

EKOLOŠKA SPECIJACIJA

KONCEPTI VRSTA:

1. **TIPOLOŠKI KONCEPT VRSTE:** morfovvrste (definirane prema formi, odnosno fenotipu), i taksonomske vrste (definiraju ih taksonomi na osnovu različitih kriterija).
2. **BIOLOŠKI KONCEPT VRSTE**
Ernst Mayr definirao je vrste kao:
"vrste su grupe populacija koje se međusobno razmnožavaju, a reproduktivno su izolirane od drugih populacija"
3. **EVOLUCIJSKI KONCEPT VRSTE**— evolucijska linija organizama koji održavaju svoj identitet u odnosu na druge linije i imaju svoju evolucijsku putanju, inkorporira fenomen vremena (*single lineage of organisms which maintain identity from other such lineages and has its own evolutionary tendencies*)
4. **EKOLOŠKI KONCEPT VRSTE-** organizmi koji okupiraju određenu adaptivnu zonu (inkorporira ekološke niše)
5. **FILOGENETSKI KONCEPT VRTE** organizmi nastali od istog pretka, te ih odlikuju jedinstvena evoluirana svojstva

Biološki koncept vrste:

1. Teško se primjenjuje na fosile i paleontološke podatke
2. Vrsta egzistira u vremenu i prostoru, no ovaj koncept nema vremensku komponentu
3. Nije primjenjiv na aseksualne organizme



- Bdelioidni kolnjaci nisu se spolno razmnožavali više od 80 milijuna godina!- svaka jedinka je reproduktivno izolirana
- Procjenjuje se da je oko 2000 vrsta aseksualno

"vrste su grupe populacija koje se međusobno razmnožavaju, a reproduktivno su izolirane od drugih populacija"

MEHANIZMI REPRODUKTIVNE IZOLACIJE

I) PRIJE OPLODNJE - PREZIGOTNI

1. **Ponašanje** koje sprječava udvaranje ili kopulaciju (kopulatorno ponašanje)
2. **Ekološke prepreke** koje su izravna posljedica adaptacije
 - prostorna ili vremenska izolacija (npr. fenološki različito vrijeme razmnožavanja, različiti oprašivači, oprašivanje drugim dijelovima tijela)
3. **Mehaničke prepreke** – inkompatibilnost genitalija
4. **Gametska izolacija**



Spolni
aparat
paukova –
ključ brava

11



5



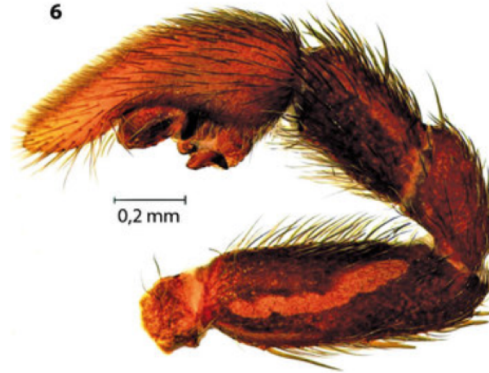
12



13



6



7



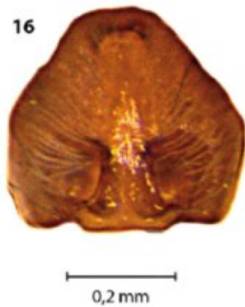
14



15



16



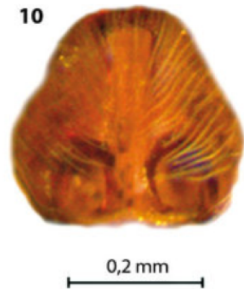
8



9



10



MEHANIZMI REPRODUKTIVNE IZOLACIJE

II) POSLIJE OPLODNJE - POSTZIGOTNI

1. **Ekološka nedostupnost**- hibridi ne mogu naći odgovarajuću ekološku nišu
2. **Intrinzični postzigotni**- invijabilnost ili sterilitet hibrida (ili ponašanjem ne mogu privući partnera)



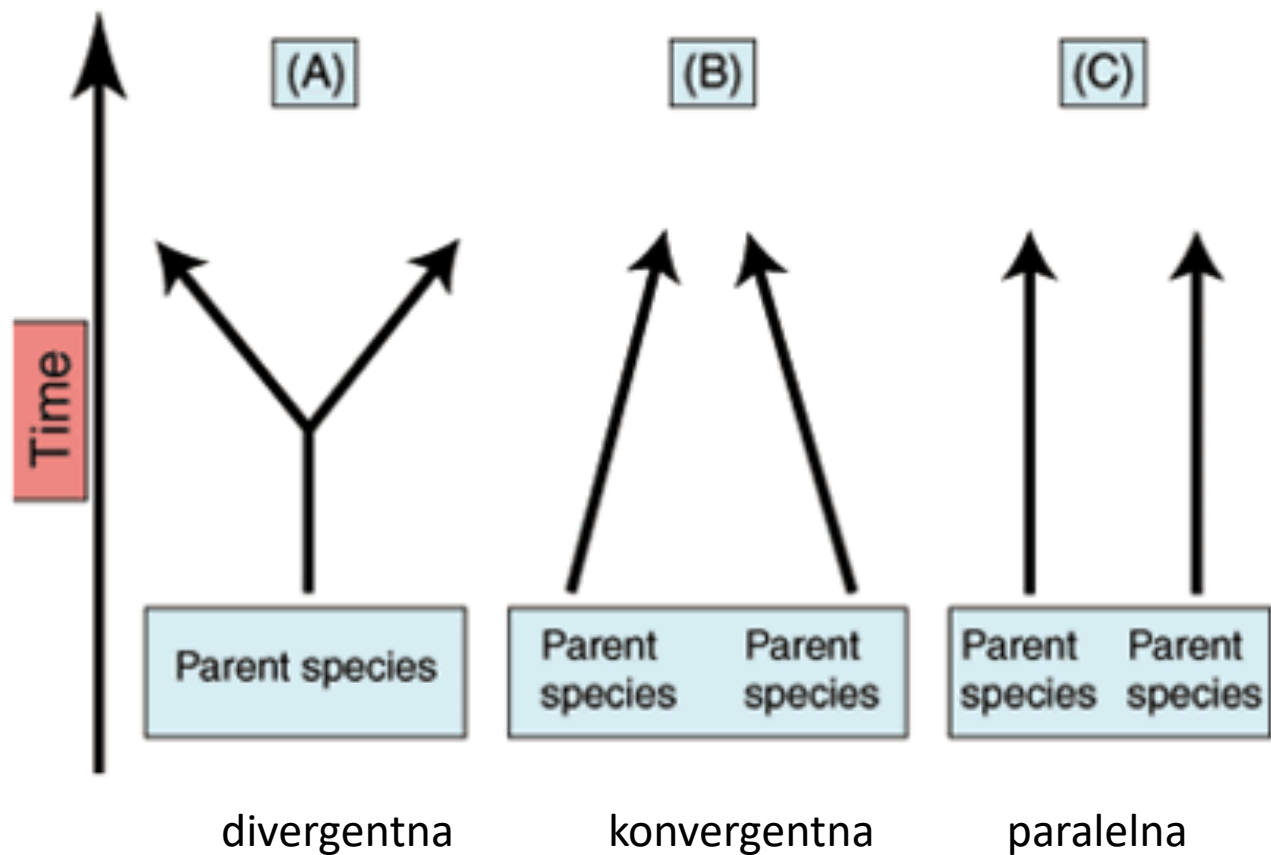
KONVERGENTNA I DIVERGENTNA EVOLUCIJA

Konvergentna evolucija

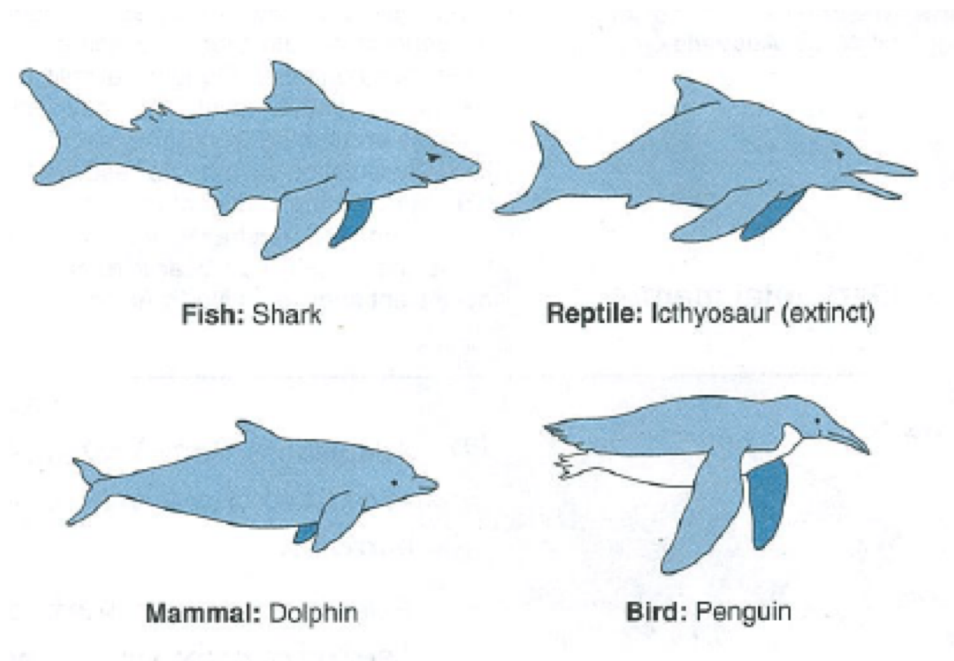
Paralelna evolucija

Divergentna evolucija

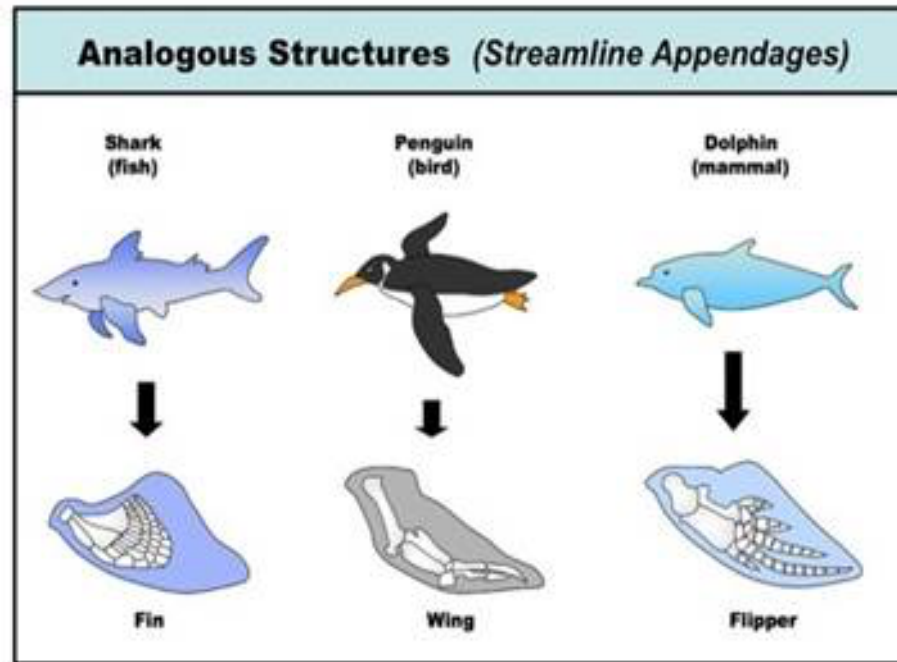
- definiraju se po sličnosti u funkciji i ancestralnom stanju



Konvergentna evolucija je ancestralno neovisna s pojačanom sličnošću u funkciji – sličnost u fokalnom svojstvu je veće kod potomaka nego kod predaka

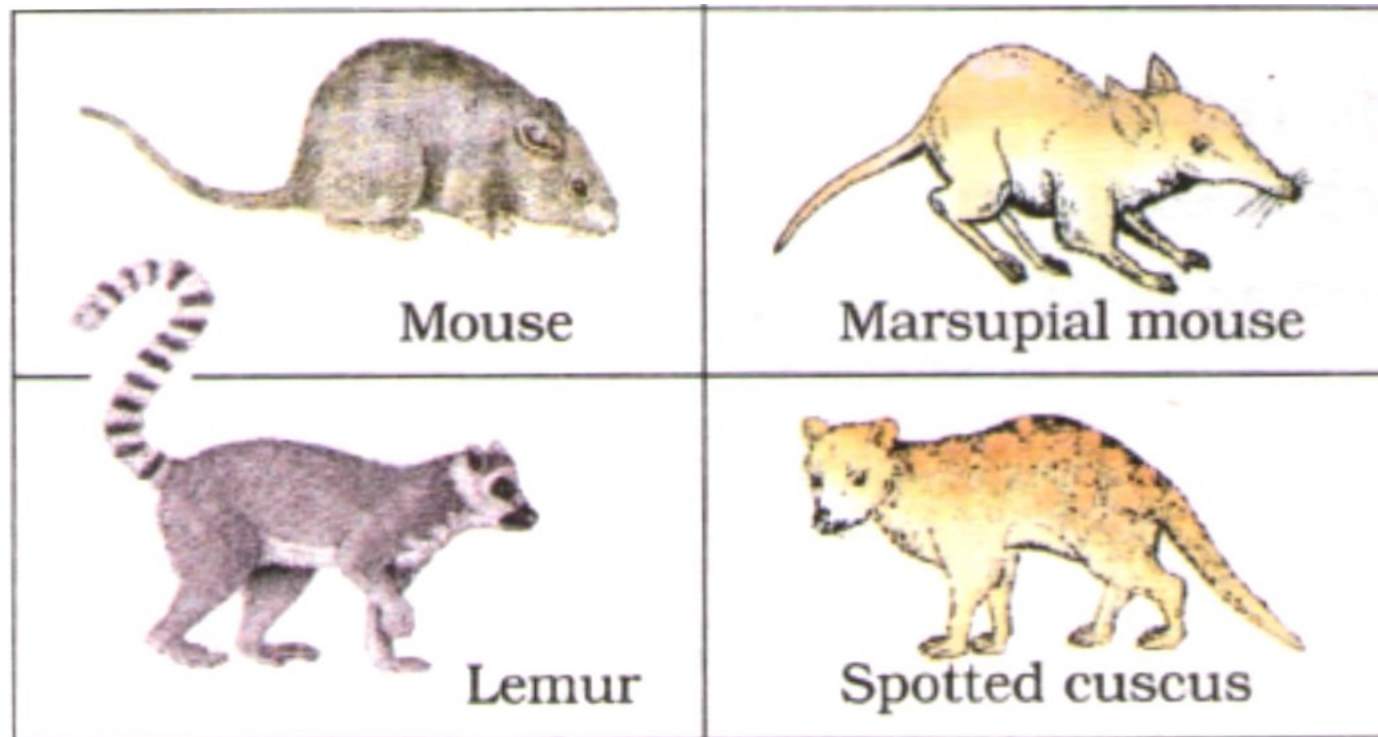


- U konvergentnoj evoluciji često nalazimo **analogne organe**- slični po funkciji ali nisu bili prisutni u zadnjem poznatom pretku

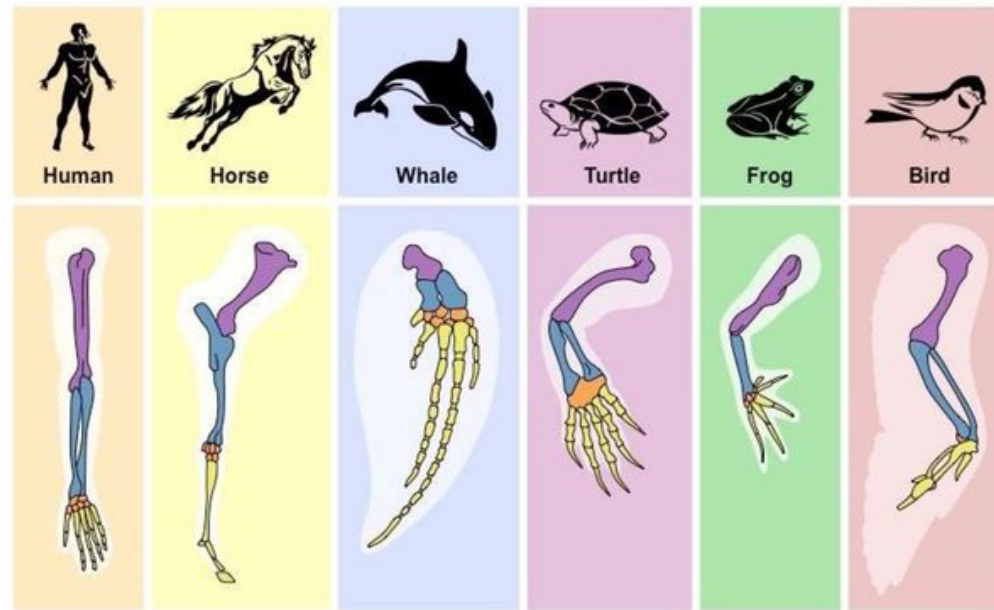


- daljni primjer- krila ptica, kukaca i šišmiša

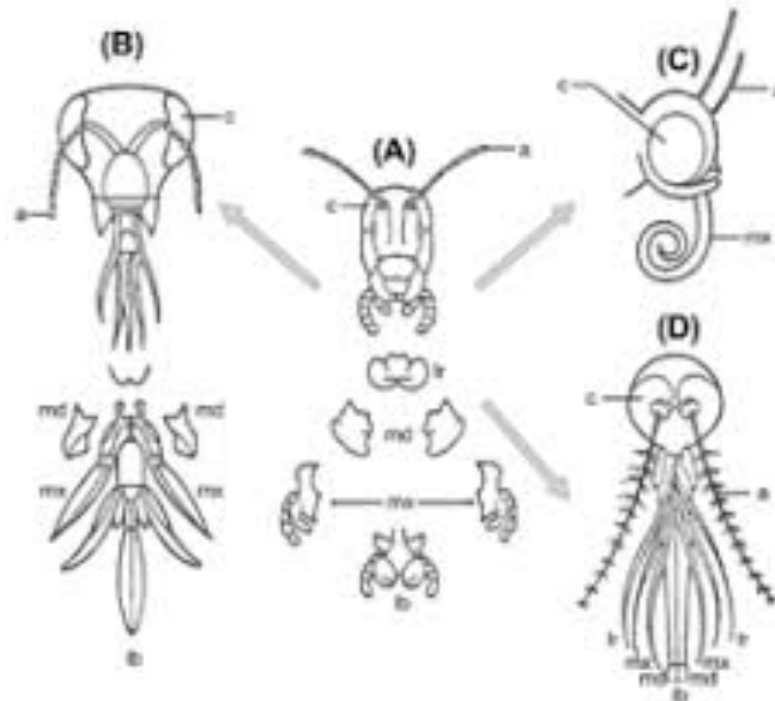
- **Paralelna evolucija** – slična konvergentnoj, no potomci ne sliče međusobno više nego su sličili preci
- paralelna evolucija marsupijala i placentaša



- Divergentna evolucija – isti predak, gubi se sličnost u funkciji, evolucijski se akumuliraju fenotipske razlike
- na duže vrijeme može dovesti do stvaranja **HOMOLOGNIH ORGANA**-različiti u funkciji, zajednički predak



- Divergentna evolucija – isti predak, gubi se sličnost u funkciji, evolucijski se akumuliraju fenotipske razlike
- na duže vrijeme može dovesti do stvaranja **HOMOLOGNIH ORGANA**-različiti u funkciji, zajednički predak



organi za hranjenje kod kukaca

Ekološka specijacija je definirana kao **ojačanje reproduktivne izolacije koja je izravna posljedica divergentne prirodne selekcije pod utjecajem okoliša**

Adaptivna radijacija se odvija kada jedna ili manja grupa ancestralnih vrsta brzo diverzificira u veliki broj novih vrsta

Adaptivne radijacije su uglavnom karakteristične po:

Ekološka mogućnost (*opportunity*) – nova ekološka niša/prostor

Kompeticijske interakcije među srodnim taksonima

Pojavljivanje **novih adaptivnih svojstava** (fenotipskih)

Brza fenotipska diverzifikacija

Konvergentna ili paralelna evolucija

Adaptivna radijacija Darwinovih zebica roda *Geospiza*

Morfološka i ekološka diverzifikacija
potomaka istog pretka od prije 3 milijuna
godina

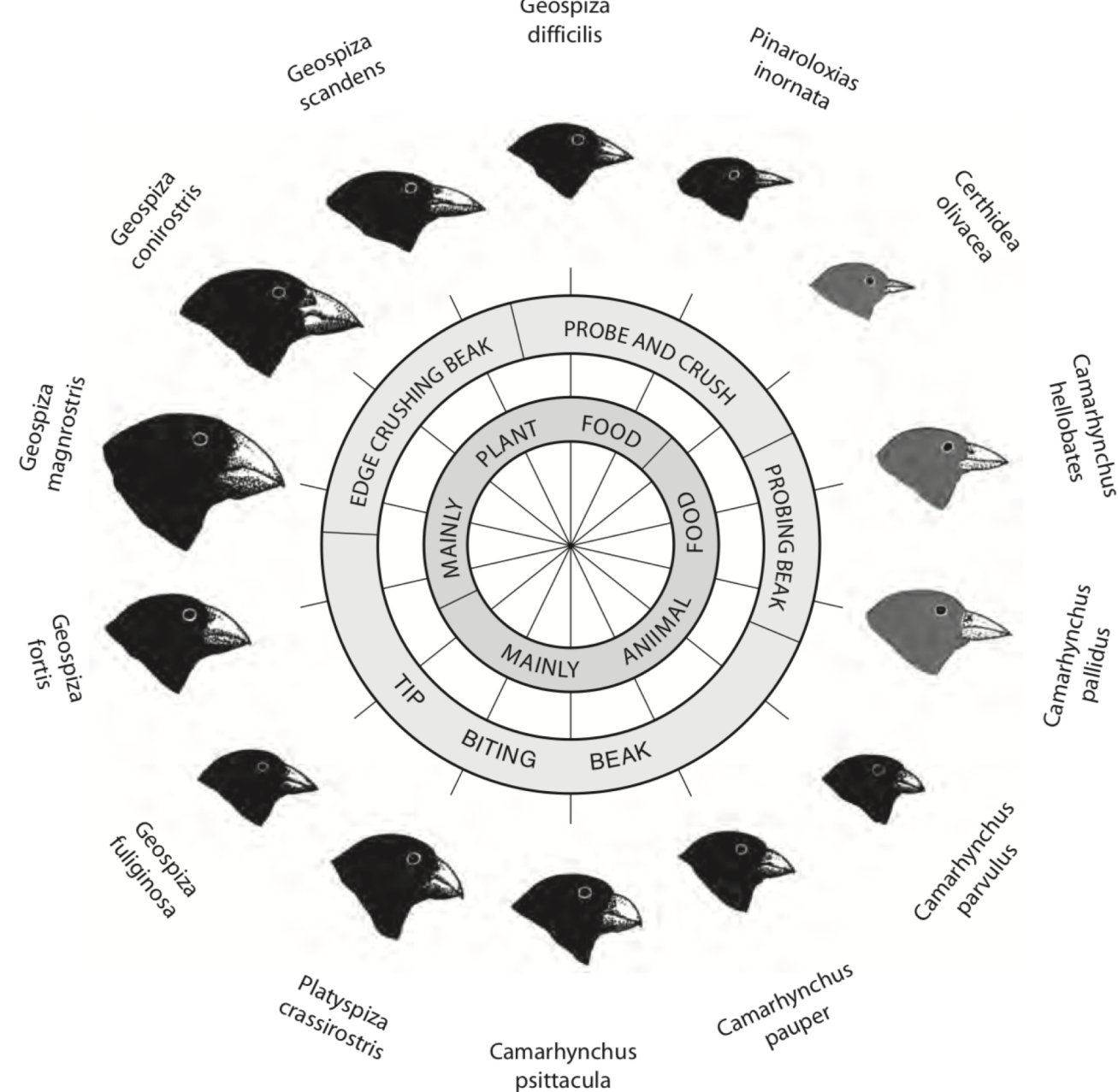
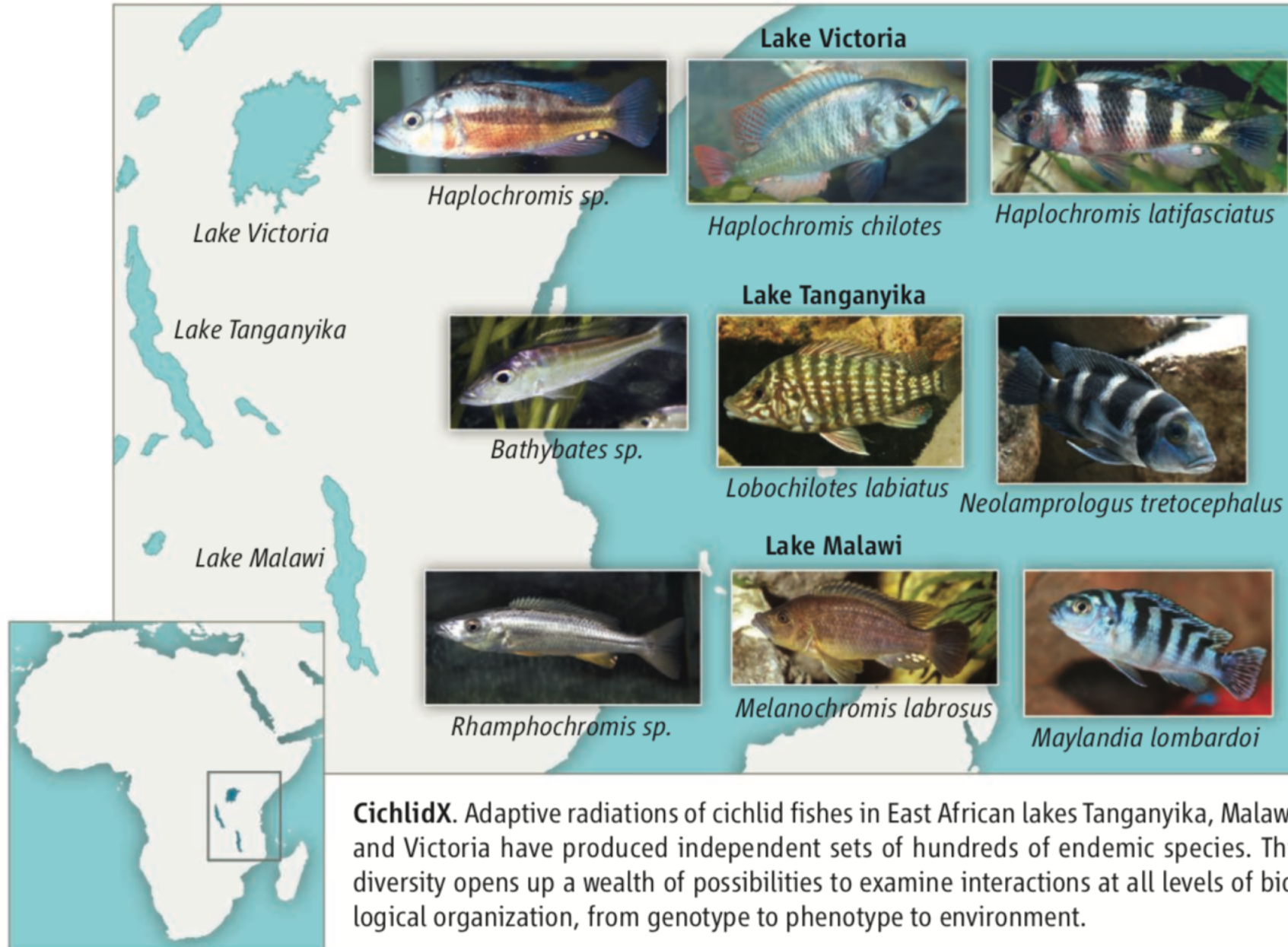


Figure 3. Adaptive radiation in Darwin's finches. Diagram illustrating the morphological and associated ecological diversity among the radiation of Darwin's finches in the genus *Geospiza* (Emberizidae). The 14 species evolved from a common ancestor

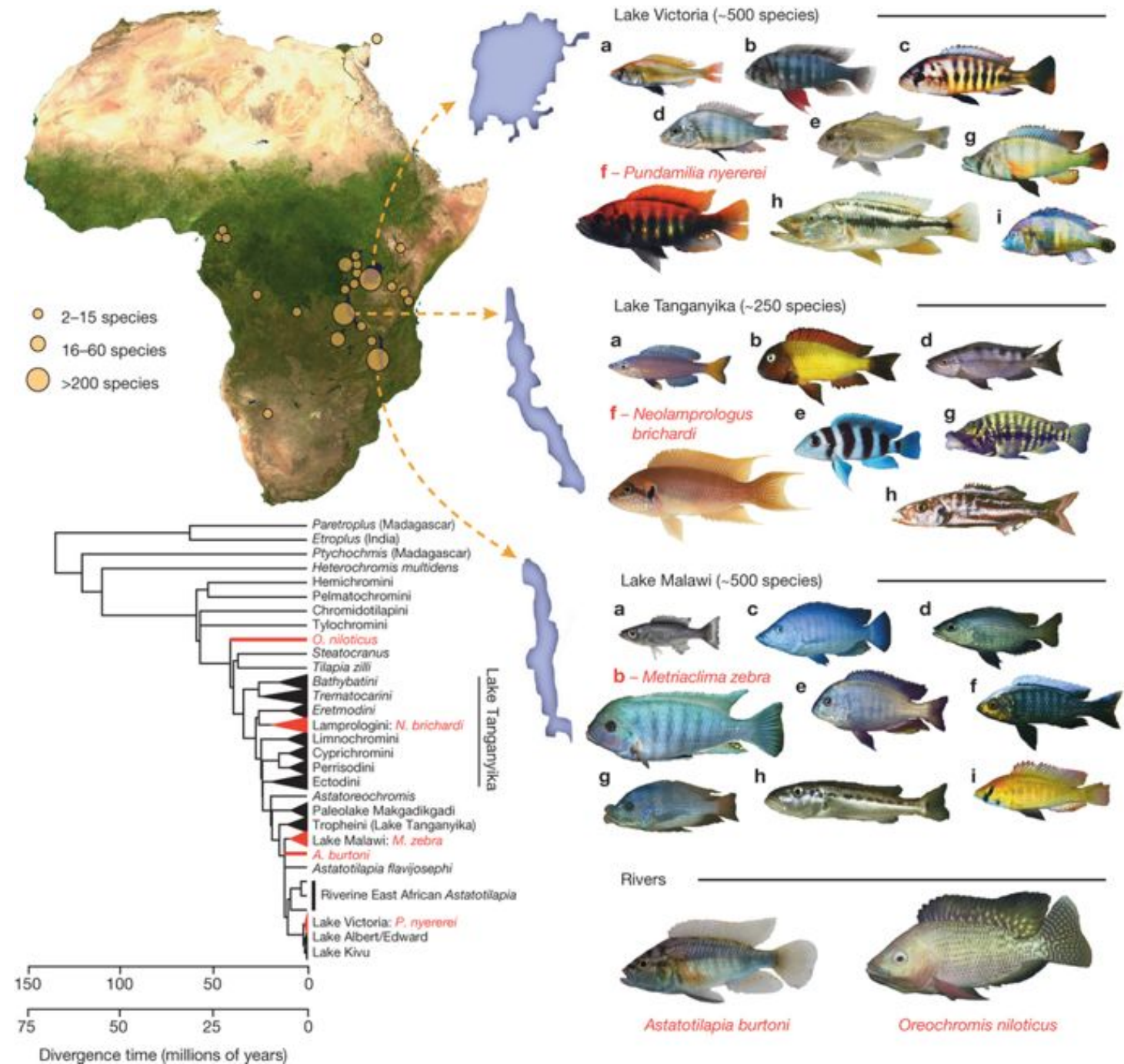
about 3 million years ago. (From Grant, P. R., and B. R. Grant. 2008. How and Why Species Multiply: The Radiation of Darwin's Finches. Princeton, NJ: Princeton University Press)

Adaptivna radijacija riba porodice Cichlidae u istočnim Afričkim jezerima



Kod Afričkih ciklida hibridizacija je bila izvor novih svojstava

U jezeru Victoria više
stotina endemskih vrsta
nastalo je tijekom
zadnjih 15,000–
100,000 godina



Frekvencija starosti adaptivnih radijacija ciklidnih vrsta u odnosu na adaptivne radijacija drugih kralješnjaka

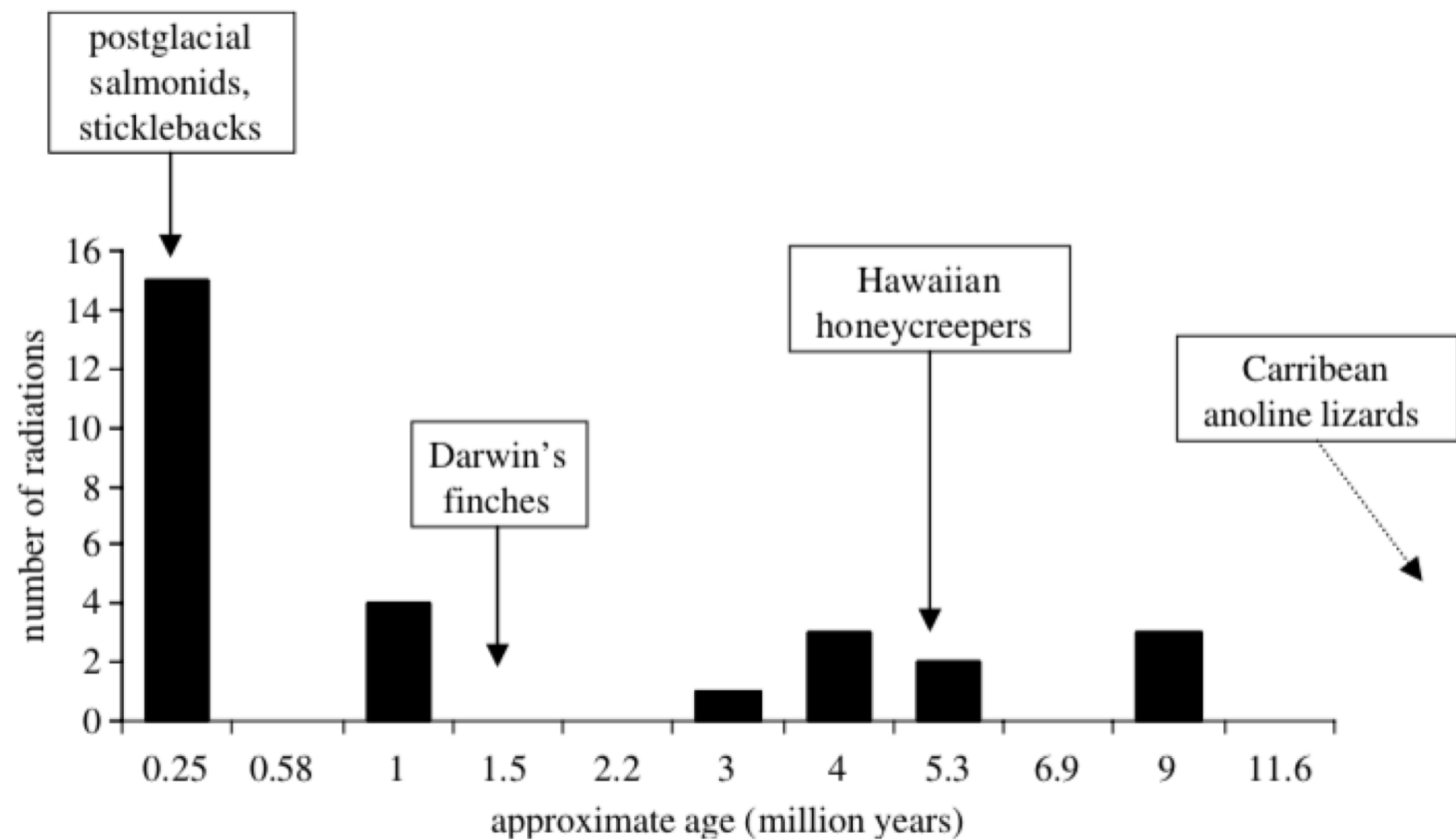
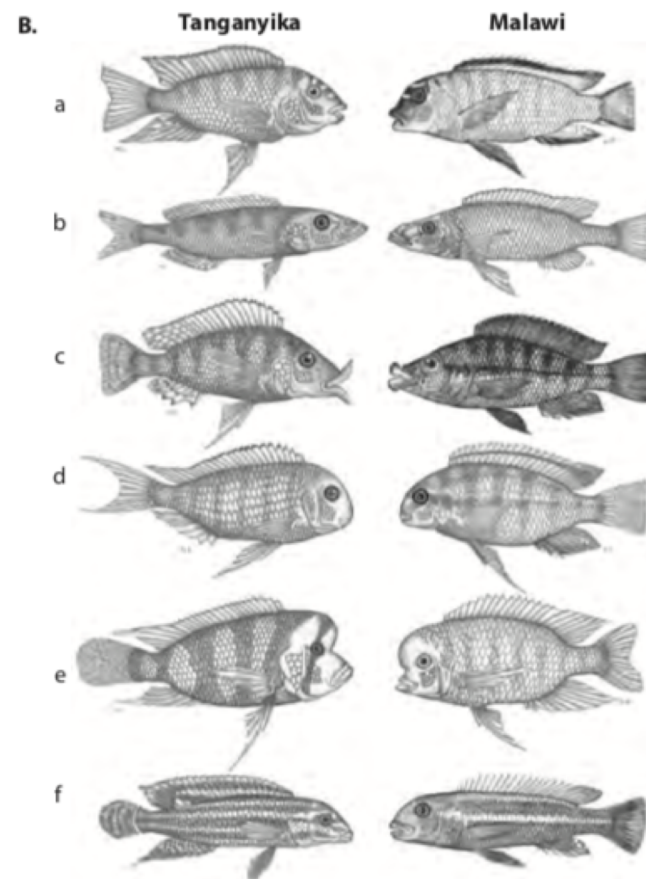
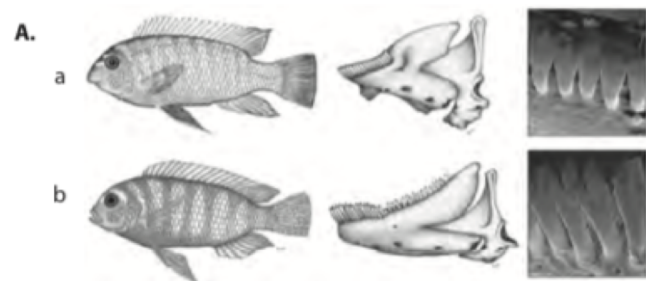


Figure 1. Frequency distribution of the age of African lacustrine cichlid fish radiations contrasted with approximate ages of other well-studied vertebrate adaptive radiations.

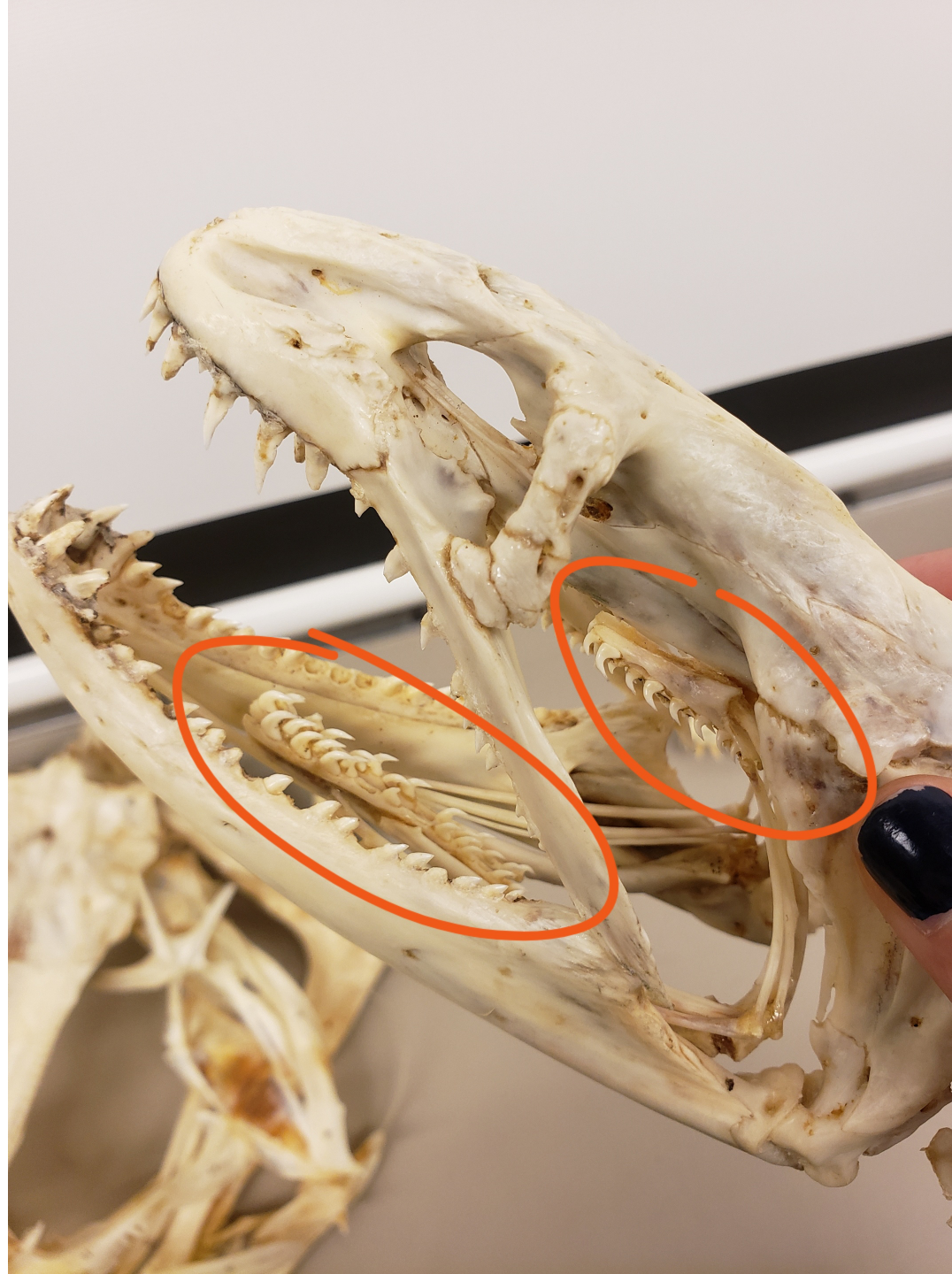


Morfologija ždrijelne čeljusti omogućila je hranidbenu specijaliziranost-

- ključno inovativno svojstvo u konvergentnog evoluciji

A) Biting and sucking species exhibit distinct morphologies. *Labeotropheus fuelleborni* (top) is a specialized biting species characterized by a short, robust lower jaw and an outer row of closely spaced tricuspid teeth. *Metriaclima zebra* (bottom) forages with a sucking mode of feeding and has a more elongate jaw and an outer series of larger bicuspid teeth. (B) Cichlids exhibit remarkable evolutionary convergence. Similar ecomorphs have evolved repeatedly within different cichlid assemblages. All of the cichlids in the left-hand column are from Lake Tanganyika. All of the cichlids in the right-hand column are from Lake Malawi and are more closely related to one another than to any species within Lake Tanganyika. Note the similarities among color patterns and trophic morphologies. (From Albertson, R. C., and T. D. Kocher. 2006. Genetic and developmental basis of cichlid trophic diversity. *Heredity* 97: 211-221, <http://www.nature.com/hdy/journal/v97/n3/full/6800864a.html>)

Ždrijelne čeljusti jegulje



Lake Tanganyika species	Lake Malawi species
 <i>Julidochromis ornatus</i>	 <i>Melanochromis auratus</i>
 <i>Tropheus brichardi</i>	 <i>Pseudotropheus microstoma</i>
 <i>Bathybates ferox</i>	 <i>Ramphochromis longiceps</i>
 <i>Cyphotilapia frontosa</i>	 <i>Cyrtocara moorei</i>
 <i>Loboichilotes labiatus</i>	 <i>Placidochromis milomo</i>

Konvergentna evolucija – slični fenotipovi u odvojenim ekosustavima

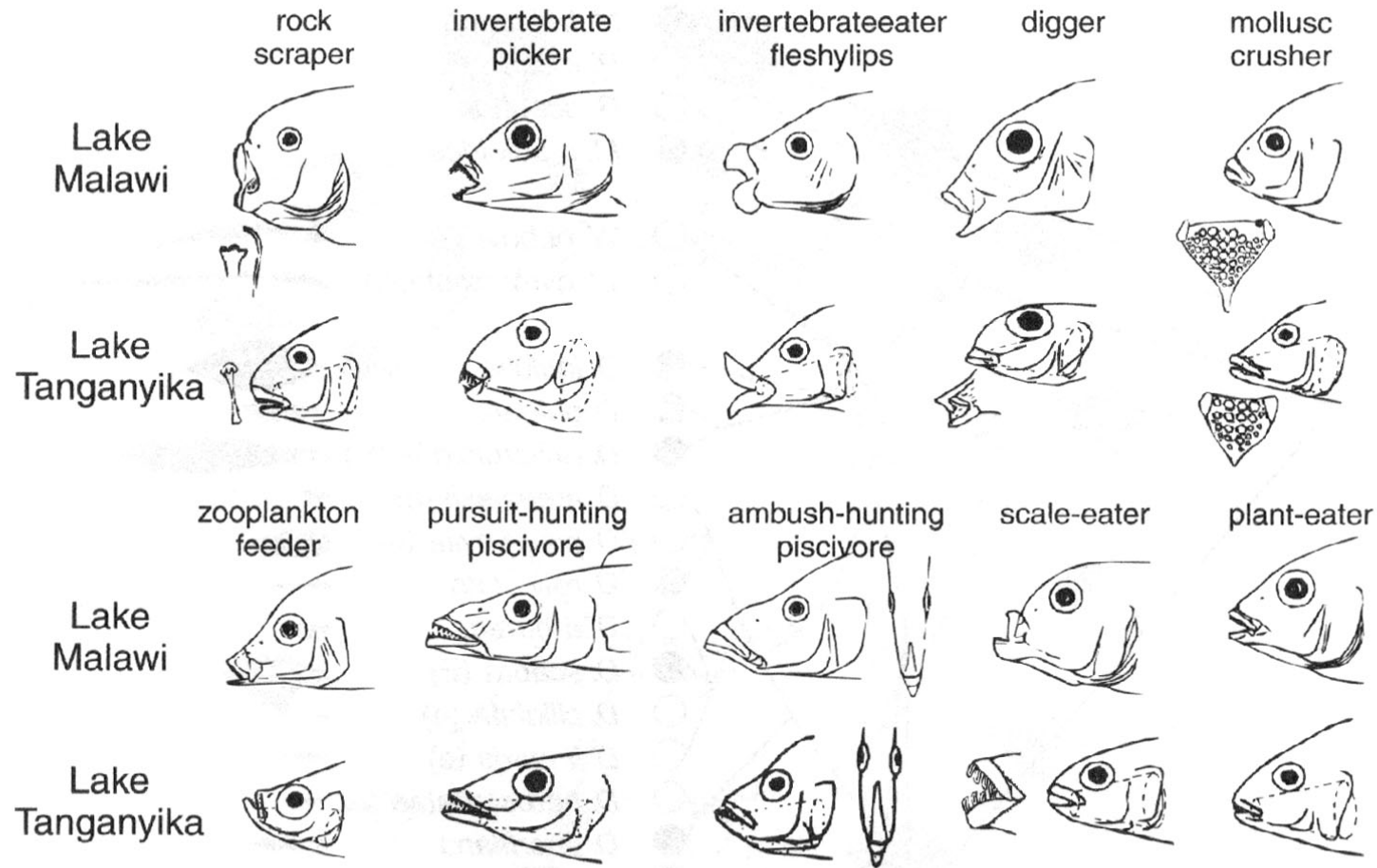


Fig. 1.3 Similar phenotypes in the cichlid fish radiations of Lake Malawi and Lake Tanganyika in East Africa. Images are from Fryer and Iles (1972; Malawi) and Liem (1991; Tanganyika) and are reprinted with kind permission of G. Fryer and Kluwer Academic Publishers, respectively.

Speciation in rapidly diverging systems: lessons from Lake Malawi

Tri kladogenetska događaja, u svakom su dominirali različiti selektivni pritisci

PATRICK D. DANLEY and THOMAS D. KOCHER

Department of Zoology, University of New Hampshire, Durham, New Hampshire 03824, USA

- 1) odvajanje u dvije skupine koje se hrane na stijenama ili pijesku
- 2) Kompeticija za hranidbene resurse u grupi koja se hrani na stijenama – diferencijacija u morfologiji
- 3) Diferencijacija u obojenosti mužjaka kao dogovor na seksualnu selekciju

Abstract

Rapid evolutionary radiations provide insight into the fundamental processes involved in species formation. Here we examine the diversification of one such group, the cichlid fishes of Lake Malawi, which have radiated from a single ancestor into more than 400 species over the past 700 000 years. The phylogenetic history of this group suggests: (i) that their divergence has proceeded in three major bursts of cladogenesis; and (ii) that different selective forces have dominated each cladogenic event. The first episode resulted in the divergence of two major lineages, the sand- and rock-dwellers, each adapted to a major benthic macrohabitat. Among the rock-dwellers, competition for trophic resources then drove a second burst of cladogenesis, which resulted in the differentiation of trophic morphology. The third episode of cladogenesis is associated with differentiation of male nuptial colouration, most likely in response to divergent sexual selection. We discuss models of speciation in relation to this observed pattern. We advocate a model, divergence with gene flow, which reconciles the disparate selective forces responsible for the diversification of this group and suggest that the nonadaptive nature of the tertiary episode has significantly contributed to the extraordinary species richness of this group.

Sexual Selection

Tri kladogenetska evolucijska razdvajanja u jezeru Malawi

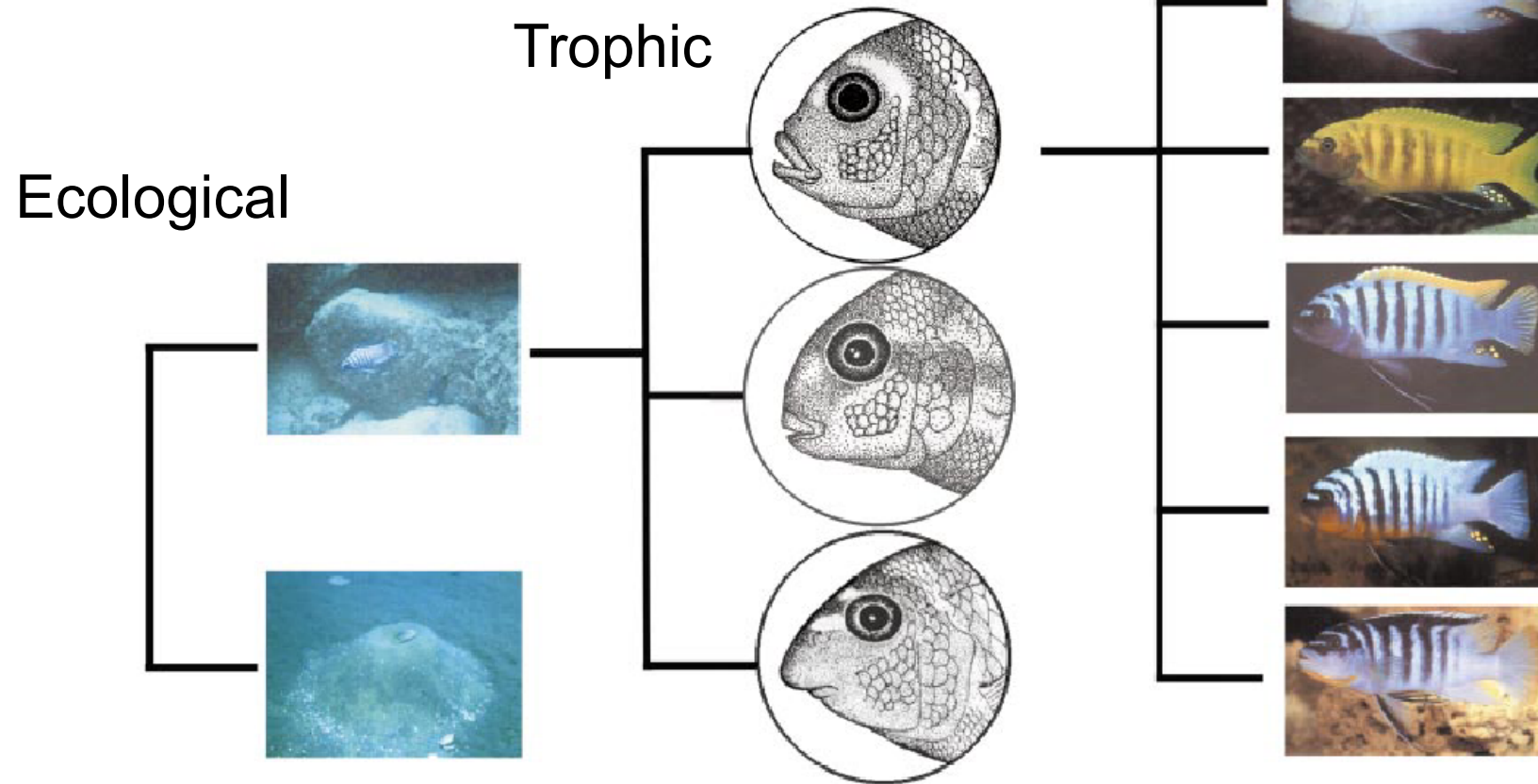


Fig. 1 A proposed phylogenetic history of Lake Malawi's rock-dwelling cichlids based on several molecular phylogenies of Lake Malawi cichlids (Meyer *et al.* 1990; Kocher *et al.* 1993; Meyer 1993; Moran *et al.* 1994; Moran & Kornfield 1995; Albertson *et al.* 1999). Lake Malawi is presumed to have been invaded by a riverine generalist closely allied with Lake Tanganyika's haplochromine tribe approximately 700 000 years ago. This common ancestor subsequently diverged during the primary radiation into the sand-dwelling and rock-dwelling lineages. The rock-dwelling lineage diverged during the secondary radiation into the 10–12 currently recognized mbuna genera. These genera are distinguished primarily on the basis of trophic morphology suggesting the importance of trophic competition during this period of the radiation. The spectacular species richness of the mbuna principally arose during the tertiary radiation. During this period, as many as 25 species per genus diverged presumably in response to sexual selection via female choice for male secondary sexual characteristics such as colour pattern. Line drawings courtesy of R. C. Albertson, colour images courtesy of Konings (1990).

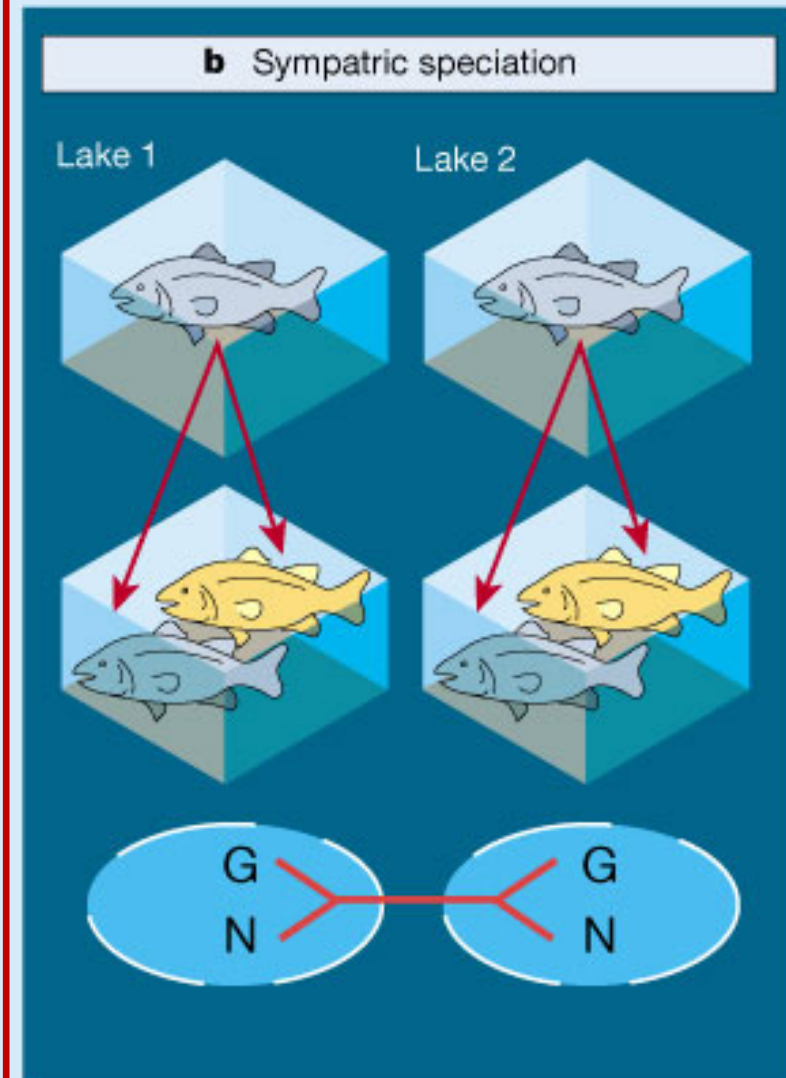
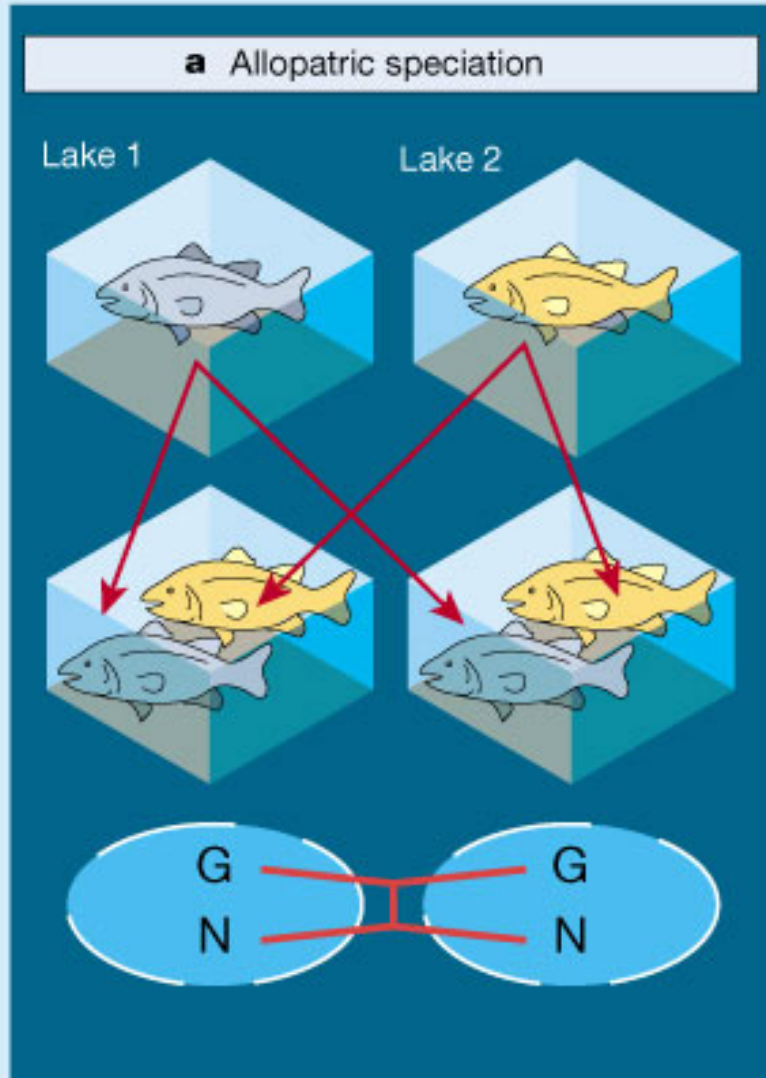
Alopatrijska i simpatrijska specijacija

Speciation

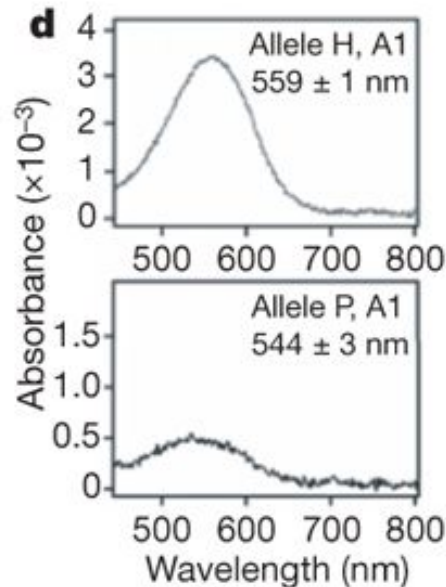
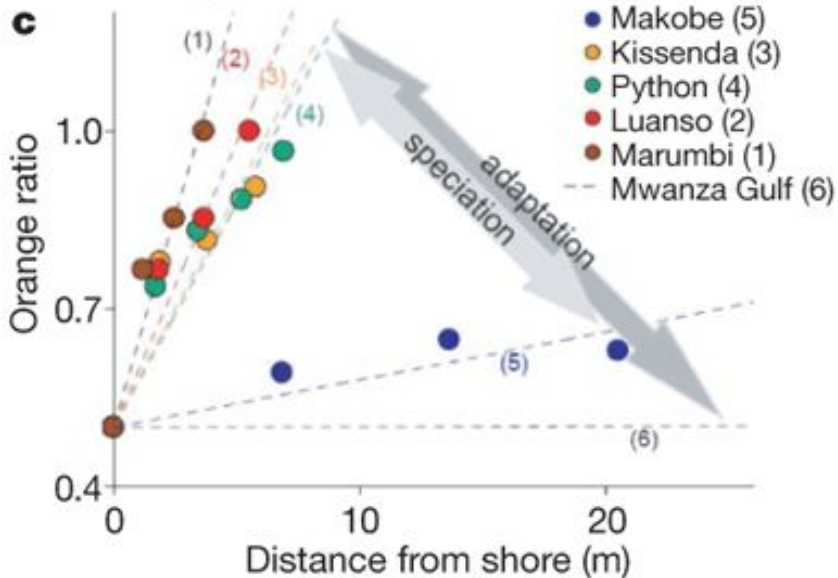
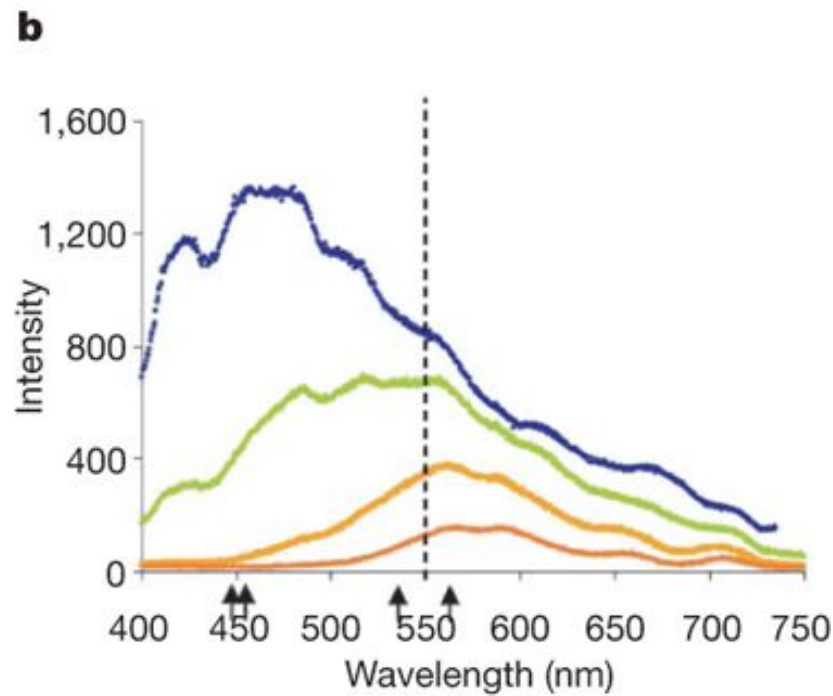
Fish found in *flagrante delicto*

Mark Kirkpatrick

Nature 408, 298–299(2000) | [Cite this article](#)



G i N su geni za zlatnu i bijelu boju, istraživanje je pokazalo da su sličniji **unutar nego između** jezera, potvrđujući simpatričnu specijaciju



Heterogeno osvjetljenje u jezeru Victoria dovelo je do diverzifikacijske selekcije na gen *opsin*, povezano s dubinom na kojoj žive ribe.

Divergencija u genu za opsin (vidni pigment) potaknula je seksualnu selekciju jer percepcija boja utječe na preferenciju ženki za obojenost mužjaka.

Interakcija prirodne i spolne selekcije na senzorni sustav dovela je do ekološke simpatrične specijacije

<https://youtu.be/Kh5Clc2Sr9w>

Mutne jezerske vode uzrokuju da se dvije vrste, jedna uglavnom crvena, druga uglavnom plava, razmnožavaju međusobno jer ne mogu prepoznati odgovarajućeg partnera. Nastaje nova hibridna vrsta obojena crveno-plavo.

Nova hibridna vrsta zauzima stanište obje roditeljske vrste, ali ne ispunjava ekološku ulogu ni jedne, jer je zadržala samo mali broj jedinstvenih svojstva roditeljskih vrsta. Nova vrsta je generalist u prehrani, za razliku od roditeljskih vrsta koje se hrane planktonom ili bentoskim kukcima.

.



U nekim drugim slučajevima prirodna i seksualna selekcija mogu djelovati u suprotnim smjerovima. Narančasta obojenost je učestala među ženkama cicklida u jezeru Malawi jer im omogućava **kamuflažu na stijenama**. No ista ta obojenost je **smanjenje selektivne vrijednosti za mužjake**, jer se smanjuje izrazita obojenost kojom privlače ženke. Posljedično, s obzirom da je gen odgovoran za narančastu boju povezan s genom za određivanje ženskog spola većina ženki ima narančastu boju.



Fig. 1 Representative BB (male) and OB (female) individuals of *Metriaclima zebra*.

