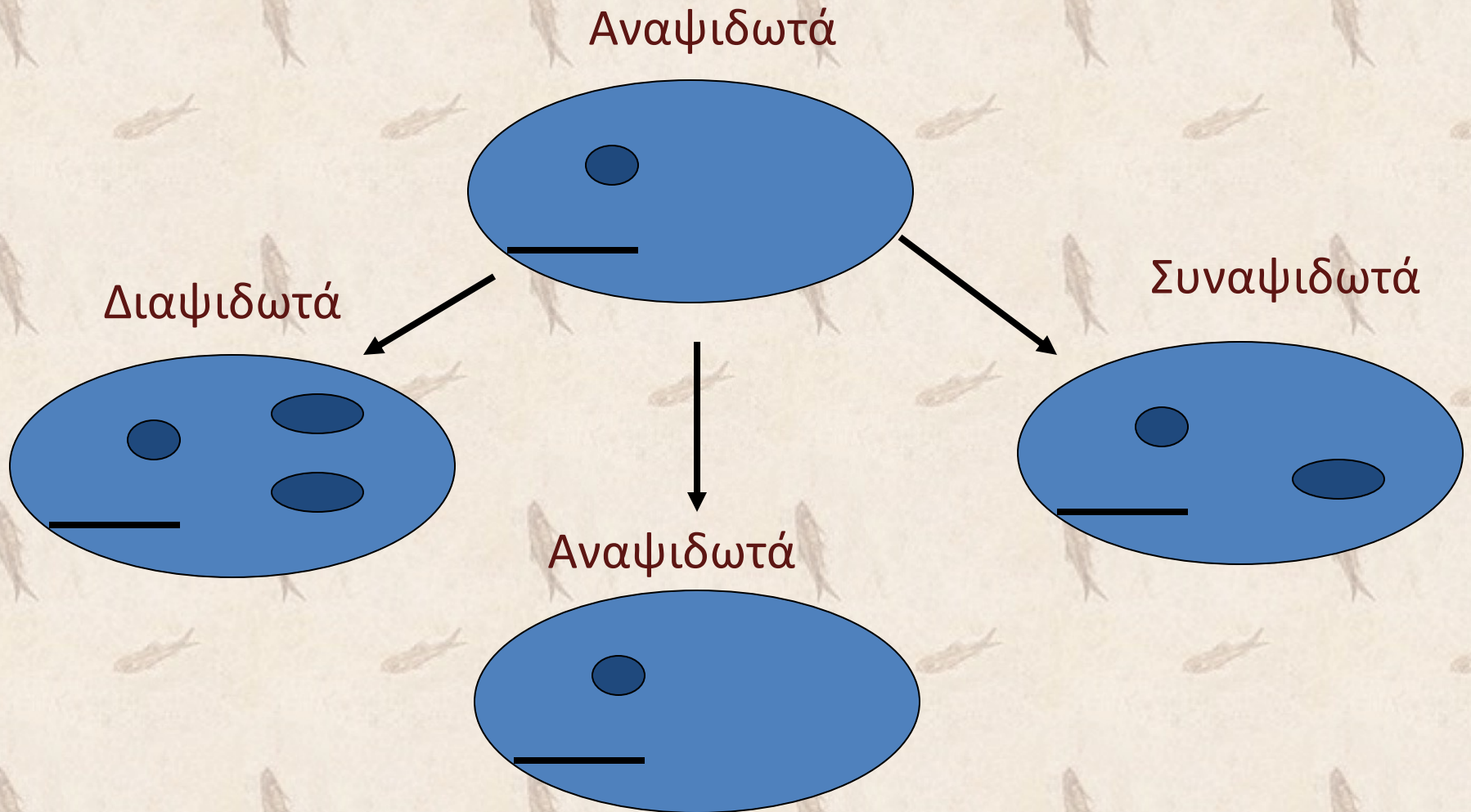
Τριασική (250-228 εκ.χ.)- Ιουρασική (228 -144 εκ.χ.)-Κρητιδική (144-65 εκ.χ.)

Σπονδυλόζωα της ξηράς

Διαφοροποίηση των αμνιωτών
Τα Διαψιδωτα διαφοροποιούνται έντονα:
Από τα αρχοσαυρόμορφα προκύπτουν οι
δεινόσαυροι



Ταξινόμηση των αμνιωτών βάσει των κρανιακών τρημάτων



Προέλευση και εξέλιξη των αμνιωτών

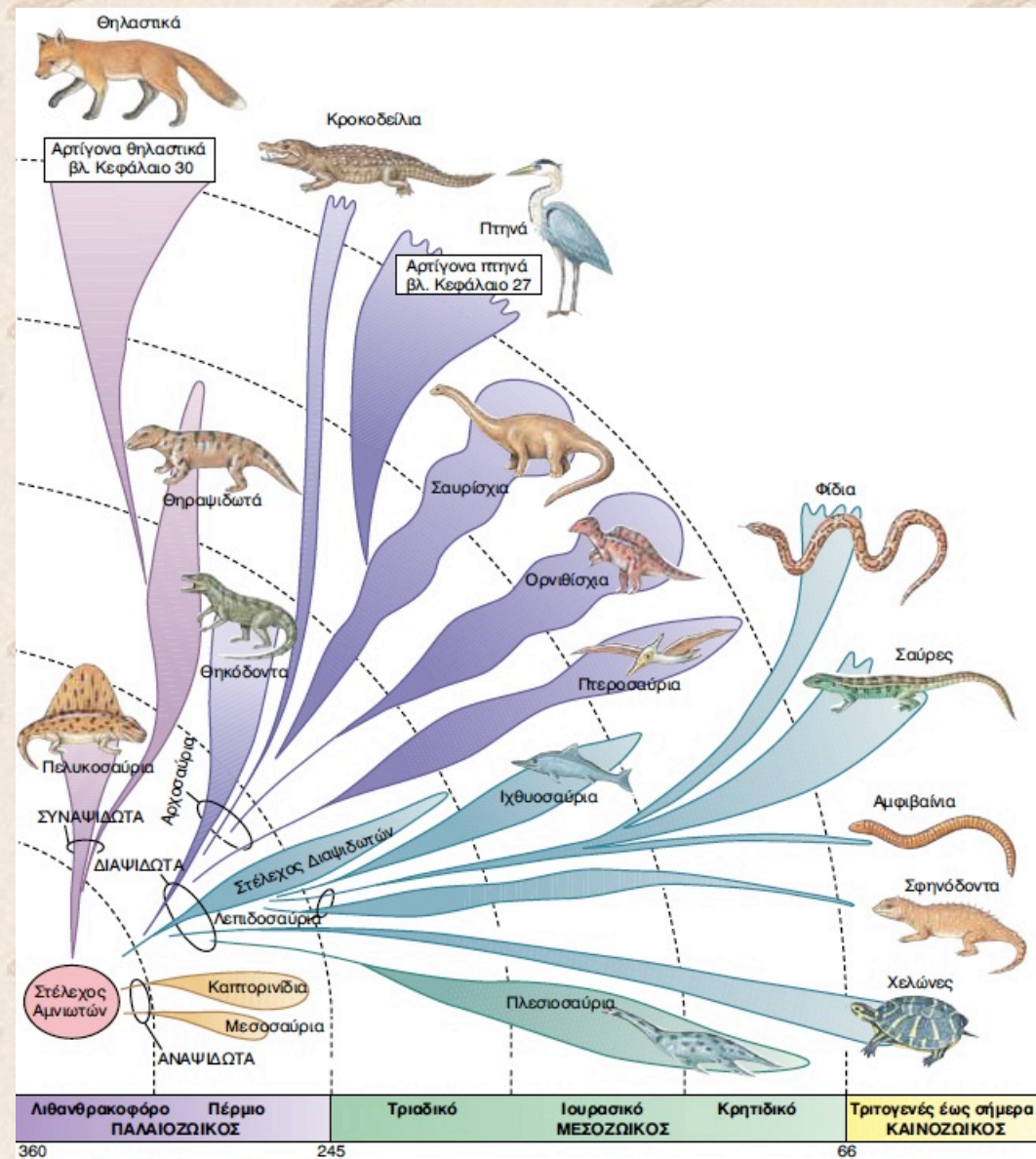
- Συνδέονται στενά με τους ανθρακόσαυρους (οι οποίοι ΔΕΝ είναι πρώιμα ερπετά).
- Οι ανθρακόσαυροι ήταν ικανοποιητικά προσαρμοσμένοι στην χερσόβια ζωή και οι περισσότερες μορφές ήταν εντομοφάγες.

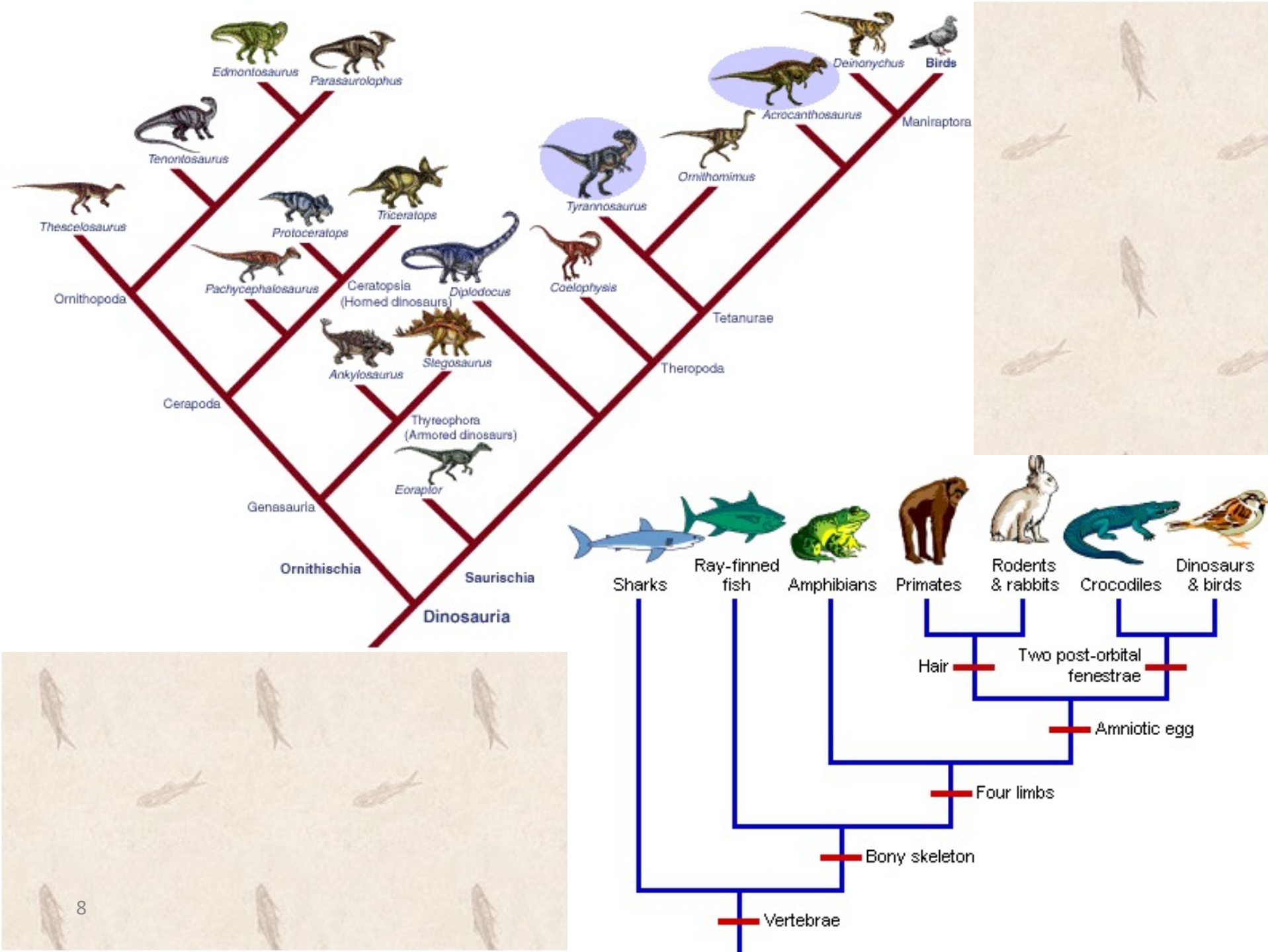


Diadectes sp.

Διαφοροποίηση των αμνιωτών

Η πρώτη διαφοροποίηση οδήγησε σε τρεις βασικούς τύπους οπών στην κροταφική περιοχή των κρανίου, τα αναψιδωτά, τα διαψιδωτά και τα συναψιδωτά.





Γιατί εξαφανίστηκαν οι δεινόσαυροι;

Κατά τη διάρκεια του Κρητιδικού και του Τριτογενούς (γύρω στα 65 εκ.χ.) έλαβε χώρα μαζική εξαφάνιση πολλών ζωικών ομάδων με πιάο γνωστή εκείνη των δεινοσαύρων (K-T extinction event).

Μια «βροχή αστεροειδών» που ενεργοποίησε έντονη ηφαιστειακή δραστηριότητα φαίνεται ότι αλλοίωσε δραματικά την σύσταση της ατμόσφαιρας του πλανήτη με αποτέλεσμα να επηρεαστεί έντονα η ζωή στη Γη.



Η φωτοσύνθεση περιορίστηκε με άμεσο αντίκτυπο σε όλους τους κρίκους της τροφικής αλυσίδας. Τα πιο μεγάλωσυμα ζώα δέχτηκαν τις οξύτερες συνέπειες.

- Σύμφωνα με πολλούς παλαιοντοντολόγους η αυξημένη παρουσία των υπεριωδών ακτίνων προκάλεσε προβλήματα στην όραση των μορφών εκείνων ζωής που δεν μπορούσαν να τις αποφύγουν.
- Οι πλέον μεγάλωσωμοι δεινόσαυροι «έπαθαν καταρράκτη» και δεν μπορούσαν να τραφούν.
- Οι πιο μικρόσωμοι επιβίωσαν για περισσότερο χρονικό διάστημα αλλά στο τέλος δεν μπόρεσαν να προσαρμοστούν στο διαφορετικό περιβάλλον που εγκαθιδρύθηκε.



Καινοζωϊκός Αιώνας

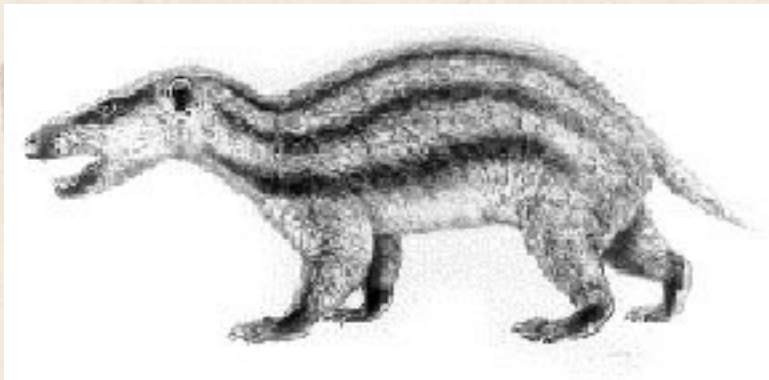
Παλαιόκαινος 65-55 εκ.χ

- Οι ήπειροι αρχίζουν να παίρνουν τη σημερινή τους μορφή.
- Εμφανίζονται όλα τα αρτίγονα φυτά.
- Τα Πτηνά διαφοροποιούνται και καταλαμβάνουν νέες οικοθέσεις.
- Οι περισσότερες ομάδες Πτηνών εμφανίζονται στο μέσον του Καινοζωϊκου.

Καινοζωϊκός Αιώνας

Ηώκαινος 55-35 εκ.χ.

- Εμφανίζονται τα μεγάλα θηλαστικά και καταλαμβάνουν τις οικοθέσεις των δεινόσαυρων.
- Ένα γεγονός που έδωσε μεγάλη ώθηση στην εξέλιξη των μεγάλων φυτοφάγων θηλαστικών ήταν η εμφάνιση των αγρωστωδών φυτών.



Θηλαστικά vs. δεινοσαύρων

- Πρόσβαση σε διαφορετικές θρεπτικές πηγές.
- Μικρότερο μέγεθος – χαμηλότερες ενεργειακές απαιτήσεις λόγω ενδοθερμίας για τους φυτοφάγους εκπροσώπους

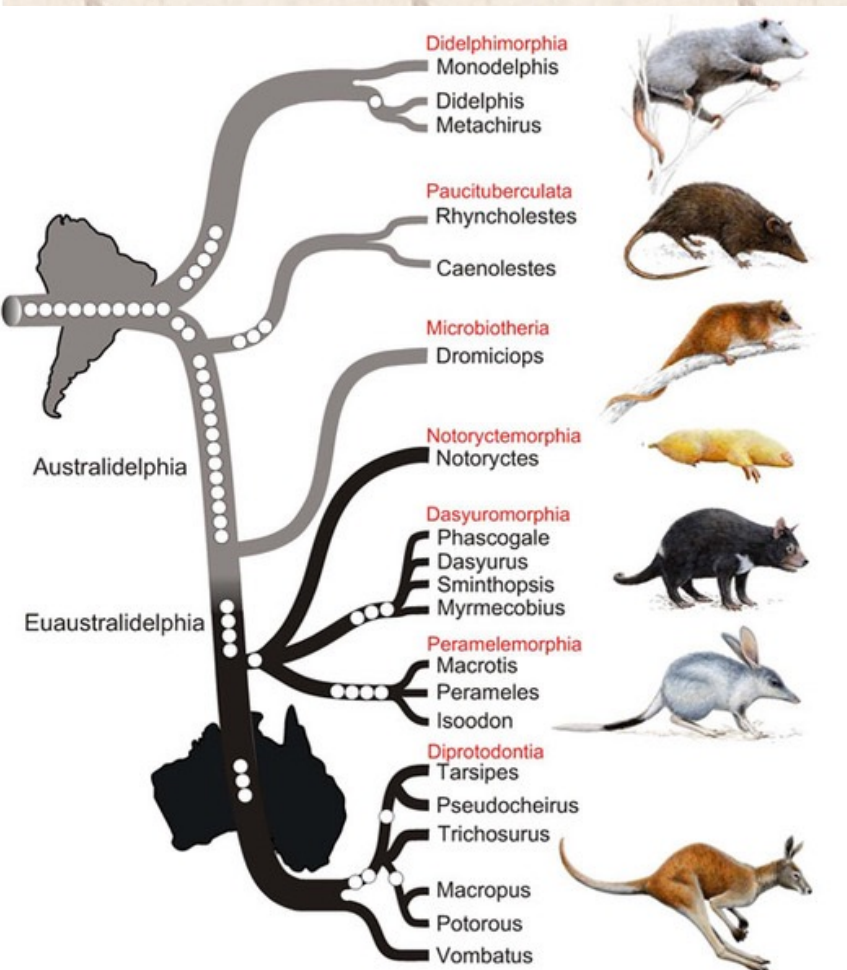


- Ευφυΐα...
- Ανοσοποιητικό σύστημα
- Δυνατότητες εξάπλωσης

Καινοζωϊκός Αιώνας

Ολιγόκαινος 34-23 εκ.χ

- Ανάπτυξη των μαρσιποφόρων στην Αυστραλία



Προσοχή!!! Τα μονοτρήματα είναι πολύ αρχαιότερα!!!



Καινοζωϊκός Αιώνας

Μειόκαινος 23-5 εκ.χ

- Μεγάλη ανάπτυξη των φυτοφάγων και των θηρευτών τους.
- Σχηματοποίηση του ελλαδικού χώρου.



Καινοζωϊκός Αιώνας

Πλειόκαινος 5-2 εκ.χ

- Σχηματίζονται τα Ιμαλάια.
- Εμφάνιση των Ανθρωπίδων.
- Η νότια Αμερική ενώνεται με την βόρεια στον ισθμό του Παναμά.
- Η παραπάνω ένωση είχε σαν αποτέλεσμα την εισβολή των Πλακουντοφόρων στην Ν. Αμερική.

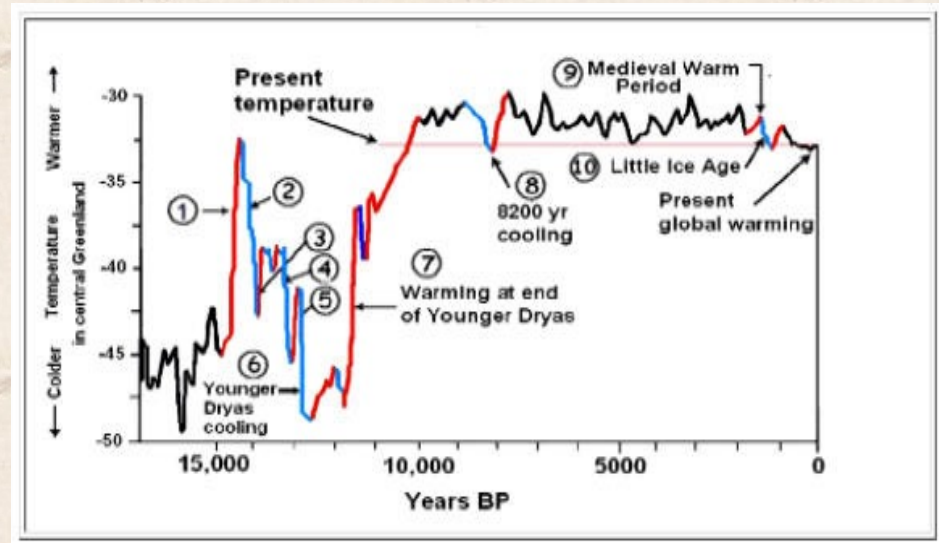
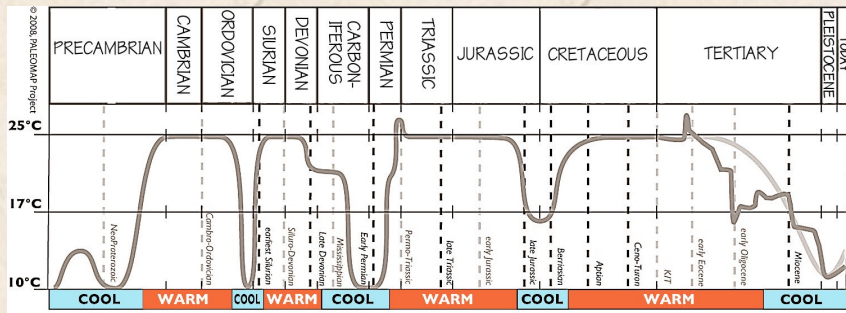
Καινοζωϊκός Αιώνας

Πλειστόκαινος 2-0.01 εκ.χ

- Παγετώνες στο Βόρειο Ημισφαίριο



Θερμοκρασιακές αλλαγές



Καινοζωϊκός Αιώνας

Ολόκαινος 10.000-σήμερα

- Επικράτηση του Ανθρώπου - Ανθρωπόκαινο



Οι ανθρώπινες επιδράσεις είναι ισχυρές ήδη πριν από την αγροτική επανάσταση.

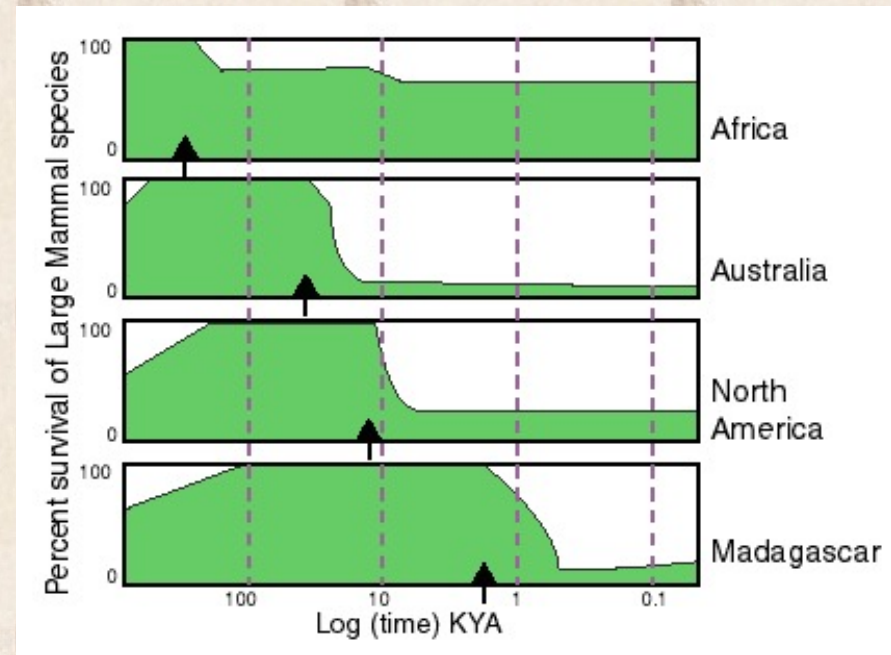
Μεγάλης κλίμακας εξαφάνισης (αρχικά μεγαπανίδας - έκτη εξαφάνιση)

Αλλοίωση και καταστροφή οικοσυστημάτων

Κοσμοπολιτική επικράτηση για τον άνθρωπο ΚΑΙ τα ανθρωπόφιλα είδη

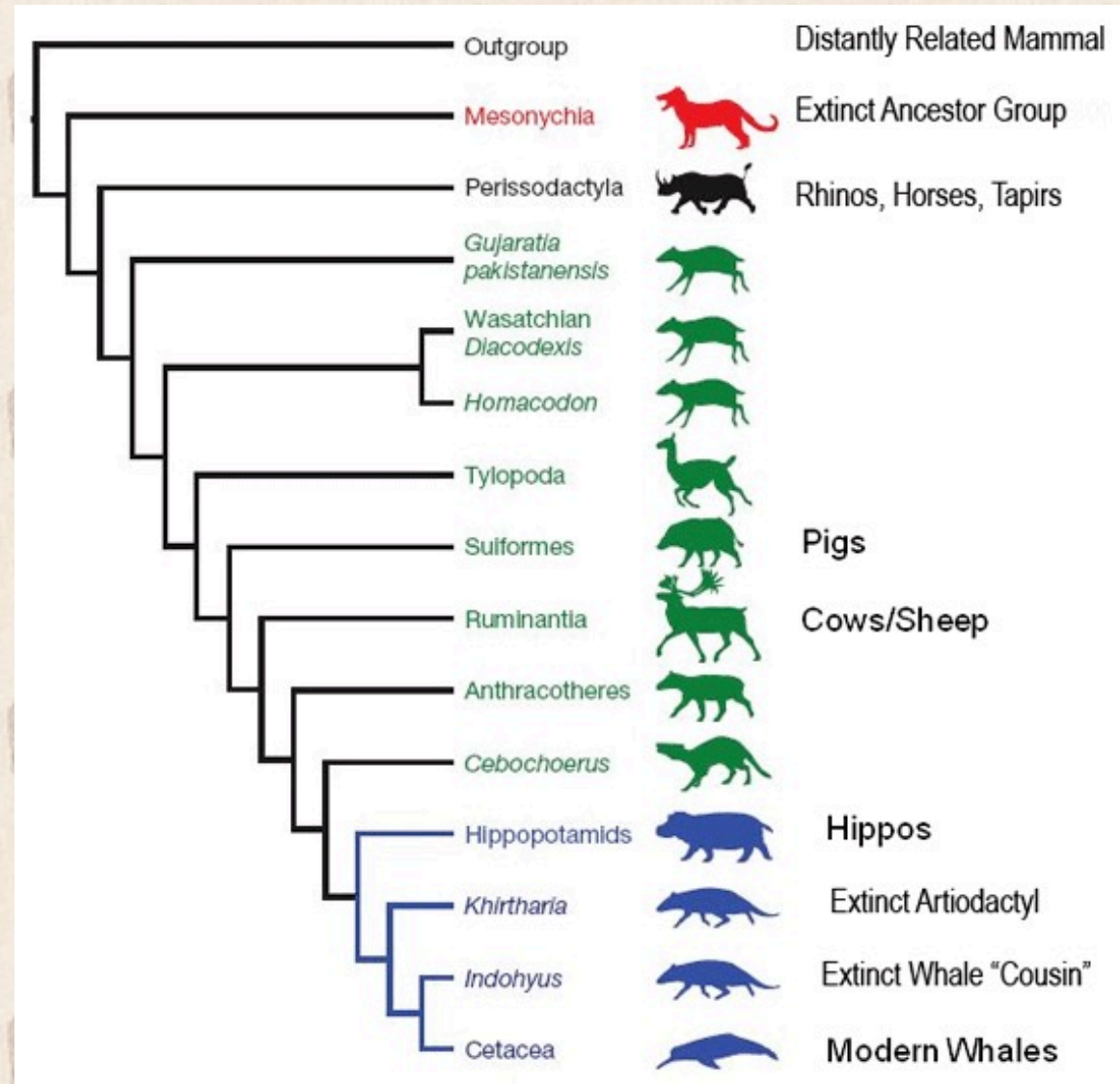
Μεταβολή της ατμοσφαιρικής σύστασης

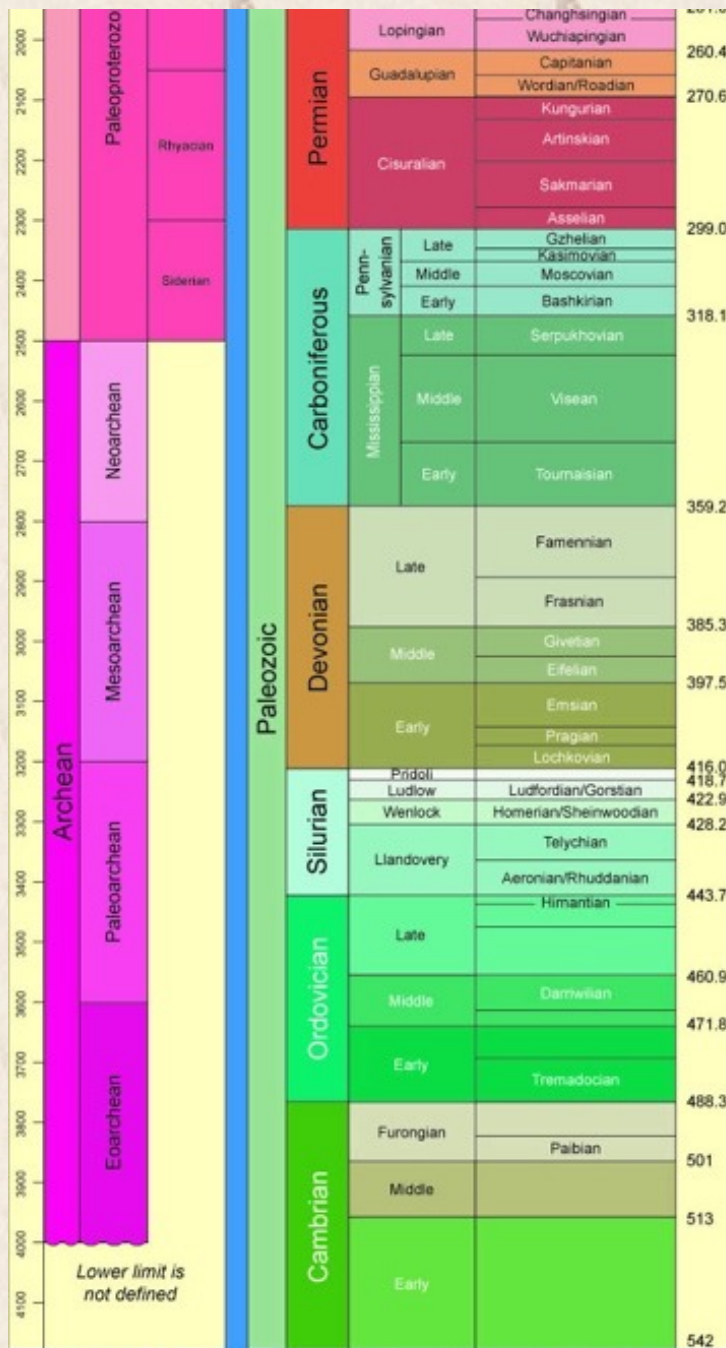
Ρύπανση των ωκεανών



Διαφοροποίηση των Θηλαστικών

- Εντονη και γρήγορη διαφοροποίηση στη μορφολογία
- Συγκλίσεις





Lower limit is not defined



Middle Permian



Middle Mississippian



Early Middle Devonian



Middle Ordovician



Early Cambrian



International divisions of geologic time (eras, periods, epochs, stages) are standardized by the International Commission on Stratigraphy

Έλλειψη κρίκων...

- Σύμφωνα με την κλασική διαρβινική θεώρηση, τα νέα είδη προκύπτουν από τη βαθμιαία συσσώρευση νέων χαρακτήρων.
- Όμως έχουν παρατηρηθεί «εκρήξεις» ειδογένεσης που δεν συμβαδίζουν με την πεπατημένη, χωρίς μάλιστα να υπάρχουν συνδετικοί κρίκοι.
- Αυτό το φαινομενικό παράδοξο εξηγείται από τη λεγόμενη εστιγμένη ισορροπία.

Κάποιες έννοιες...

- Ο ρυθμός μεταλλαξιμότητας θεωρείται σταθερός κάτω από σταθερές περιβαλλοντικές συνθήκες.
- Έτσι ένα εξελισσόμενο σύστημα τροφοδοτείται με νέες μεταλλάξεις με σταθερό ρυθμό.
- Η σειρά νέων χαρακτήρων που προκύπτει δοκιμάζεται από την φυσική επιλογή και μόνο εκείνοι που επιλεγούν θα διατηρηθούν και (ίσως να) αντιπροσωπευτούν στο αρχείο απολιθωμάτων.
- Ο εξελικτικός ρυθμός αφορά στη συχνότητα εμφάνισης νέων μεταλλάξεων σε ένα πληθυσμό και γενικά μεταβάλλεται.



Ο εξελικτικός ρυθμός μπορεί να παραμένει σταθερός εάν:

1. Οι μεταλλάξεις είναι ουδέτερες

2. Το περιβάλλον είναι σταθερό

3. Όλες οι μεταλλάξεις προκαλούν στον ίδιο βαθμό την δράση της φυσικής επιλογής

Αποκλίνουσα εξάπλωση ή ακτινωτή προσαρμογή ή ακτινωτή προσαρμοστική διαφοροποίηση...

- Αναφέρεται στη διαφοροποίηση σε διαφορετικές οικοθέσεις ειδών που προέρχονται από έναν κοινό πρόγονο.
- Από έναν αρχικό πληθυσμό προήλθαν πολλοί άλλοι προσαρμοσμένοι σε διαφορετικούς βιοτόπους με αποτέλεσμα να προκύψουν στην πορεία νέα είδη.
- Θα πρέπει βέβαια να ικανοποιούνται κάποιες αναγκαίες συνθήκες (διαθεσιμότητα τροφής, απουσία ανταγωνιστών και θηρευτών, ποικιλία βιοτόπων).
- Η έκρηξη της Καμβρίου πιστεύεται ότι προέκυψε κάτω από τέτοιες συνθήκες.

Διαφοροποίηση της *Drosophila* στη Χαβάη

- Τα νησιά που αποτελούν το Αρχιπέλαγος της Χαβάης ήταν ενωμένα σε ένα μεγάλο αρχικό νησί.
- Η γεωγραφία όμως της Χαβάης άλλαξε δραματικά ως συνέπεια έντονων γεωλογικών φαινομένων.
- Έτσι, μετά από καταβυθίσεις και αναδύσεις, το αρχαιότερο νησί του συμπλέγματος έχει ηλικία περίπου 4 εκ.χ.

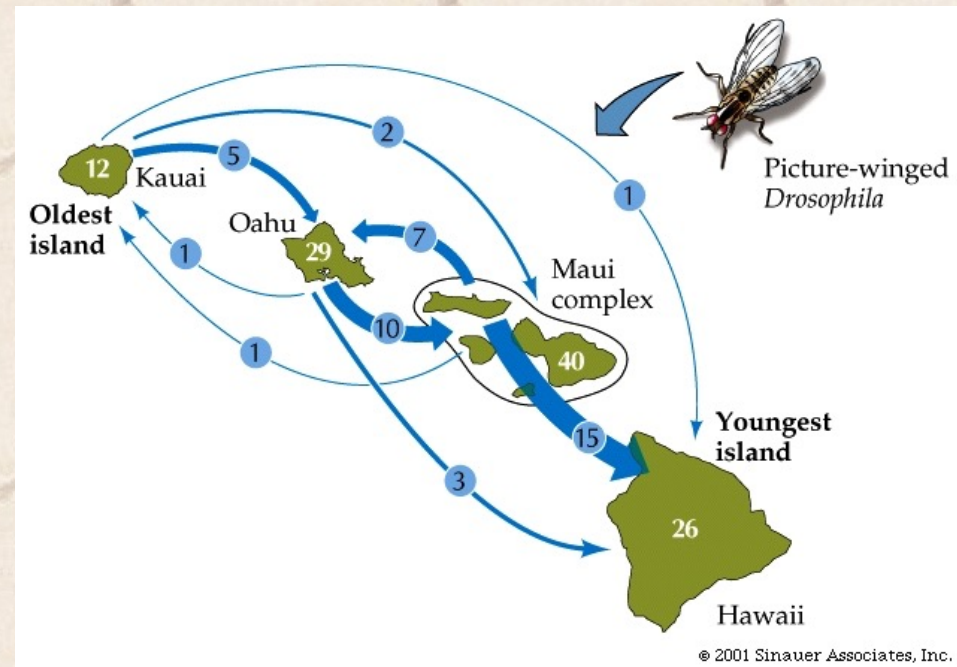


Τα είδη που είχαν ήδη εποίκισι το σύστημα ακολούθησαν μια σειρά μετακινήσεων.

Πριν από 4 εκ.χ. οι πρώτες
μύγες έφτασαν στο
αρχαιότερο νησί.

Οι πληθυσμοί της
παλαιονήσου εμφάνησαν
με τον καιρό μια
διαφοροποίηση σε
απομακρυσμένους
πληθυσμούς (απομόνωση
διασποράς)

Ο εποικισμός των νέων
νησιών (μετά την
κατάτμηση του παλαιού)
ενέτεινε την απομόνωση
και τη γενετική ποικιλία



Χάρη στην ικανότητά τους για
ενεργητική διασπορά οι μύγες
μπορούσαν να εποικίζουν τα
νεοσχηματιζόμενα νησιά με
αποτέλεσμα μια εντυπωσιακή
διαφοροποίηση

Η ιχθυοπανίδα των αφρικανικών Μεγάλων Λιμνών

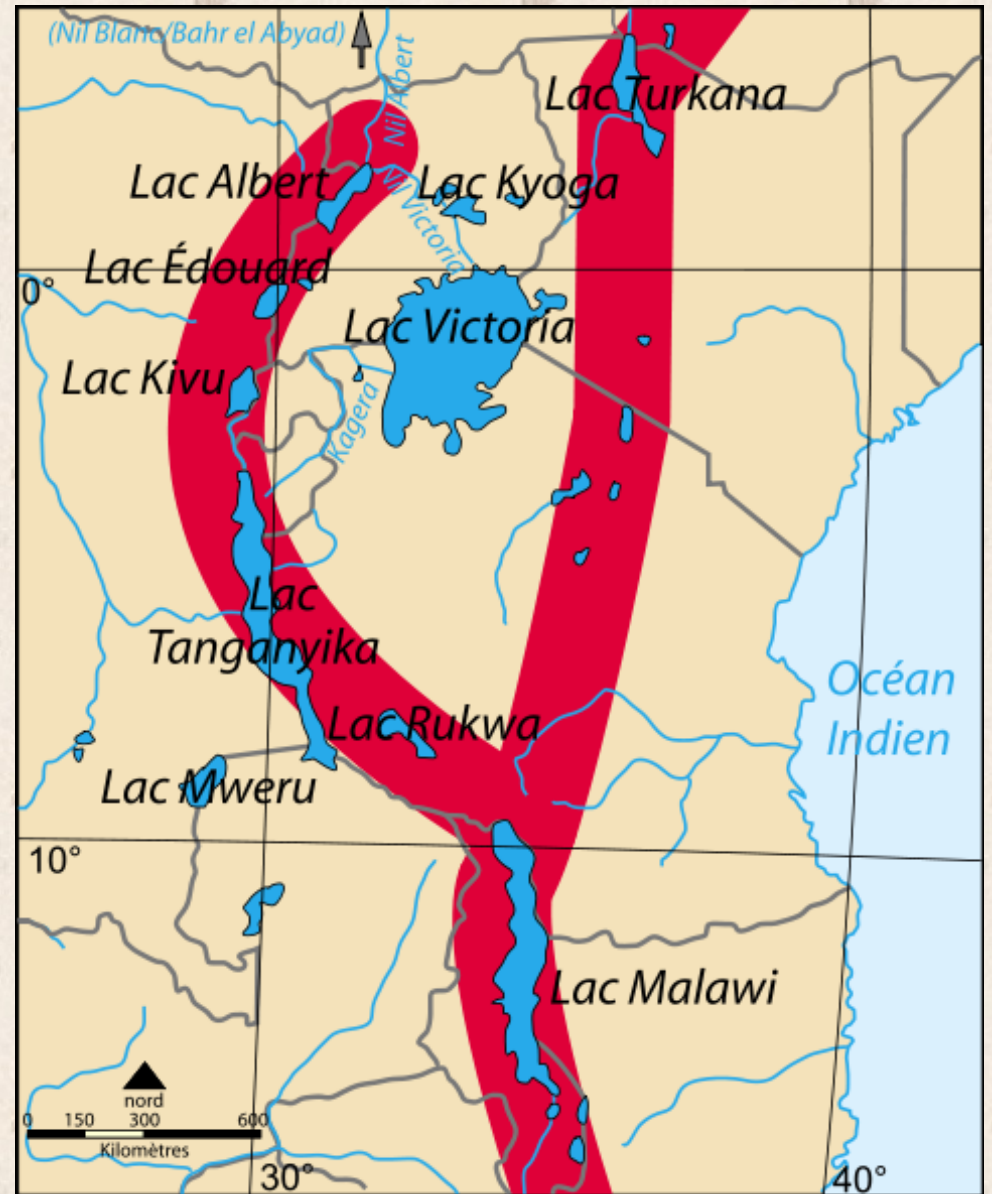
Στις λίμνες Victoria και Malawi ζουν πολλές εκατοντάδες ενδημικών ψαριών της οικογένειας Cichlidae.

Η λίμνη Βικτώρια σχηματίστηκε πριν από 1 εκ.χ. αλλά φαίνεται ότι πριν από 12.400 χρόνια αποξηράθηκε πλήρως.

Συνεπώς ο εξελικτικός χρόνος που είχαν στη διάθεσή τους τα ψάρια ήταν περίπου 10.000 χρόνια!!!



Στη λίμνη υπήρχαν
περί τα 300
ενδημικά είδη και
αρκετά λιγότερα
στις γειτονικές
λίμνες.



Η μεγάλη διαφοροποίηση των ειδών ευνοήθηκε από την υψηλή ποικιλία βιοτόπων στις λίμνες.

Ο έντονος ενδημισμός αντικατοπτρίζει την εκμετάλευση, μέσω καταλλήλων προσαρμογών, όλως των διαφορετικών βιοτόπων.



Δυστυχώς η εισαγωγή νέων ειδών απειλεί το μέλλον της ιδιαίτερης αυτής ιχθυοπανίδας.

Εστιγμένη ισορροπία

- Στις γενεαλογικές γραμμές καταγράφονται μικρές μόνο διαφορές στο αρχείο απολιθωμάτων μέσα σε διάστημα πολλών εκ.χ.
- Συχνά όμως προκύπτουν νέες μορφές, μετά από μεγάλες περιόδους χωρίς αλλαγές, δίχως να υπάρχει συνδετικός κρίκος.
- Οι Eldrege και Gould (1972) ονόμασαν αυτό το πρότυπο εστιγμένη ισορροπία (λόγω του αποσπασματικού του χαρακτήρα) και το αντιπαρέβαλαν στην βαθμιαία γενετική αλλαγή.

Η ε.ι. βασίζεται στην παλαιότερη θεωρία της περιπάτριας ειδογένεσης* του E. Mayr (1954).

Η κύρια εξελικτική γραμμή προχωρά με γρήγορους ρυθμούς σε μικρούς απομονωμένους πληθυσμούς παράλληλα με την απόκτηση αναπαραγωγικής απομόνωσης.

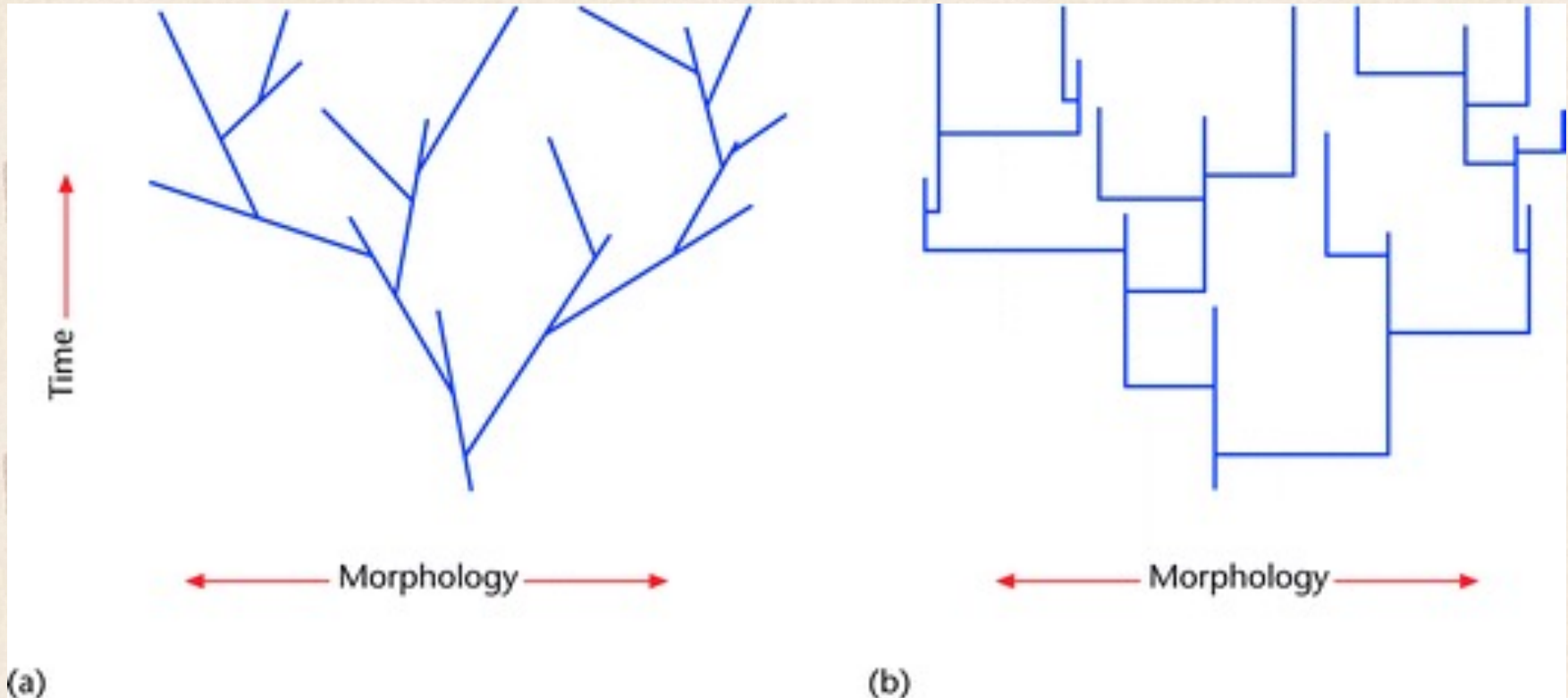
Ο νέος τύπος επεκτείνεται σε ευρύτερη περιοχή μέχρι να αποκτήσει μεγαλύτερη εξάπλωση και αφθονία ώστε τελικά να «απαθανατιστεί» στο αρχείο απολιθωμάτων.

Επειδή το κάθε είδος παραμένει σε στατική κατάσταση, οι τάσεις για μορφολογικές αλλαγές δεν είναι συνέπεια αναγενετικών αλλαγών αλλά αποτέλεσμα επιλογής μεταξύ των ειδών.

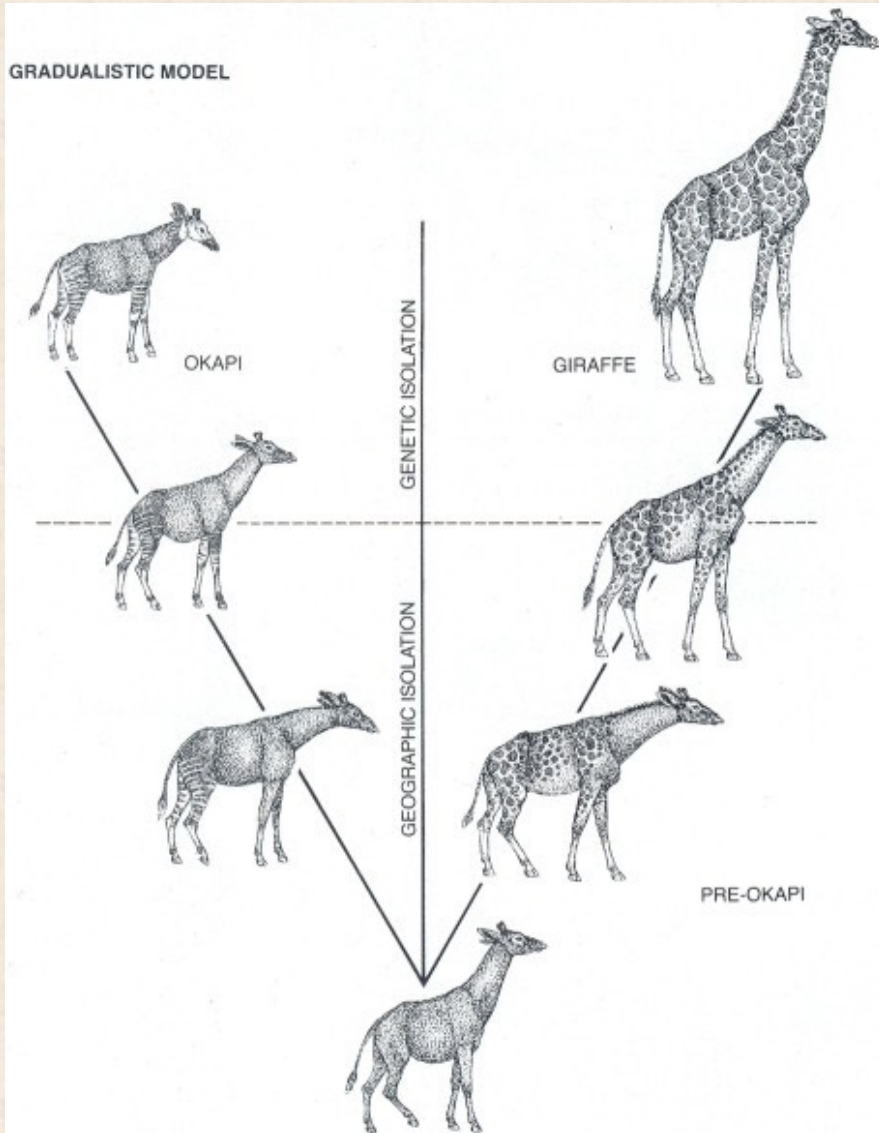
Σημειώνονται περίοδοι πολύ γρήγορης μετατόπισης προς μια νέα σταθερή μορφολογία.

Βαθμιαία γενετική αλλαγή

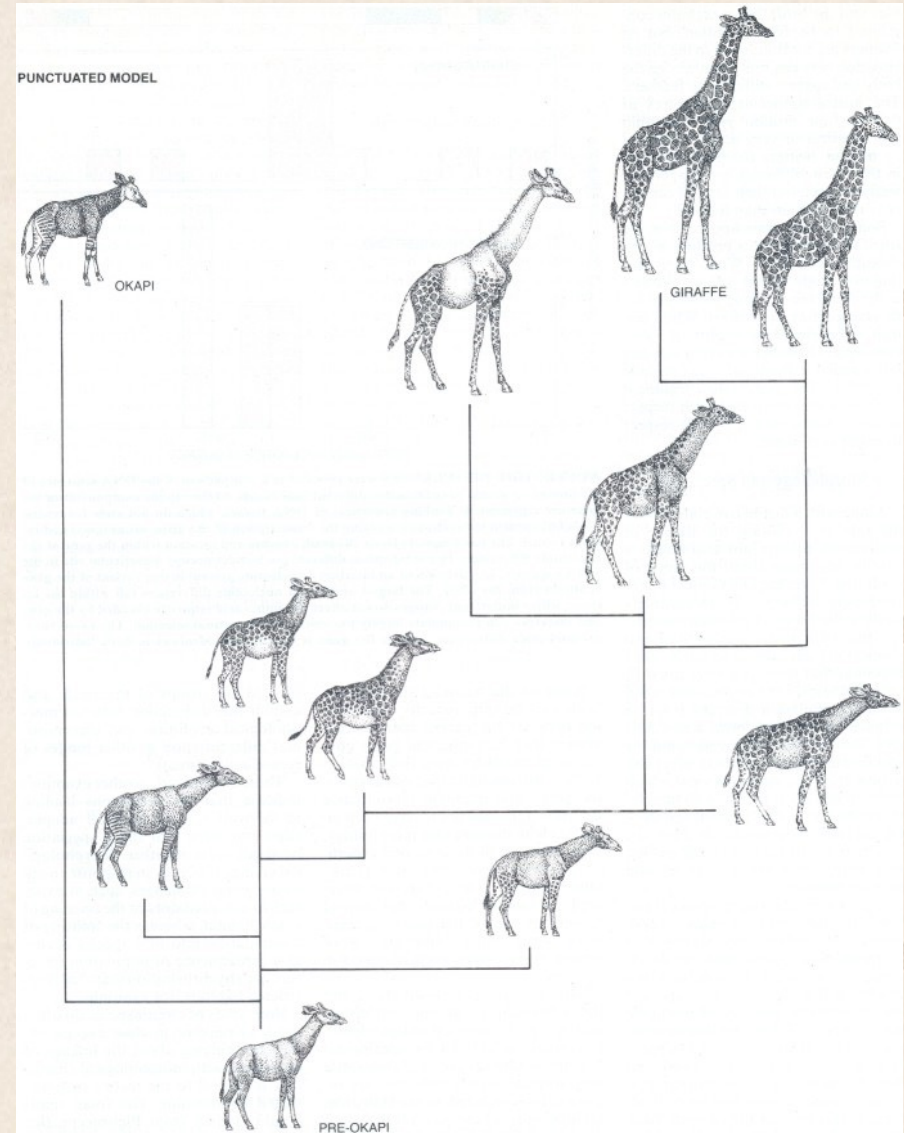
Εστιγμένη ισορροπία



Βαθμιαία γενετική αλλαγή

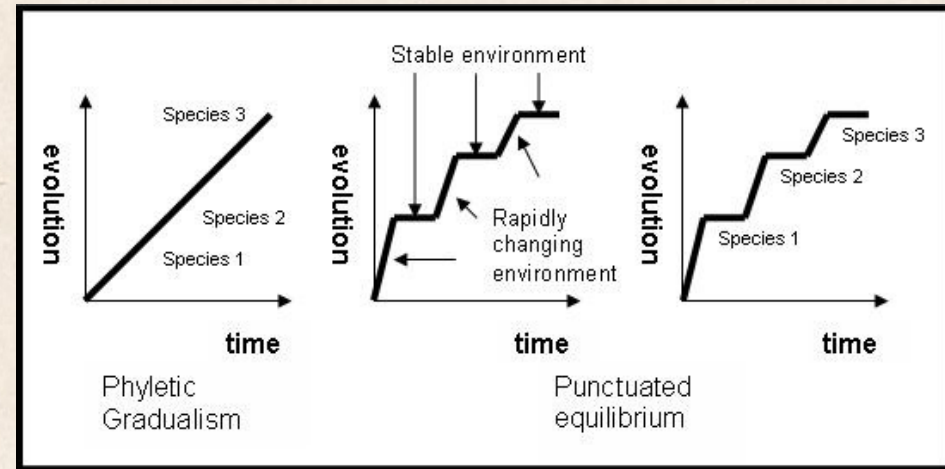


Εστιγμένη ισορροπία

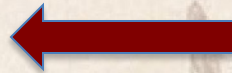
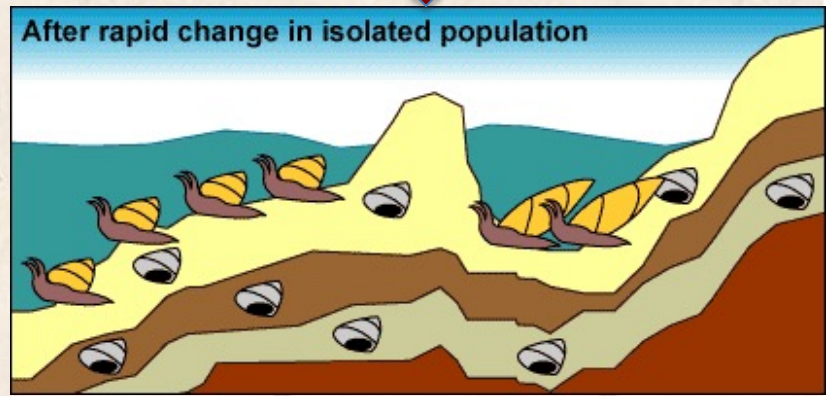
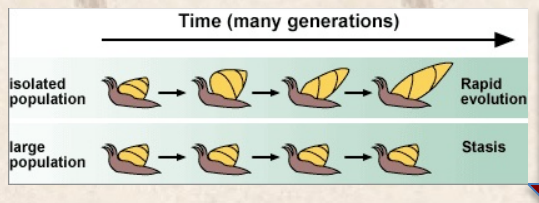
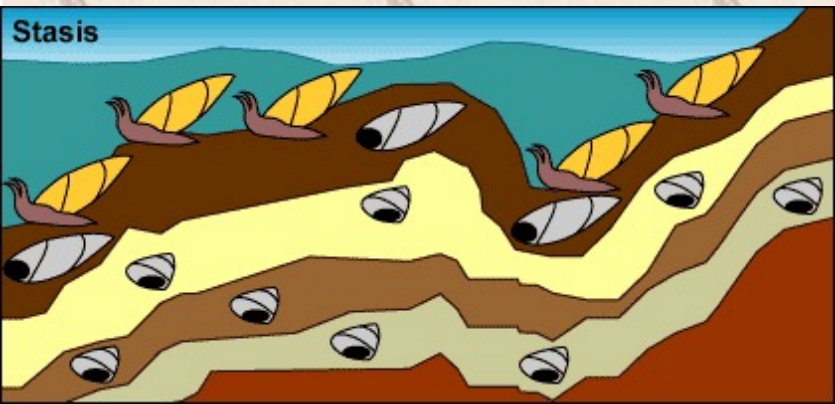
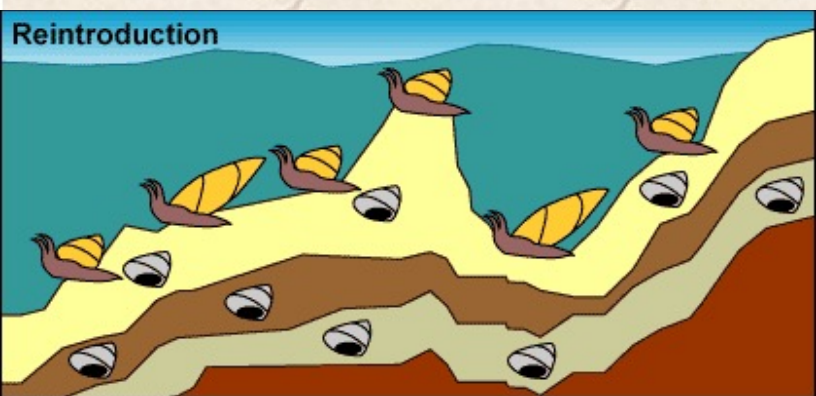
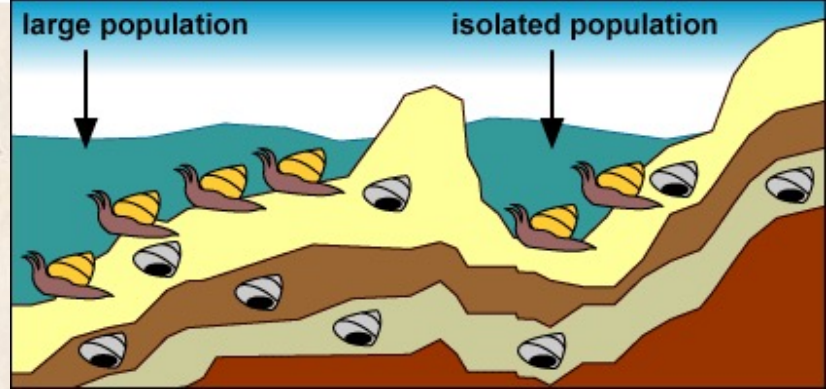
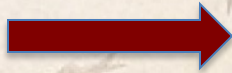
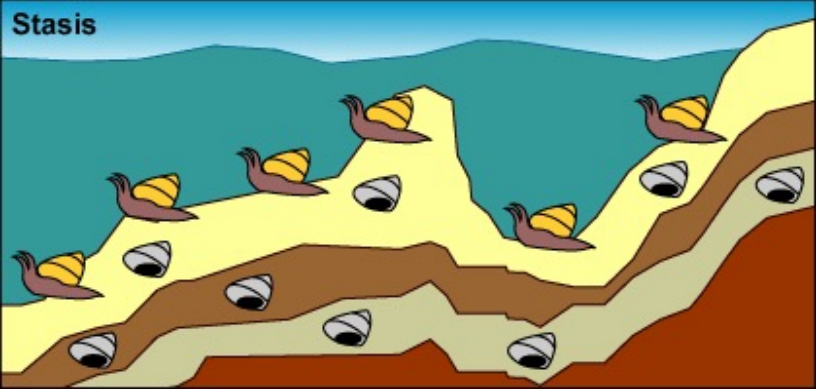


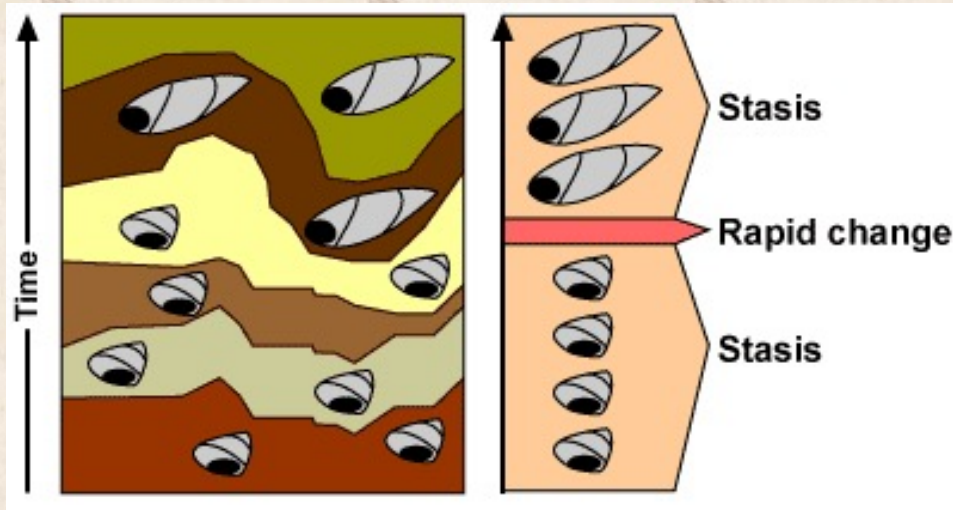
Σύμφωνα με το πρότυπο της εστιγμένης ισορροπίας οι ταχείες αλλαγές συμβαίνουν όταν οι περιβαλλοντικές συνθήκες μεταβάλλονται ραγδαία.

Αντίθετα σε σταθερές συνθήκες επικρατεί μια μακρά περίοδος γενετικής σταθερότητας που καλείται στάση.

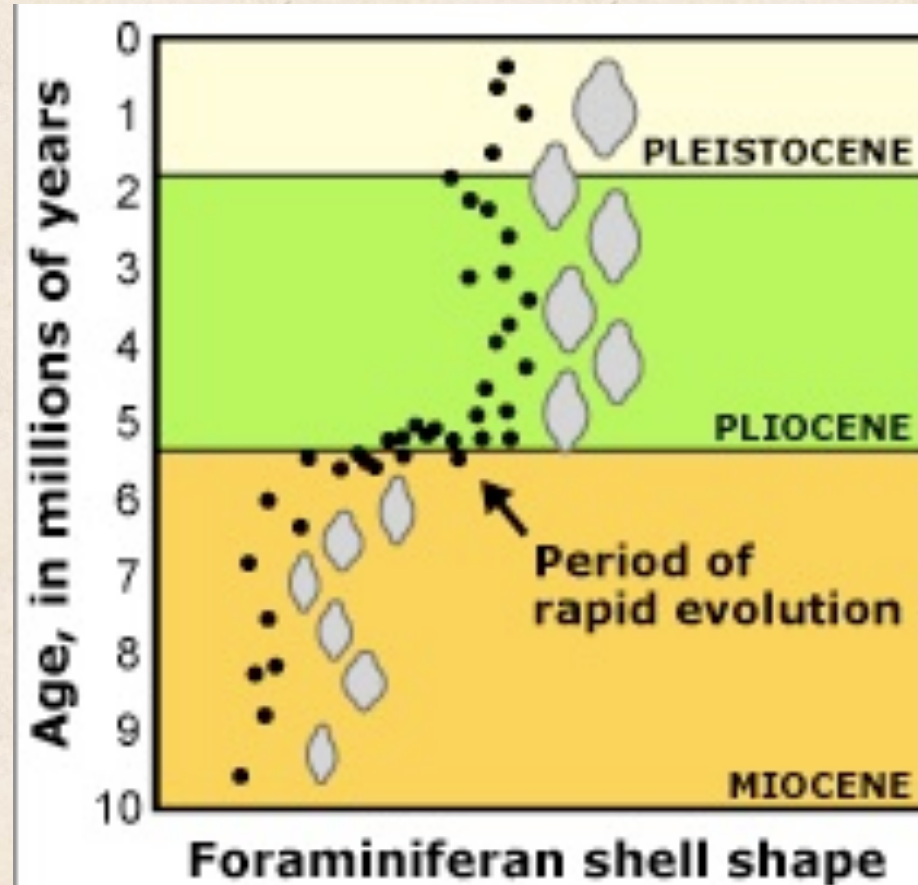


Όσο ένας πληθυσμός παραμένει μικρός και οι συχνότητες αλληλομόρφων μεταβάλλονται, οι νέες μορφές δεν προλαβαίνουν να αφήσουν το απολιθωματικό τους αποτύπωμα (αιτιολόγηση της στάσης)

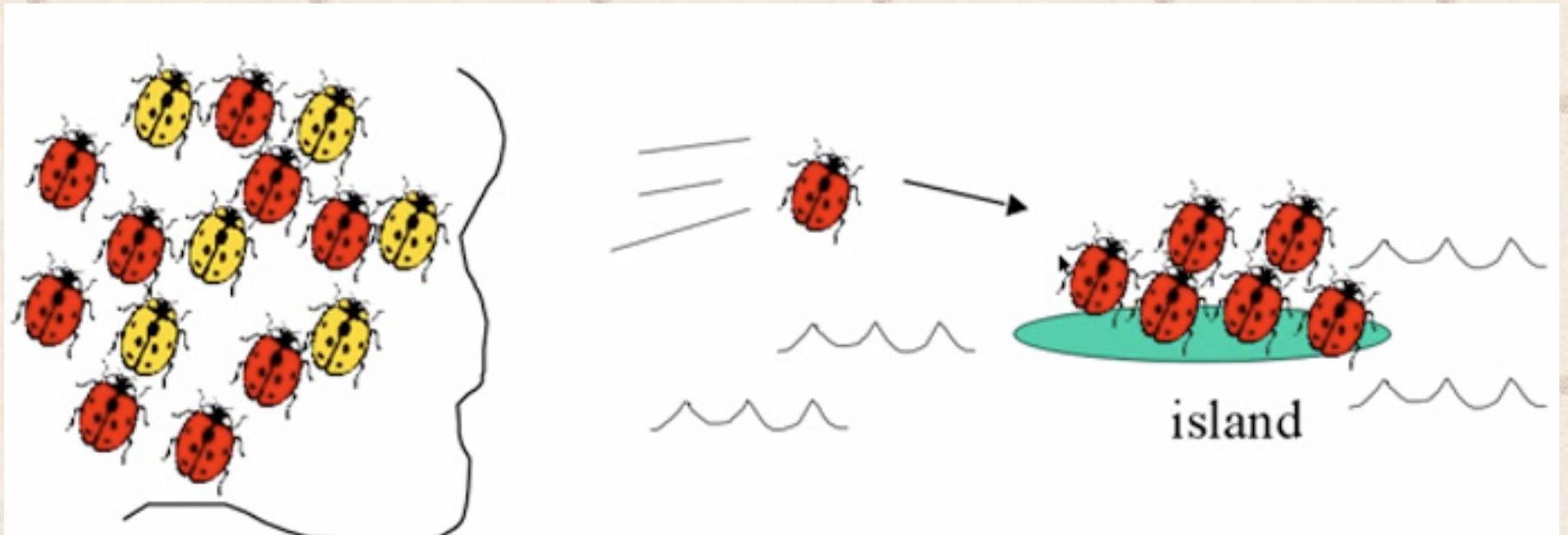




Τελικά στο αρχείο απολιθωμάτων θα αποτυπωθούν οι μορφές που, για κάποιο ικανό διάστημα, επικράτησαν.



- Το μέγεθος του πληθυσμού που θα απομονωθεί είναι σημαντικό καθώς σε μικρούς πληθυσμούς διαπιστώνονται σημαντικές διαφορές στη συχνότητα των αλληλομόρφων από γενιά σε γενιά (γενετική παρέκλιση).
- Έτσι ο μικρός απομονωμένος πληθυσμός διαφοροποιείται από τον αρχικό (με σώρευση μεταλλάξεων) και τελικά εξελίσσεται σε νέο είδος (αρχή του ιδρυτή).



Η νεότερη διατύπωση της εστιγμένης ισορροπίας

- Τα φαινόμενα γενετικής παρέκλισης δεν μπορούν να δικαιολογήσουν μεγάλης έκτασης ειδογενετικά γεγονότα.
- Οι Eldrege και Gould επαναδιατύπωσαν τη θεωρία τους (1993) βασιζόμενοι όμως πλέον στην πρόταση του Futuyma (1989).
- Κατά τη στιγμή της ειδογένεσης οι οργανισμοί κληρονομούν την μέχρι τότε υπάρχουσα γενετική πληροφορία. Μέσα σε κάθε είδος οι διασταυρώσεις οδηγούν στην ομογενοποίηση των γενετικών χαρακτηριστικών, δηλαδή σε στάση.
- Τα άτομα του νέου είδους δεν μπορούν να διασταυρωθούν με αυτά του προγονικού, διατηρώντας έτσι την ταυτότητά τους κι αποκτώντας την ευκαιρία να αφήσουν απολιθώματα.

- Επειδή το περιβάλλον διαρκώς αλλάζει, όχι όμως γραμμικά αλλά κατά περιόδους, εμφανίζεται μια ασυνέχεια στη διαδοχή των μορφών των οργανισμών.
- Η γενετική ποικιλότητα των οργανισμών δημιουργεί ένα εύρος δυνατοτήτων προσαρμογής που επιτρέπει την απόκριση συγκεκριμένων τύπων σε διακριτές περιβαλλοντικές αλλαγές.
- Το εύρος αυτό θέτει τα όρια μέσα στα οποία μπορεί να προσαρμοστεί ένας οργανισμός και εξαρτάται από την ποιότητα και την ποσότητα των γενετικών πληροφοριών που φέρει.