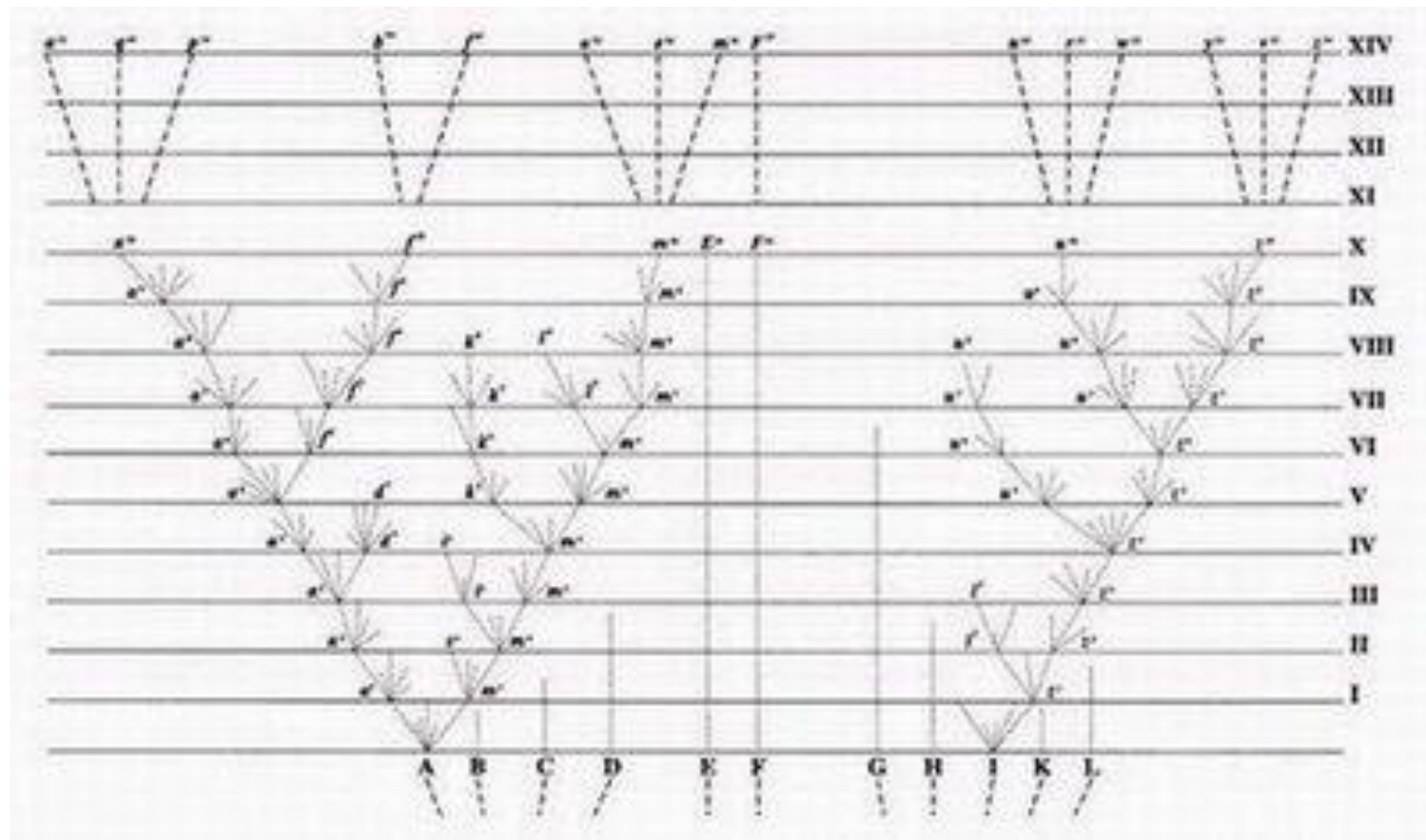
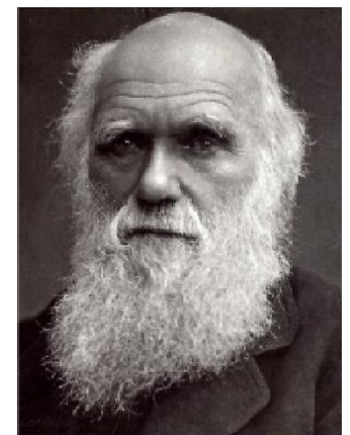


Espécies e Especiação



Única figura do livro de
Darwin (1859)



Temas principais na teoria da especiação

- O que é uma espécie?
- Como a especiação ocorre?
 - O papel do isolamento geográfico na divergência
 - Gargalos de garrafa facilitam mudanças nas frequências gênicas?
 - O papel da seleção natural na especiação
 - Isolamento reprodutivo pré- e pós-zigótico
 - Os mecanismos genéticos do isolamento reprodutivo

O que é uma espécie?!?

The mind of the species problem

Jody Hey

- Conceito Biológico de Espécie
- Conceito Morfológico de Espécie

Box 1. Species concepts^a

- Agamospecies Concept
- Biological Species Concept*
- Cladistic Species Concept
- Cohesion Species Concept*
- Composite Species Concept
- Ecological Species Concept*
- Evolutionary Significant Unit*
- Evolutionary Species Concept*
- Genealogical Concordance Concept
- Genetic Species Concept*
- Genotypic Cluster Concept
- Hennigian Species Concept*
- Internodal Species Concept
- Morphological Species Concept
- Non-dimensional Species Concept
- Phenetic Species Concept
- Phylogenetic Species Concept (Diagnosable Version)*
- Phylogenetic Species Concept (Monophyly Version)
- Phylogenetic Species Concept (Diagnosable and Monophyly Version)
- Polythetic Species Concept
- Recognition Species Concept*

- Reproductive Competition Concept*
- Successional Species Concept
- Taxonomic Species Concept

Reference

^a Mayden, R.L. (1997) A hierarchy of species concepts: the denouement in the saga of the species problem. In *Species: the Units of Biodiversity* (Claridge, M.F. *et al.*, eds), pp.381–424, Chapman & Hall

*Concepts that make reference to biological processes (e.g. reproduction and competition) that occur among organisms within species (and less so between species) and that contribute to a shared process of evolution within species.

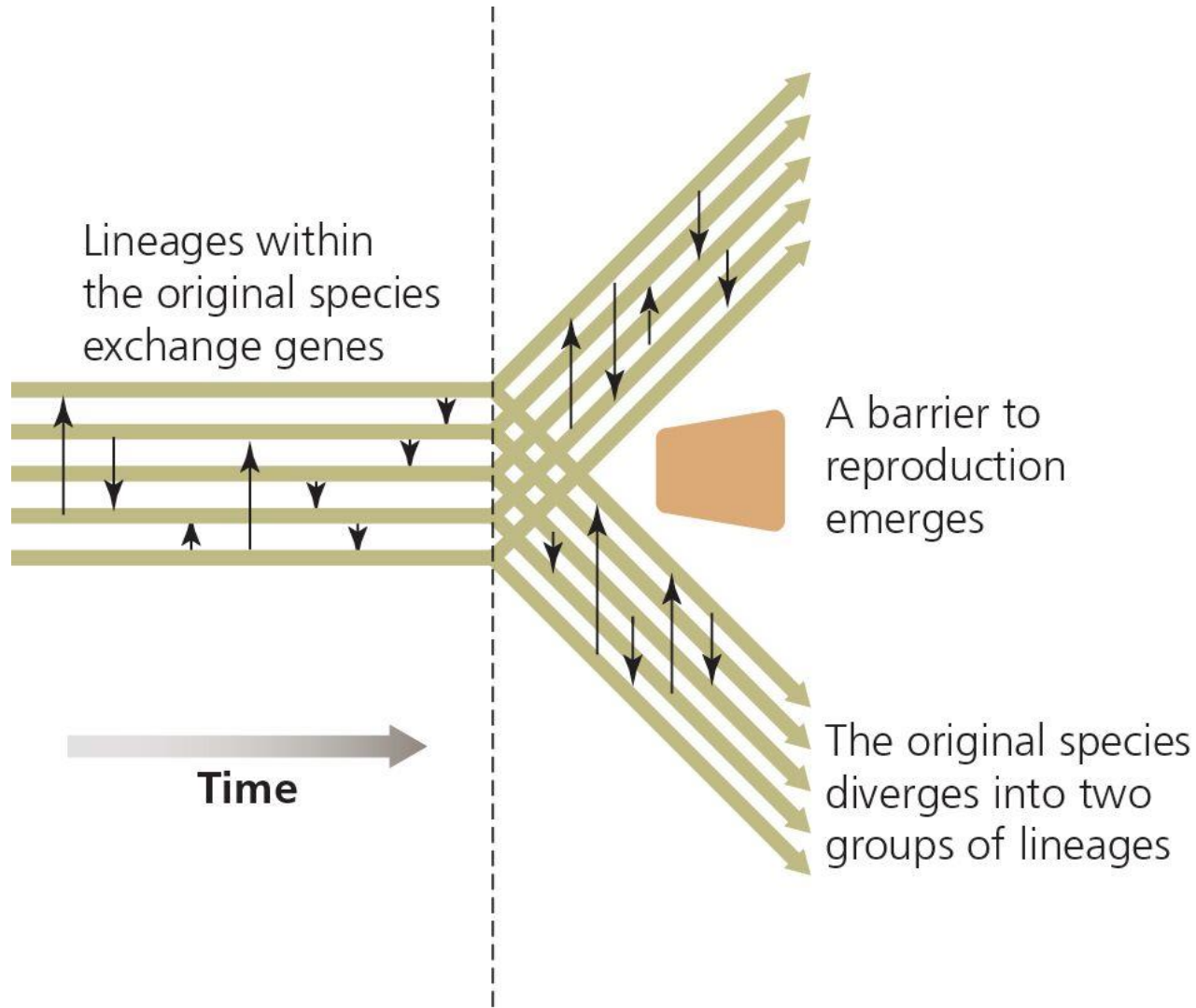
Certainly no clear line of demarcation has yet been drawn between species and sub-species – that is, the forms which...*come very near to, but do not quite arrive at, the rank of species*. ...A well-marked variety may therefore be called an *incipient species*. ...From these remarks it will be seen that I look at the term species as one arbitrarily given.

Darwin (1859)

Especiação

- O processo pelo qual uma população geneticamente coesa se separa em duas ou mais populações isoladas em termos reprodutivos
- Requer a interrupção de fluxo gênico e a evolução de mecanismos de isolamento reprodutivo

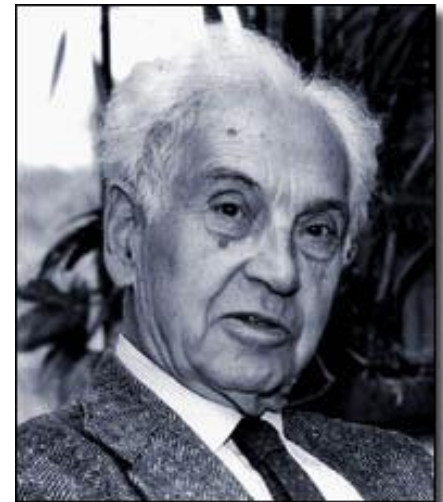
Especiação envolve barreiras reprodutivas



O conceito biológico de espécie

“Espécies são grupos de populações intercruzantes (na realidade ou em potencial) que são reprodutivamente isoladas de outros grupos.”

E. Mayr (1942)



Conceito Biológico de Espécie

- Assume
 - Características comuns
 - Compatibilidade genética
 - Cruzamento em condições naturais
 - Reprodução sexuada

Limitações do Conceito de Espécie Biológica

- Não pode ser usada em organismos exclusivamente assexuados
 - Procariontes
 - *Ameba* & alguns protistas
 - Alguns animais, plantas & fungos



Limitações: Populações isoladas

- Como testar cruzamento em condições naturais?
- Um veado da Flórida pode cruzar com um do Wisconsin?



Limitações



Limitações

- Espécies que se parecem e se comportam de forma diferente podem gerar prole viável e fértil

Exemplo: coiotes, lobos e cachorros



Red wolves in the crosshairs

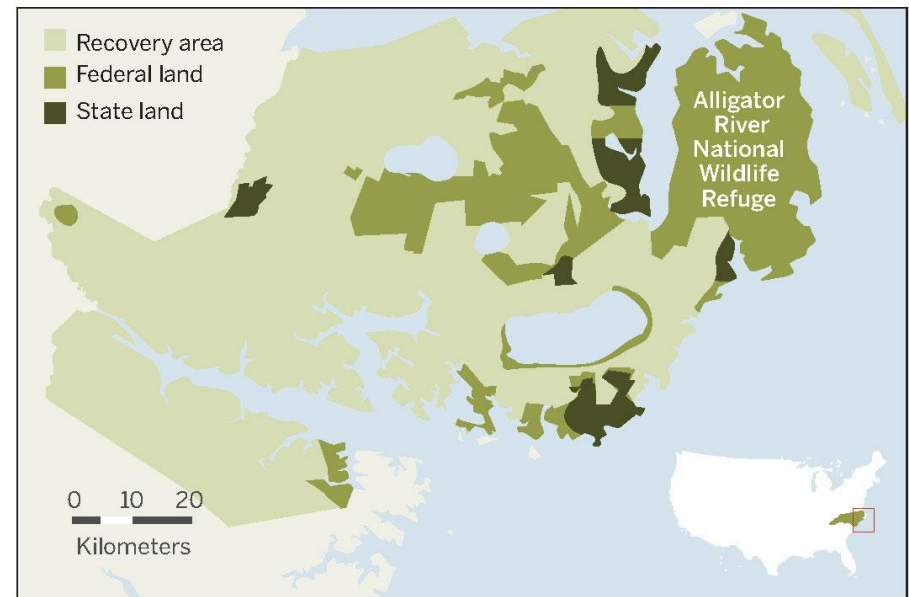
U.S. agency ponders future of innovative reintroduction as animal deaths and controversy mount



Red wolves reproduce in the wild only in North Carolina. The population is increased with pups born in captivity. A major threat to the population is hybridization with coyotes.

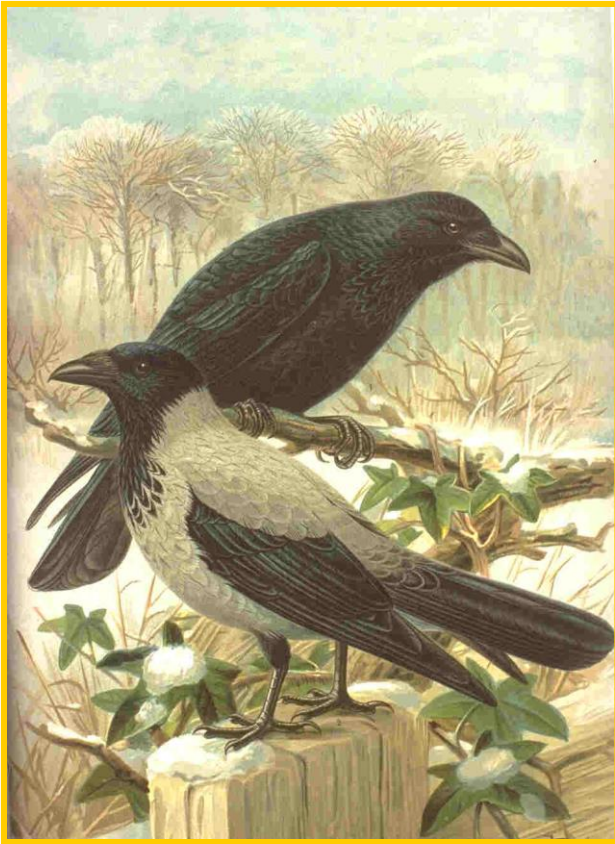
Wild predators and private property

Red wolf recovery area includes land held by owners opposed to reintroduction



Espécies próximas geralmente apresentam zonas de hibridação (quando experimentam um contato secundário)

Corvus cornix



Corvus corone

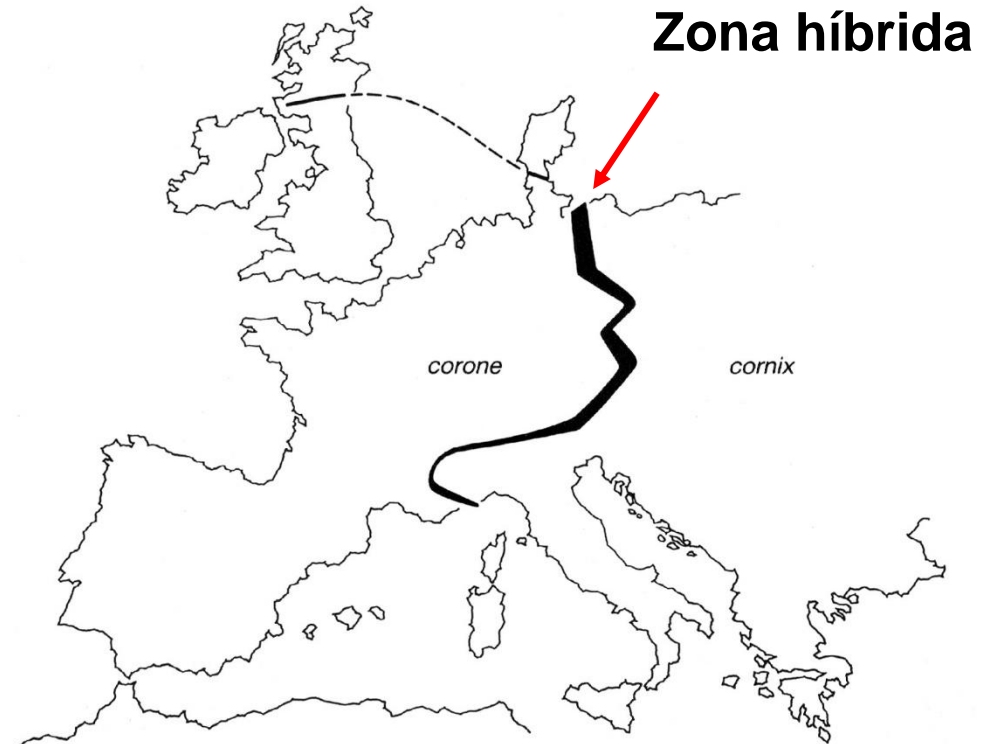


Figure 16.8 Hybrid zone between the hooded crow (*Corvus corone*) and carrion crow (*C. cornix*) in Europe. From Mayr (1963).

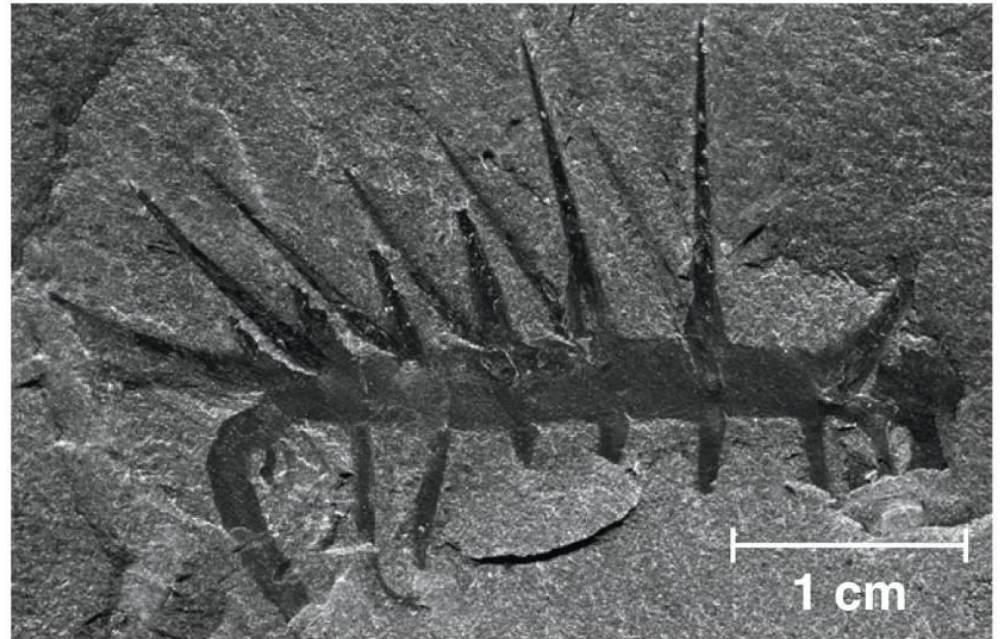
Limitações: espécies fósseis

- Cruzamento?



Fósseis

- Comparação de genomas de diferentes espécies fósseis?



Hallucigenia

Copyright © 2008 Pearson Education, Inc., publishing as Pearson Benjamin Cummings.

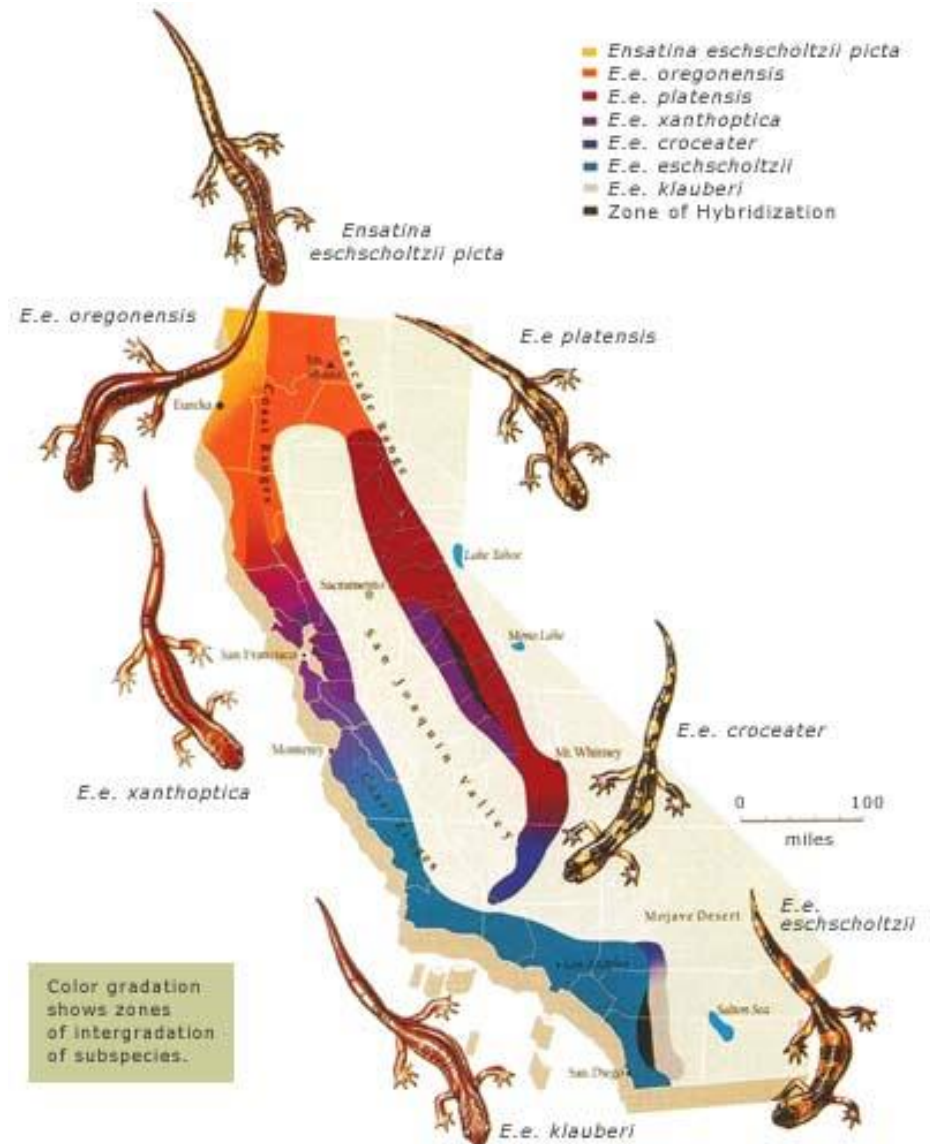
Conceito Morfológico de Espécie

- Grupo de indivíduos que partilham características morfológicas comuns
- Usado para:
 - Fósseis
 - Exclusivamente assexuados
 - Método tradicional para organismos sexuais



Limitações: Conceito Morfológico de Espécie

- Clinas:
gradiente de
características



Espécies em anel:
Clima que é circular



Conceito Morfológico de Espécie / Morfoespécie

- Um agrupamento de indivíduos para os quais existe um padrão de ancestralidade e descendência
- Na prática – tipos semelhantes...

Aplicando o conceito de morfoespécie aos fósseis

- Sem evidência de comportamento
- Características morfológicas perdidas (plumagem, cor, etc)



White-mouthed or *nigricollis* group



→ Se saquis fossem fósseis!

Aplicando o conceito de morfoespécie

- Dimorfismo sexual
 - Sexos de tamanhos e forma diferentes
 - Morfologia (geralmente dos machos) modificada por seleção sexual

Warcraft

Sexual Dimorphism

[Fig. 7]



Draenei



Taurens



Orcs



Trolls

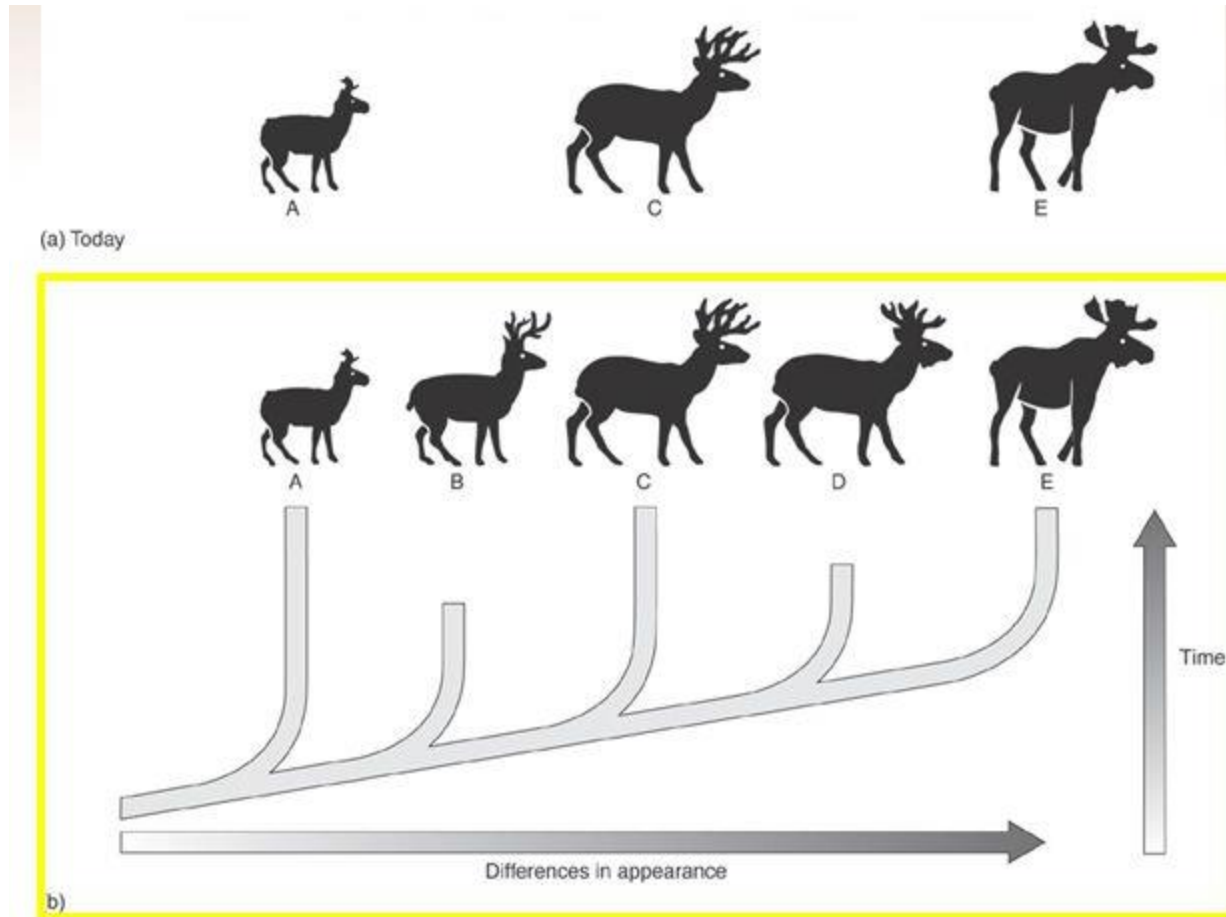






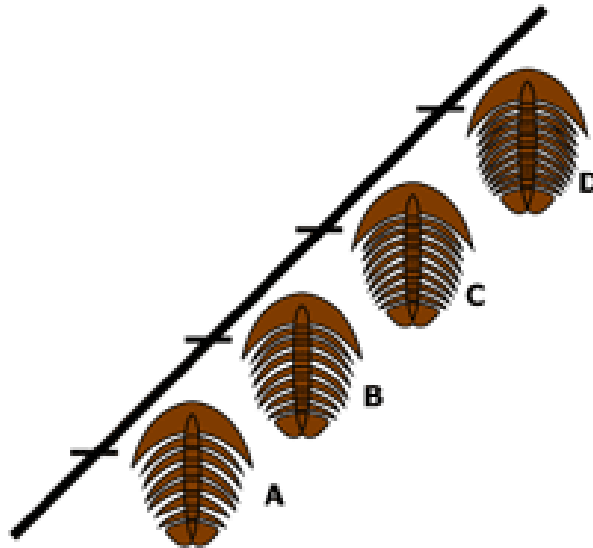


O registro fóssil pode preencher lacunas



Cronoespécie

- Mudanças na morfologia, genética e/ou ecologia de uma espécie ao longo do tempo
- Se A e D coexistissem, seria classificadas como espécies diferentes



Especiação

- Processos de formação de espécies
- Isolamento reprodutivo
- Dois principais mecanismos:
 - Especiação alopátrica (geográfico)
 - Especiação simpátrica (comportamento, etc)

Especiação

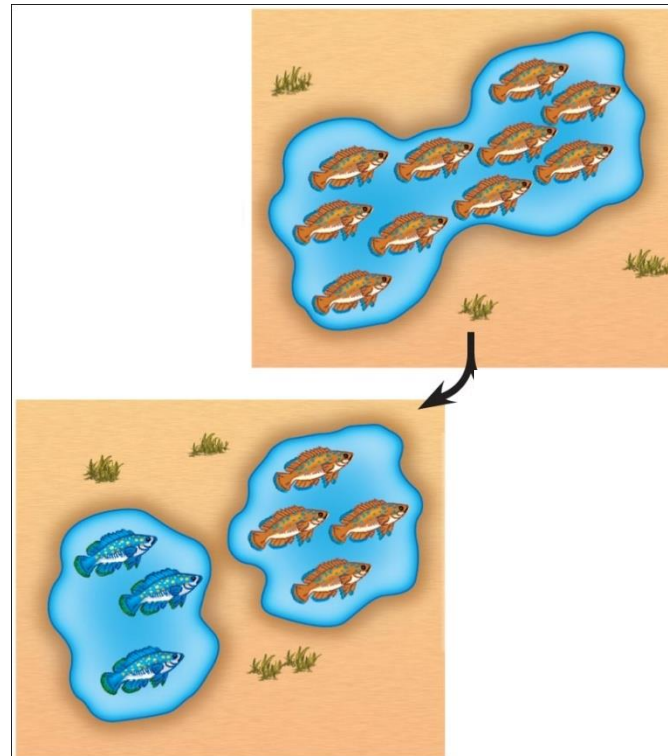
Isolamento reprodutivo

- Barreira entre espécies
- Evita prole fértil
- Lesser Bird of Paradise x Greater Bird of Paradise



Especiação alopátrica

- Isolamento reprodutivo (Geográfico):
montanha, lago, ilhas, nível do mar
- ↓ troca gênica
- Populações se tornam geneticamente diferentes



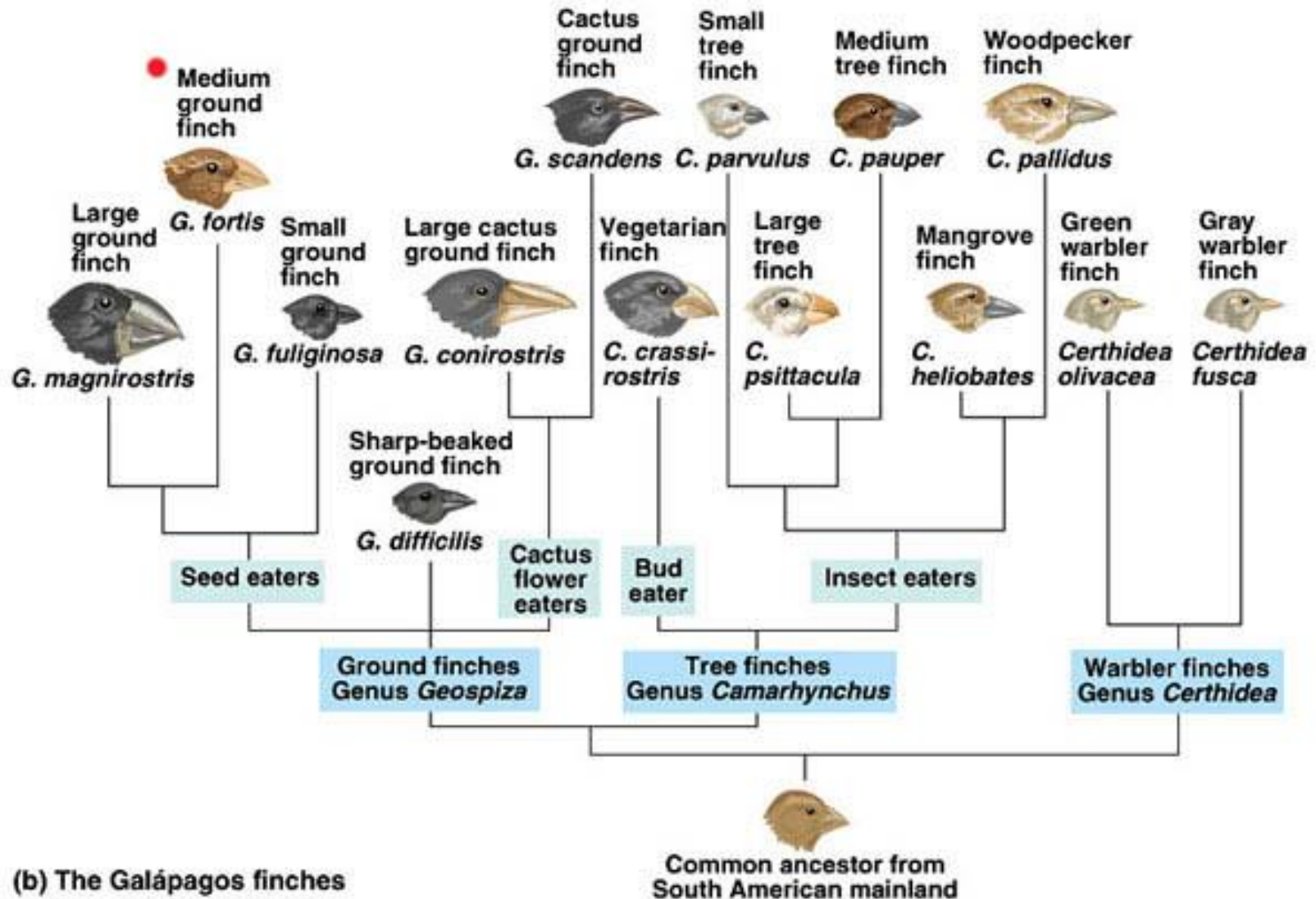
(a) Allopatric speciation

Copyright © 2008 Pearson Education, Inc., publishing as Pearson Benjamin Cummings.

Especiação alopátrica

- Como surge uma nova espécie?
 - Seleção natural
 - Efeito fundador / gargalo de garrafa
 - Deriva genética

- Especiação alopátrica: seleção natural



(b) The Galápagos finches

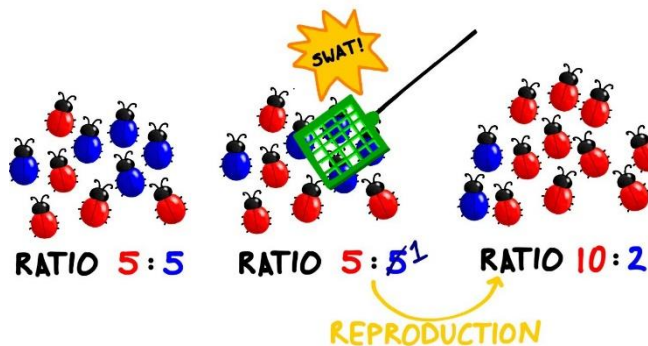
Especiaçãoção alopátrica: efeito fundador

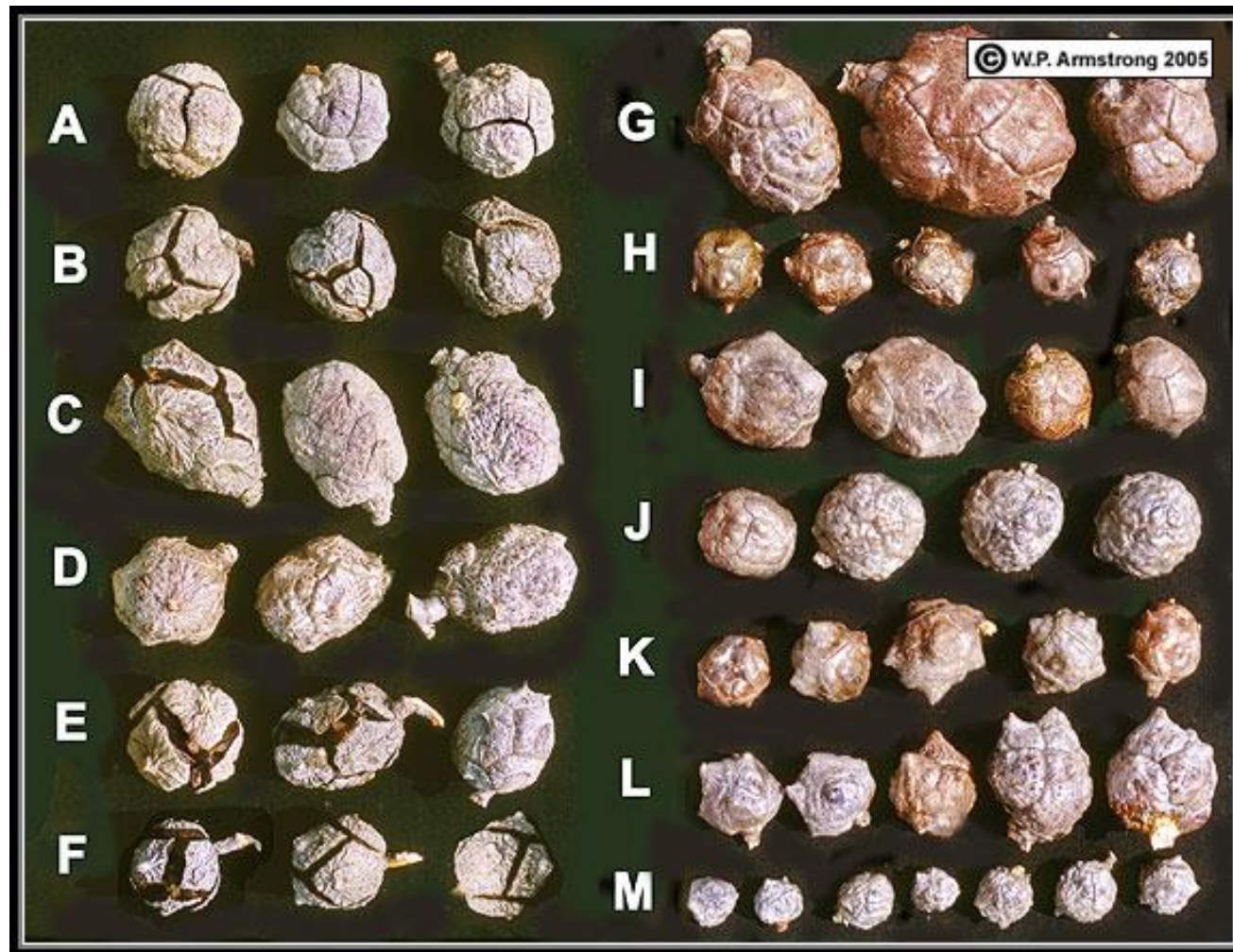
- O grupo fundador possui apenas parte da variação genética total da espécie
 - Mutação para polidactilia em gatos surge no SE da Inglaterra. Eles eram levados nos barcos para o Maine, dando origem ao “Maine Coon Cat”.



Especiação alopátrica: deriva

- Ao longo do tempo, as espécies acumulam mudanças neutras ao acaso
 - Populações de ciprestes no SO dos EUA.
 - Mosaico de floresta no período pós-glacial
 - Ciprestes isolados em mosaicos → acumula mudanças / mutações

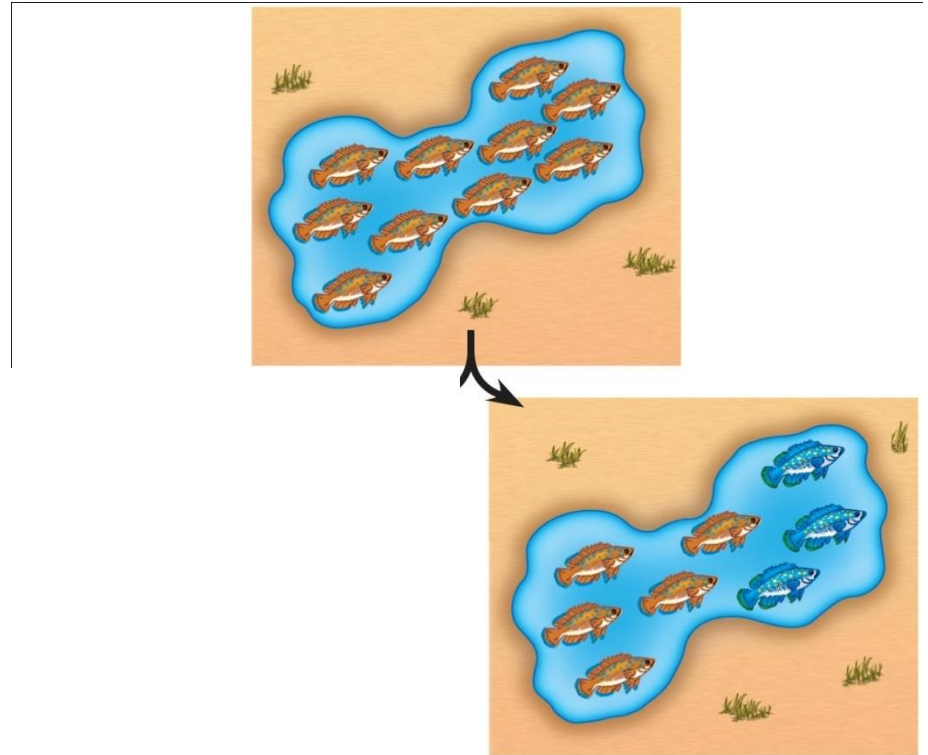




C-F = mesma espécie

Especiação simpátrica

- Populações não estão separadas em termos geográficos
- Isolamento reprodutivo: genético, comportamento, etc



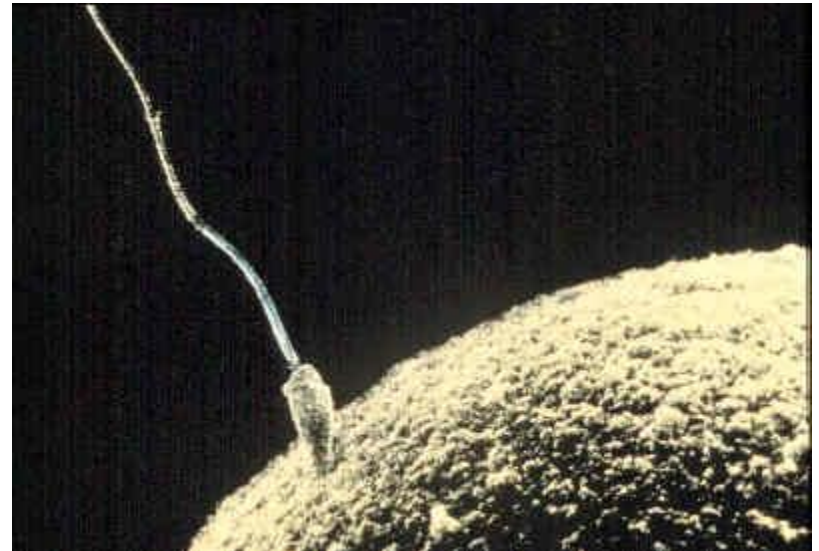
(b) Sympatric speciation

Mecanismos de isolamento reprodutivo

- Mecanismos pré-zigóticos
 - Antes da fertilização
- Mecanismos pós-zigóticos
 - Depois da fertilização

Mecanismos pré-zigóticos

- Evita cruzamento
- Evita gametas de formar zigoto



Mecanismos pré-zigóticos

Isolamento temporal

- Cruzamentos e diferentes horas do dia, estações ou anos



Isolamento temporal



Eastern spotted skunk
(*Spilogale putorius*)

Copyright © 2008 Pearson Education, Inc., publishing as Pearson Benjamin Cummings.

Fim do inverno



Western spotted skunk
(*Spilogale gracilis*)

Copyright © 2008 Pearson Education, Inc., publishing as Pearson Benjamin Cummings.

Fim do verão

Mecanismos pré-zigóticos:

Habitat

- Mesma área geográfica
- Diferentes habitats



Water-dwelling *Tamnophis*

Copyright © 2008 Pearson Education, Inc., publishing as Pearson Benjamin Cummings.

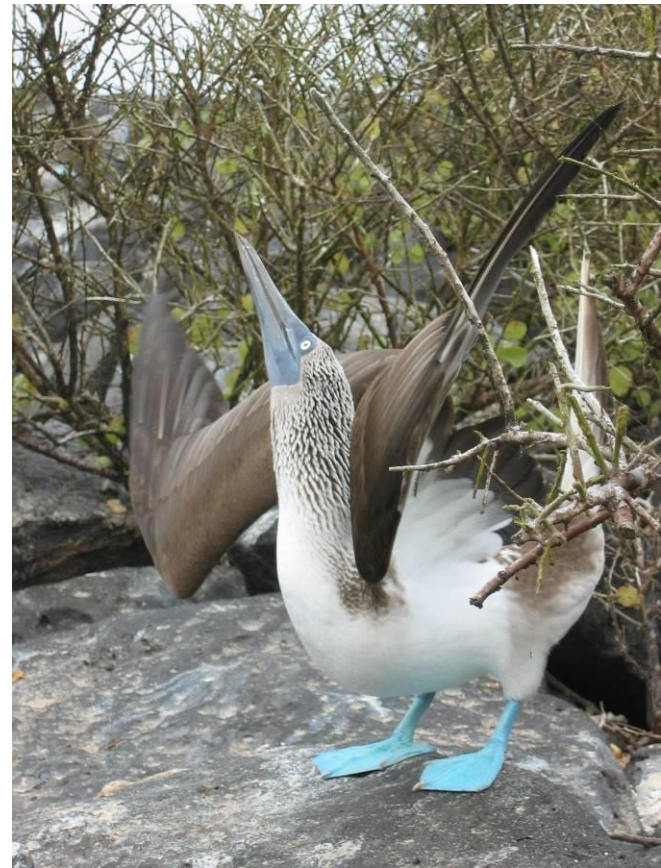


Terrestrial *Tamnophis*

Copyright © 2008 Pearson Education, Inc., publishing as Pearson Benjamin Cummings.

Mecanismos pré-zigóticos: Comportamento

- Diferentes rituais de cortejo
- Blue-Footed Booby



Mecanismos pré-zigóticos: Comportamento



a *Hyla versicolor*

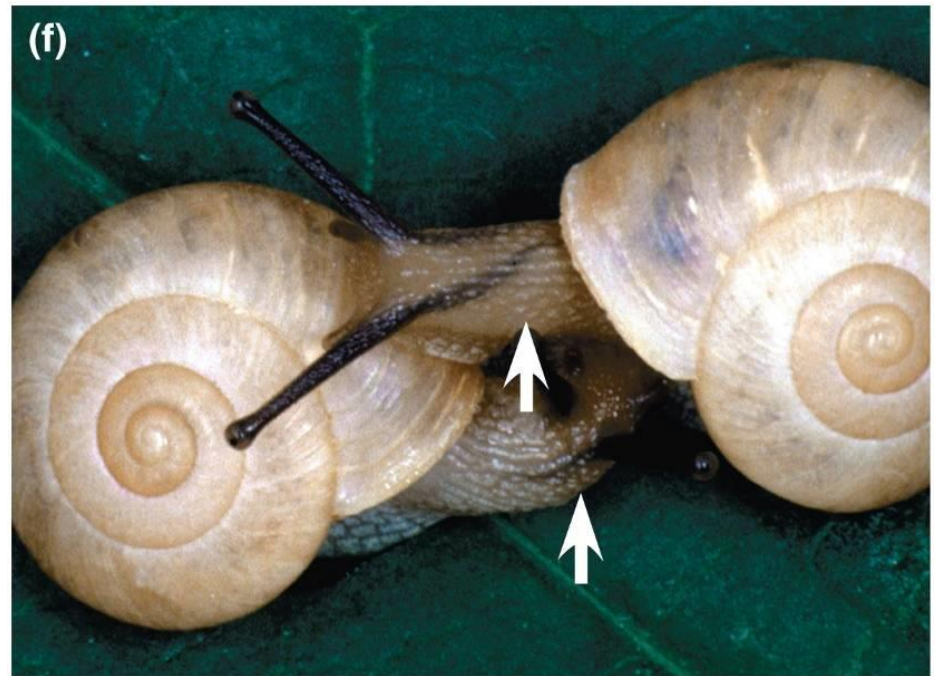


b *H. chrysoscelis*

- Meadowlarks do Leste e Oeste
- Cantos diferentes

Mecanismos pré-zigóticos: Isolamento mecânico

- Estruturas diferentes que evitam acasalamento
- Aberturas genitais não alinhadas (mutação em um gene)

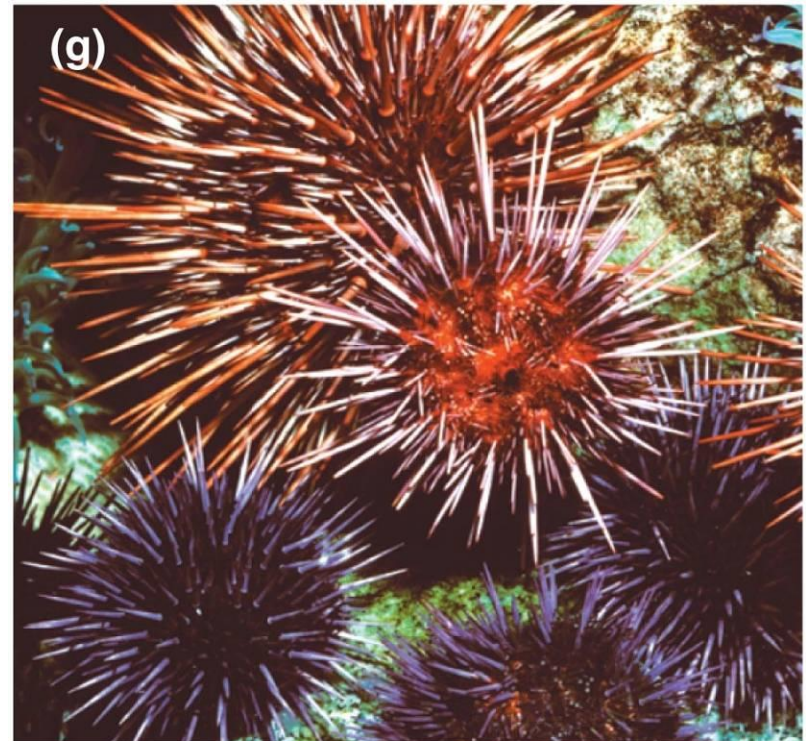


***Bradybaena* with shells
spiraling in opposite
directions**

Copyright © 2008 Pearson Education, Inc., publishing as Pearson Benjamin Cummings.

Mecanismos pré-zigóticos: Isolamento gamético

- Esperma não consegue fertilizar óvulos
- Importante em espécies aquáticas



Sea urchins

Copyright © 2008 Pearson Education, Inc., publishing as Pearson Benjamin Cummings.

Mecanismos pós-zigóticos

- Evita que híbridos se tornem adultos férteis



“zeedonk”

Mecanismos pós-zigóticos: Viabilidade reduzida do híbrido

- Ovelha + cabra
→ zigotos
híbridos
- Morte antes do
nascimento



Mecanismos pós-zigóticos: Fertilidade reduzida do híbrido

- Burro x cavalo
fêmea → Mula

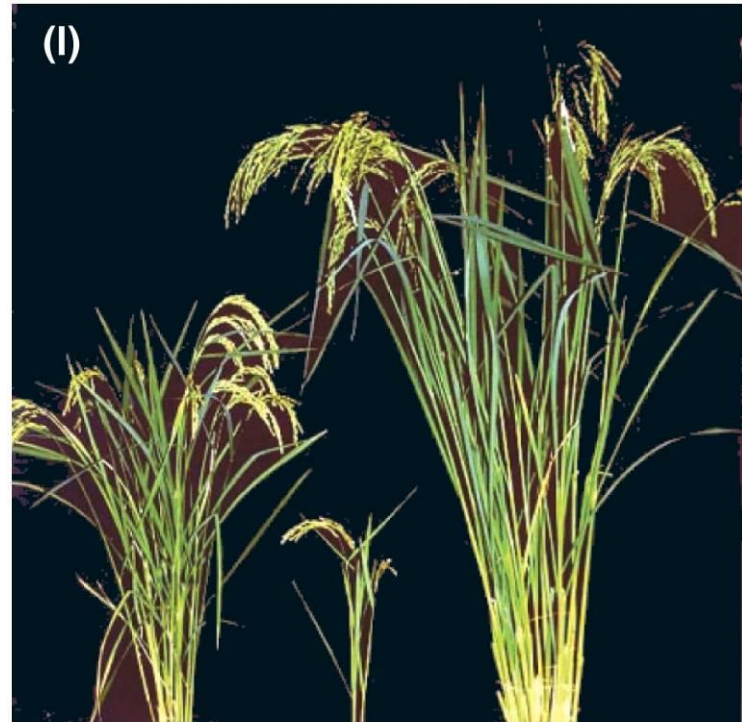


Mule (sterile hybrid)

Copyright © 2008 Pearson Education, Inc., publishing as Pearson Benjamin Cummings.

Mecanismos pós-zigóticos: “breakdown” do híbrido

- Primeira geração é viável e fértil
- Prole dos híbridos é deficient ou estéril

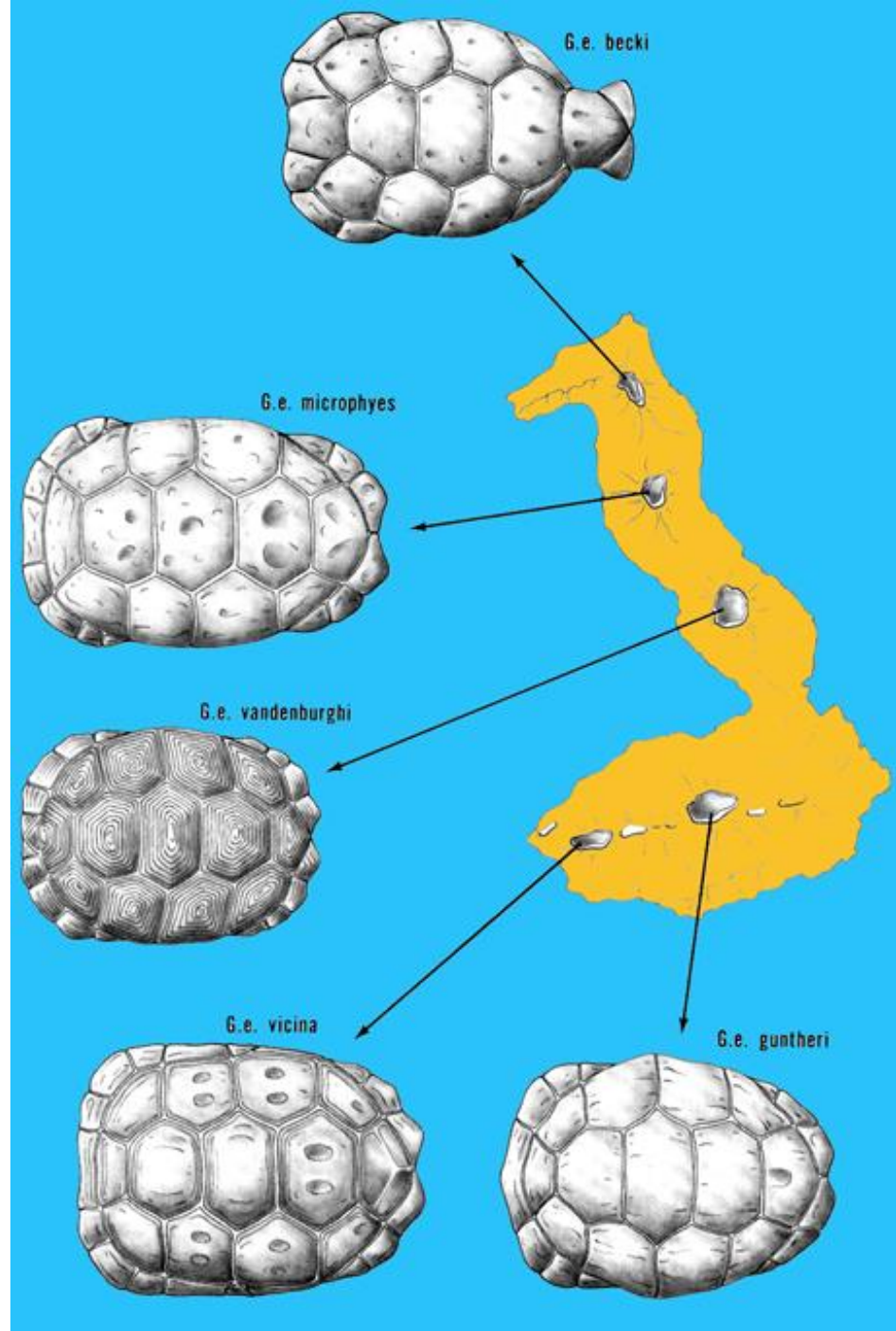
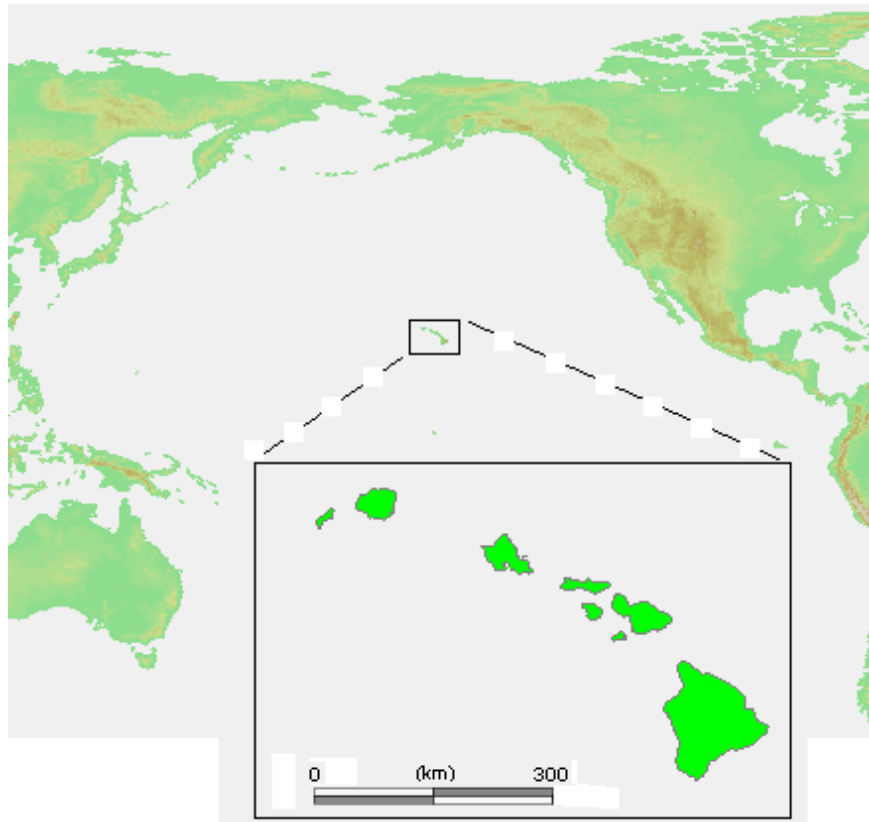


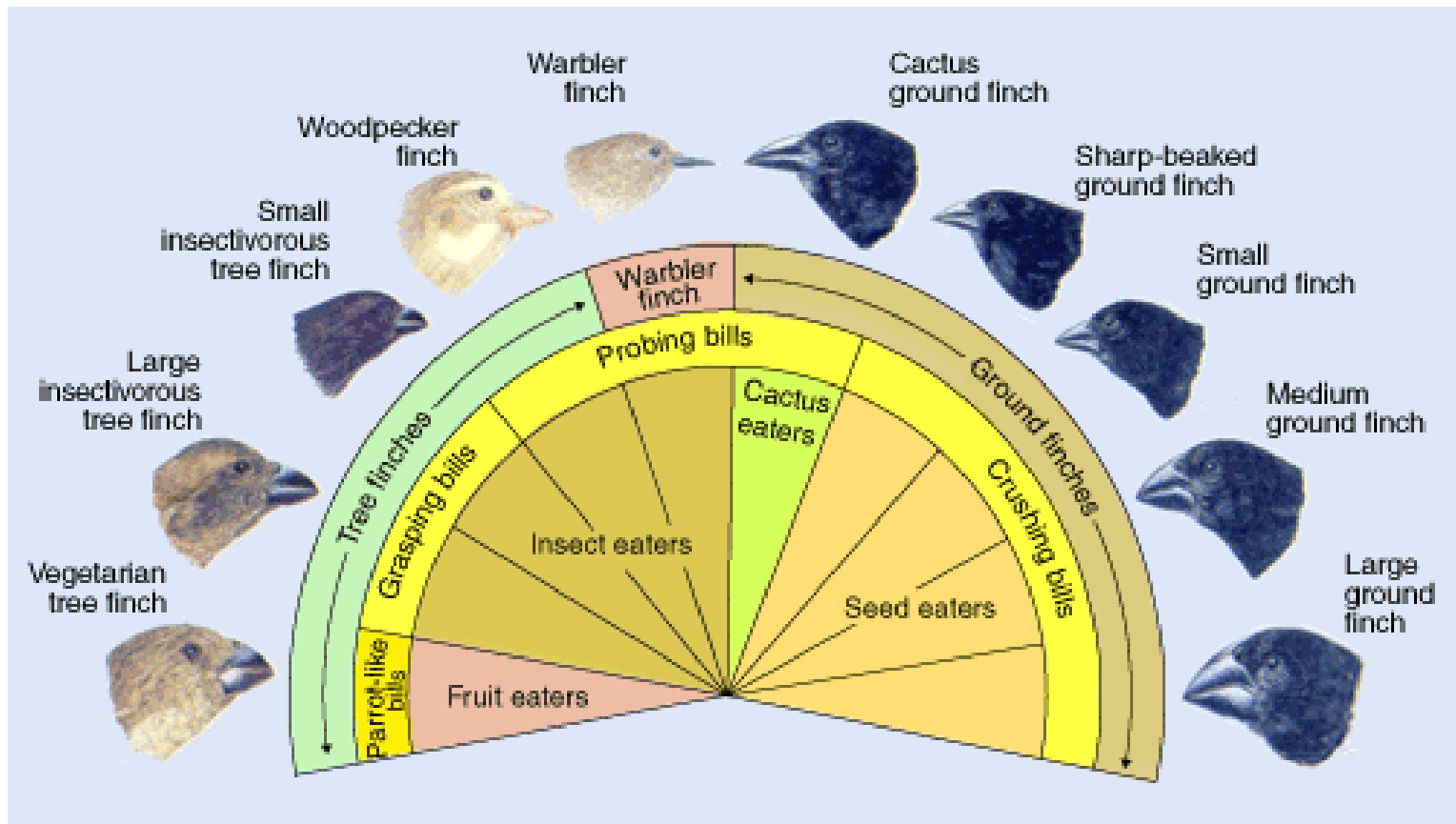
Hybrid cultivated rice plants with stunted offspring (center)

Copyright © 2008 Pearson Education, Inc., publishing as Pearson Benjamin Cummings.

Radiação adaptativa

- Ancestral comum → novas espécies em novos ambientes
- Promovida por:
 - 1) Novos e variados nichos → novas pressões seletivas
 - 2) Ausência de competição entre espécies
 - 3) Isolamento (em ilhas)





“Tarweeds” do Hawai‘i



Dubautia laxa



Close North American relative,
the tarweed *Carlquistia muirii*



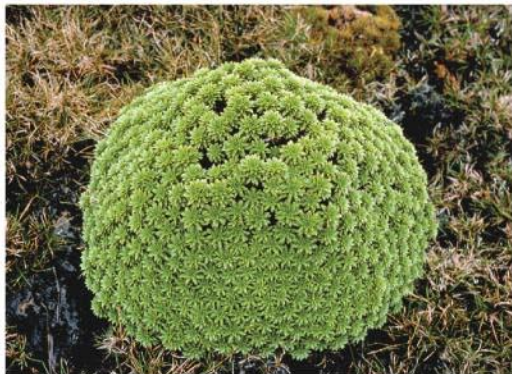
Argyroxiphium sandwicense

KAUAI
5.1
million
years

MOLOKAI
OAHU
3.7
million
years
LANAI

1.3
MAUI
million
years

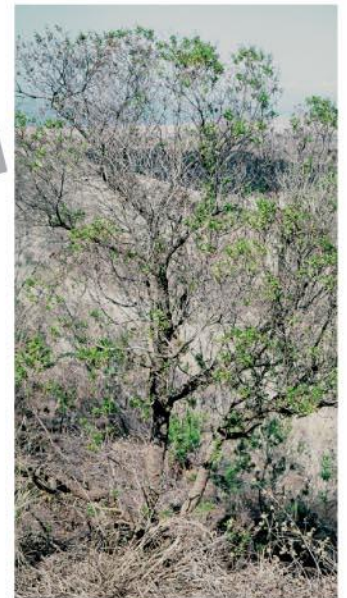
HAWAII
0.4
million
years



Dubautia waialealae



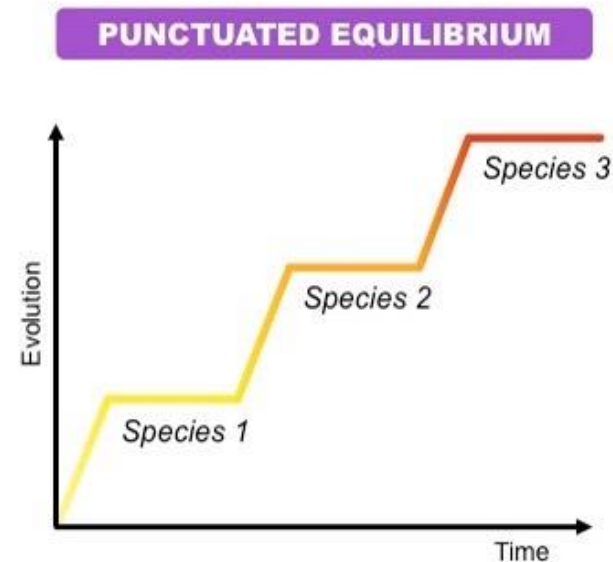
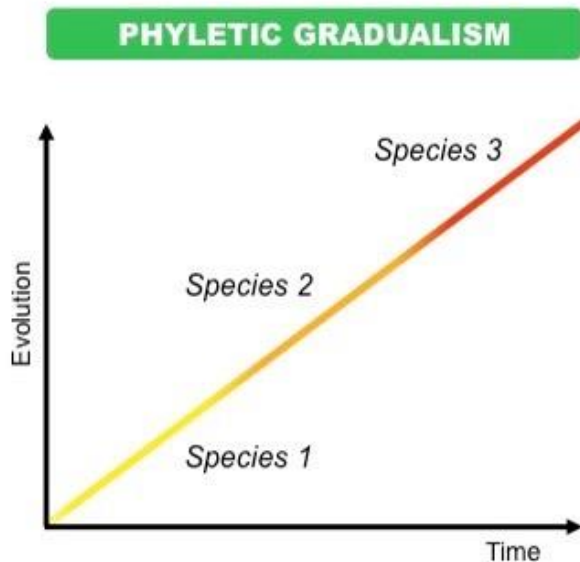
Dubautia scabra



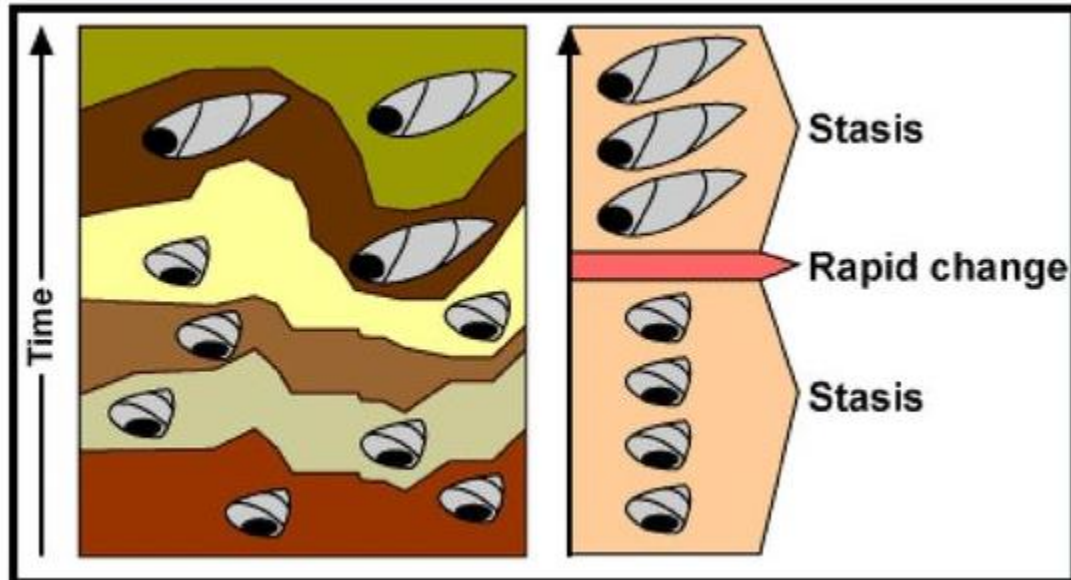
Dubautia linearis

Padrões de especiação

- Gradualismo filético: mudança gradual de uma espécie para outra
- Equilíbrio pontuado: espécie aparece rapidamente, permanece estável por muito tempo



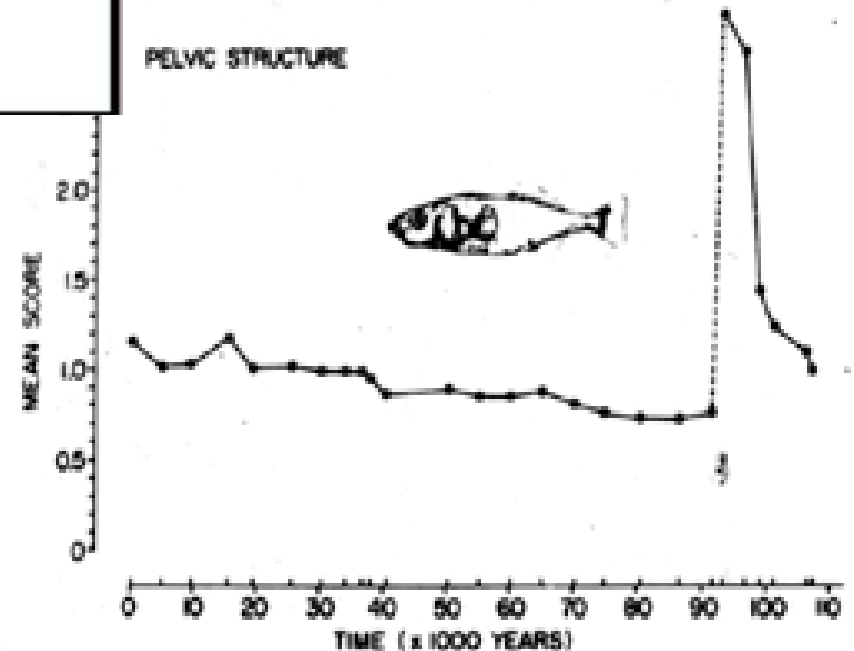
Equilíbrio pontuado

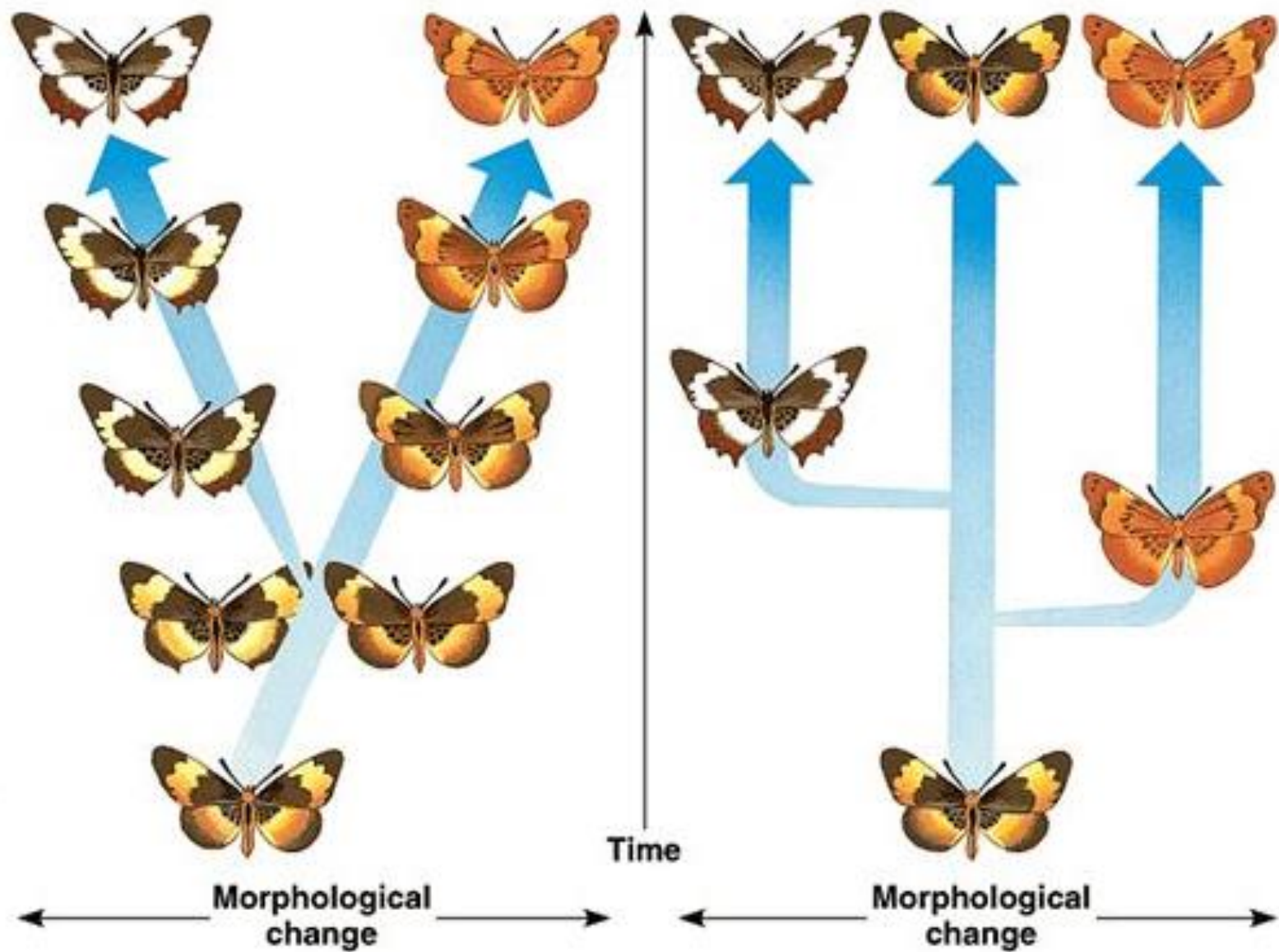


Niles Eldredge



Stephen J. Gould

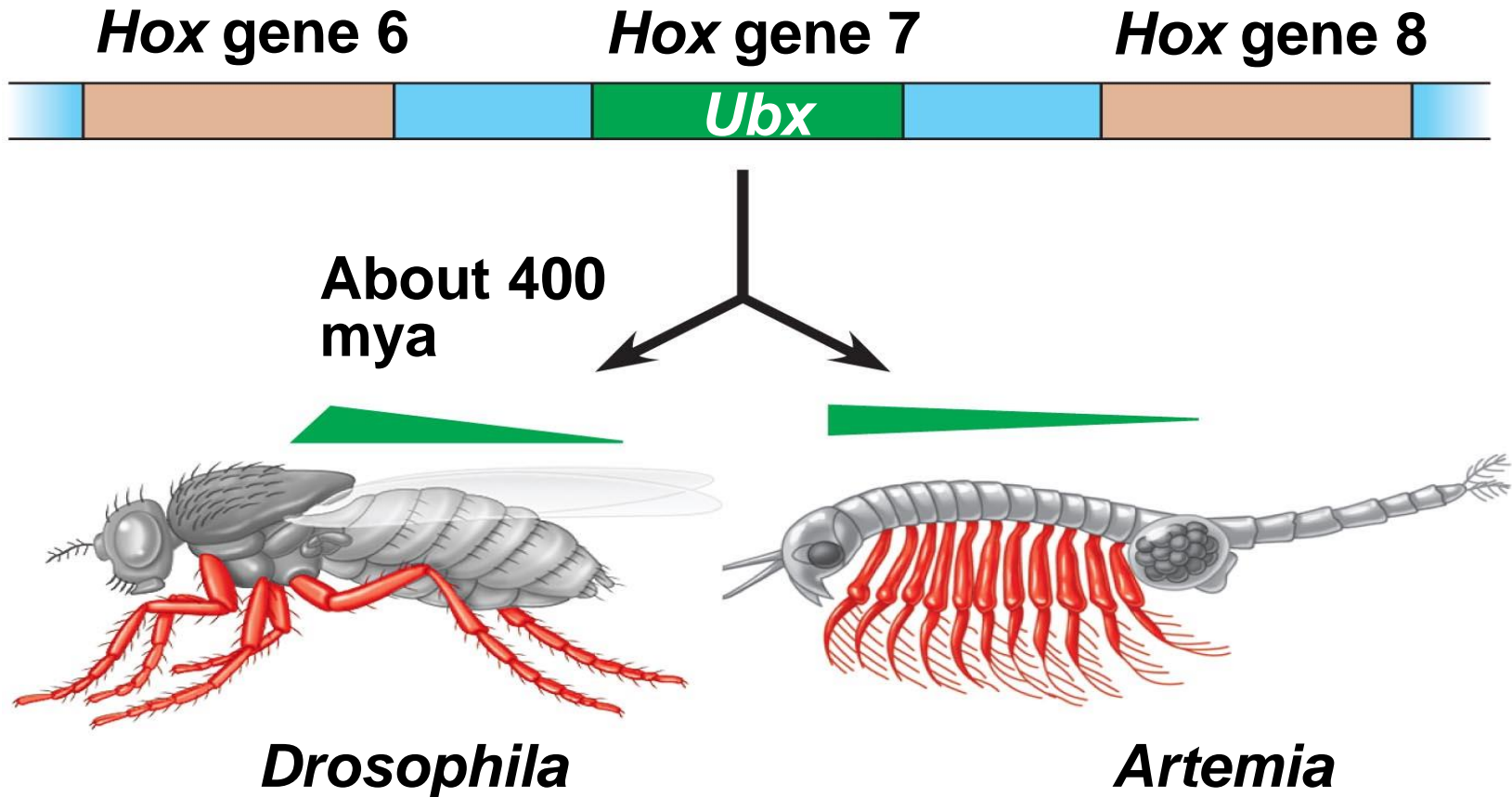




(a) Gradualism model

(b) Punctuated equilibrium model

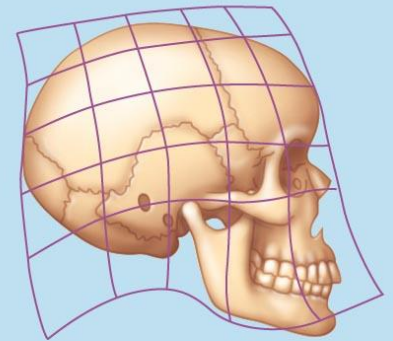
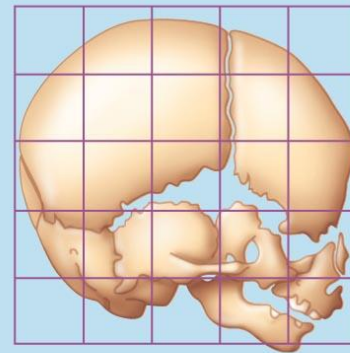
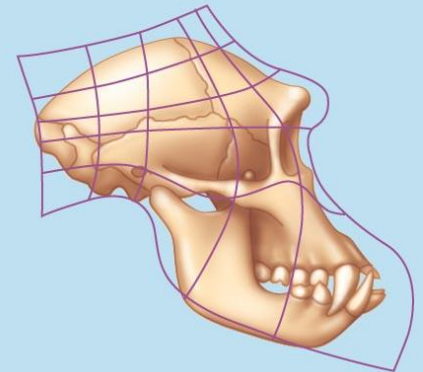
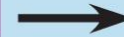
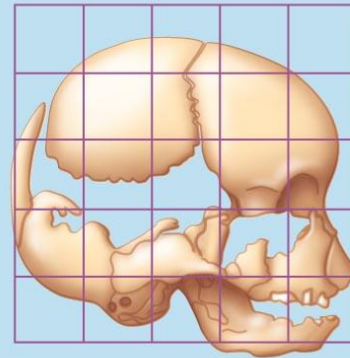
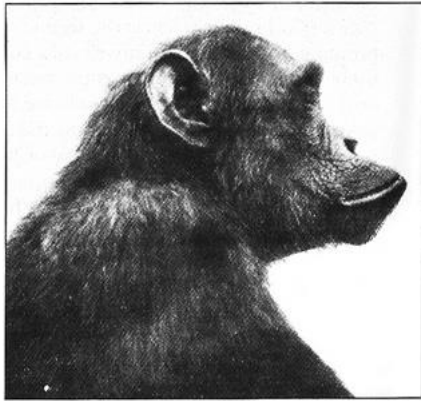
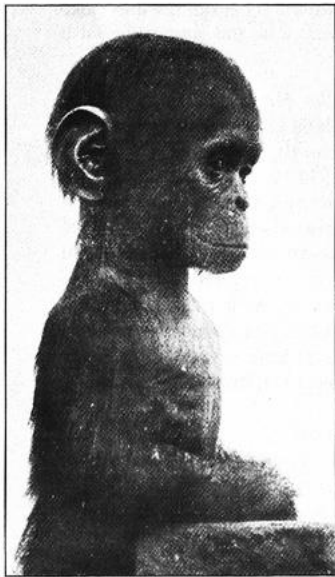
Como uma especiação rápida pode ocorrer?



Mudança nos genes que regulam desenvolvimento

Heterocronia

- Mudança na taxa ou “timing” de desenvolvimento
- Neotenia (tipo de heterocronia):
diminuição na taxa de desenvolvimento



Quanta mudança genética é necessária para especiação?



- Sem generalizações...
- *Drosophila* (*D. silvestris* e *D. heteroneura*):
diferença em um locus (uma única mutação que afetou outros loci)

Quanto tempo é preciso para que novas espécies surjam?

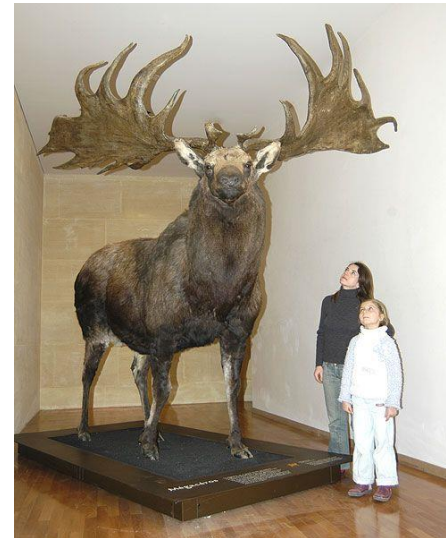
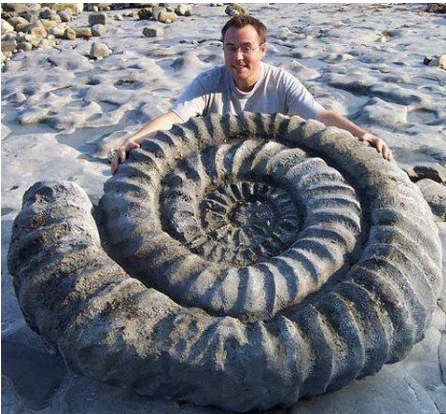
Drosophila spp. no Havaí
Média de 20 mil anos

Platanus orientalis & *P. occidentalis*: separados há 50 milhões de anos, ainda não tem isolamento reprodutivo genético



Extinção

- “Oposto” da especiação
- Mais de 99% das espécies já viventes na Terra estão extintas



- Extinção é importante na evolução: libera novos nichos e remove competição entre espécies