

Universidade Estadual do Rio Grande do Sul
Curso Superior de Tecnologia em Gestão Ambiental
Biologia Aplicada
Aula 8

Professor Antônio Ruas

- 1. Créditos: 60**
 - 2. Carga horária semanal: 4**
 - 3. Semestre: 1º**
 - 4. Assuntos: Os mecanismos da evolução.**
- Assunto: Exercícios: responder às questões desta apresentação.**

• 1. Conceito de espécie.

• I. Concepções antigas.

- A. Platão: Homem era a idéia, corrompida pela necessidade produzia as outras criaturas, entre elas a mulher.
- B. Aristóteles: Os seres vivos e não vivos organizavam-se numa escala gradual. Não havia transformismo, as espécies eram estáticas. Eram expressões do mesmo tipo, idéia, com graus de imperfeição.
- C. Linneu: classificação e não compreensão das espécies. Usava o método comparativo. As espécies são de fato estáticas e não se transformam pois são criações divinas. O método era semelhante ao indutivismo e empirismo: a observação e o detalhamento descobria a ordem. Ao pesquisador não cabia discutir as origens.

- **1. Conceito de espécie.**
- II. Concepções evolutivas iniciais.
- A. Lamarck: Espécies transformam-se e originam novas pela adaptação durante a existência.
- B. Darwin: As espécies não são estáticas. Transformam-se pela ação da seleção natural.

-

- **1. Conceito de espécie.**
- III. Concepções modernas.
- **A. Conceito Biológico de Espécie – CBE.**
- Atribuído a Mayr e discutido na obra “Sistemática e a origem das espécies”, de 1942.
- O CBE de Mayr propugna que espécies são grupos de populações naturais intercruzantes. São isoladas de outros grupos de espécies intercruzantes. O isolamento reprodutivo é intrínseco (genético) e não extrínseco (geográfico).
- As populações ou coletivos da mesma espécie não permitem fluxo gênico com outros grupos, são sistemas fechados.
- Também é conhecido como Conceito de Isolamento de Espécie.
- Debater os problemas deste conceito.

- **1. Conceito de espécie.**
- **B. Conceito filogenético de espécie – CFE**
- Foi proposto por Cracraft em 1983.
- Grupo irreduzível de organismos que pode ser distinguido de outros e que dentro do qual existe um padrão de parentesco do tipo ancestral e descendente. É fenotípico.
- As espécies são grupos monofiléticos.
- Serve para não sexuais e fósseis.
- Debater as dificuldades.
-

- **1. Conceito de espécie.**

- **C. Conceito de Reconhecimento de Espécie – CRE**

- Foi proposto por Paterson em 1985.

- Trata-se de um grupo populacional mais inclusivo composto por indivíduos biparentais que partilham um sistema de fertilização comum.

- É semelhante ao CBE, mas enfatiza mais os mecanismos evolutivos que permitem apenas a reprodução entre indivíduos da mesma espécie, como comportamentais e compatibilidade gamética.

-

- **1. Conceito de espécie.**
- **D. Conceito de Coesão de Espécie – CCE**
- Foi proposto por Templeton, em 1989.
- População inclusiva de organismos que possuem o potencial de coesão fenotípica, por todos os mecanismos intrínsecos de coesão, incluindo fluxo gênico, isolamento reprodutivo, seleção estabilizadora, desenvolvimento, fisiologia, ecologia e outros.
- Tende a ser um conceito eclético, mas difícil de ser detalhado e usado para classificações.

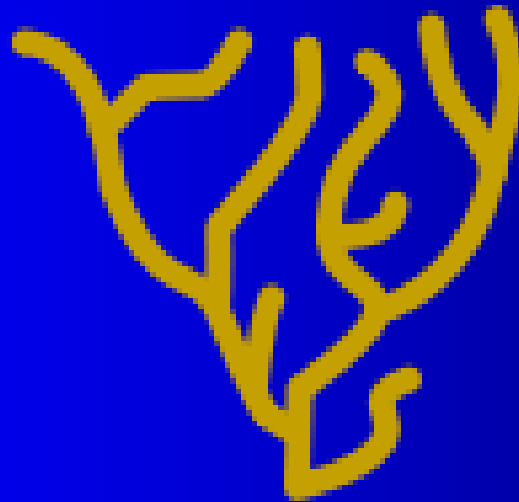
Tabela 2.1. Sumário dos quatro conceitos de espécie.

CONCEITO	ÊNFASE	LIMITAÇÕES
CBE (Conceito Biológico de Espécie, segundo Mayr, 1963)	<ul style="list-style-type: none">- isolamento reprodutivo- fluxo gênico	<ul style="list-style-type: none">- implica numa correspondência entre grupos reprodutivos e unidades morfológicas e ecológicas- não é operacional- não incorre em monofilia- isolamento reprodutivo não é um mecanismo evolutivo- não se aplica a espécies que formam híbridos, fósseis ou de reprodução assexuada
CFE (Conceito Filogenético de Espécie, segundo Cracraft, 1983)	<ul style="list-style-type: none">- monofilia- diferenciação	<ul style="list-style-type: none">- não define quais caracteres são importantes- não oferece explicação sobre mecanismos
CRE (Conceito por Reconhecimento de Espécie, segundo Paterson, 1985)	<ul style="list-style-type: none">- sistema de fertilização comum- seleção natural	<ul style="list-style-type: none">- como é baseado também em reprodução, sofre as mesmas limitações do CBE
CCE (Conceito de Coesão de Espécie, segundo Templeton, 1989)	<ul style="list-style-type: none">- mecanismos de coesão- fluxo gênico, deriva e seleção natural	<ul style="list-style-type: none">- sofre das mesmas dificuldades operacionais do CBE e CRE

• 2. Especiação.

- O surgimento de novas espécies é chamado de especiação.
- O detalhamento dos possíveis mecanismos do surgimento das novas espécies não foi trabalhado por Darwin. Ele fixou-se na questão da variabilidade gradual (gradualismo) ou abrupta no isolamento geográfico, como cenários do surgimento de novas espécies.
- A relação entre extinção e surgimento de novas espécies é o motivo principal da divergência surgida principalmente entre paleontologistas evolucionistas que conceberam as teorias do **gradualismo evolutivo** e o **equilíbrio pontuado**.
- Observar diagrama e debater: qual situação explica melhor a relação proposta?.

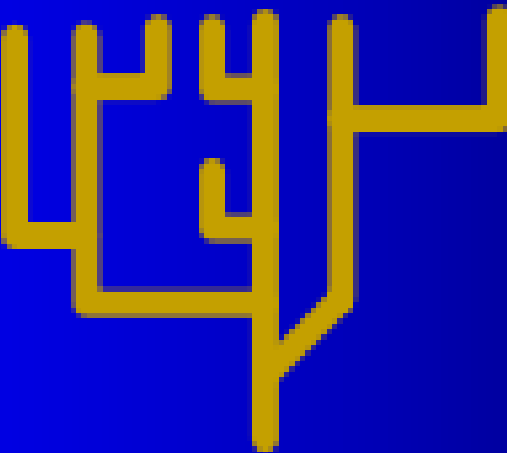
Phyletic Gradualism



Morphology



Time



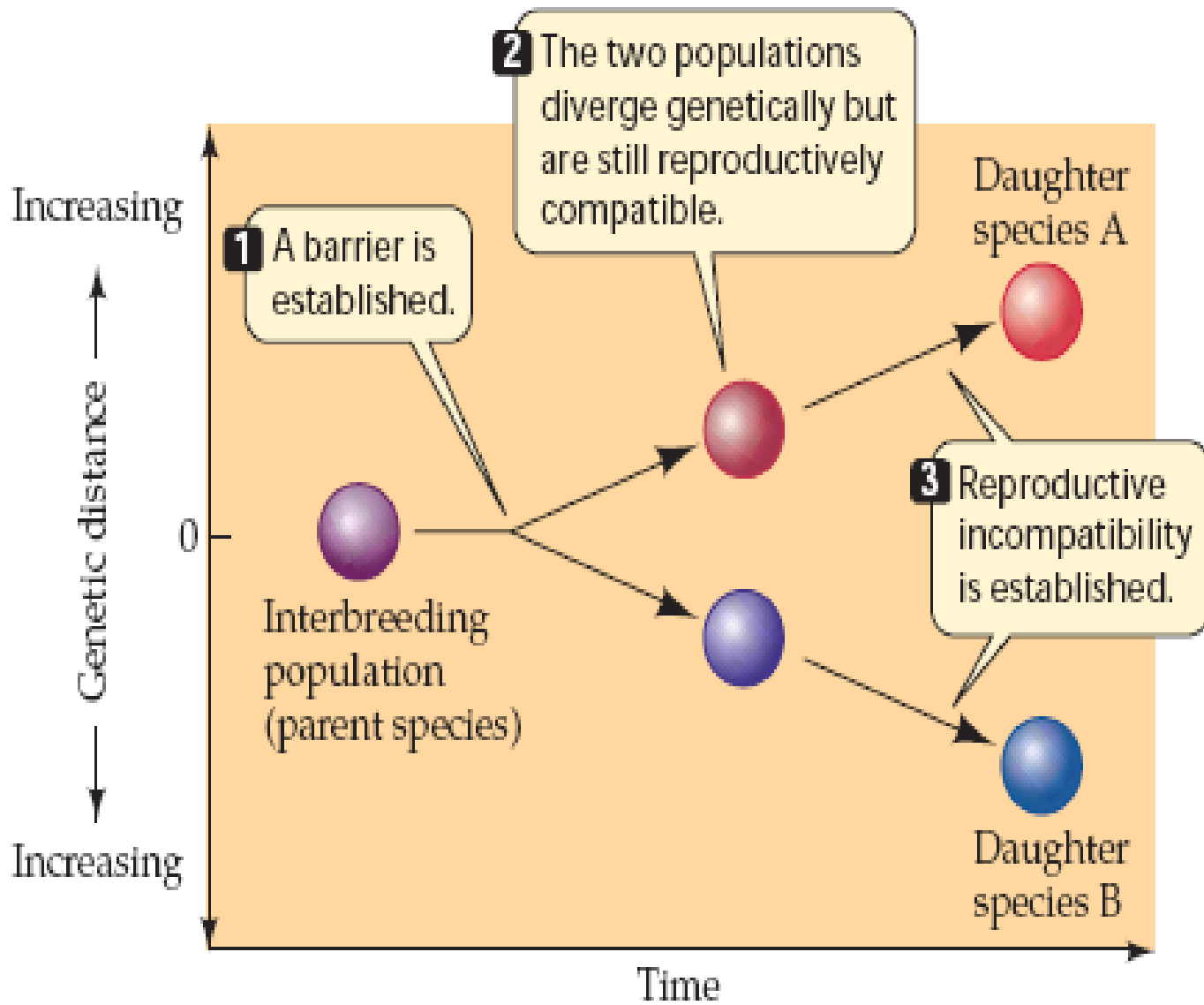
Punctuated Equilibrium

• 2. Especiação.

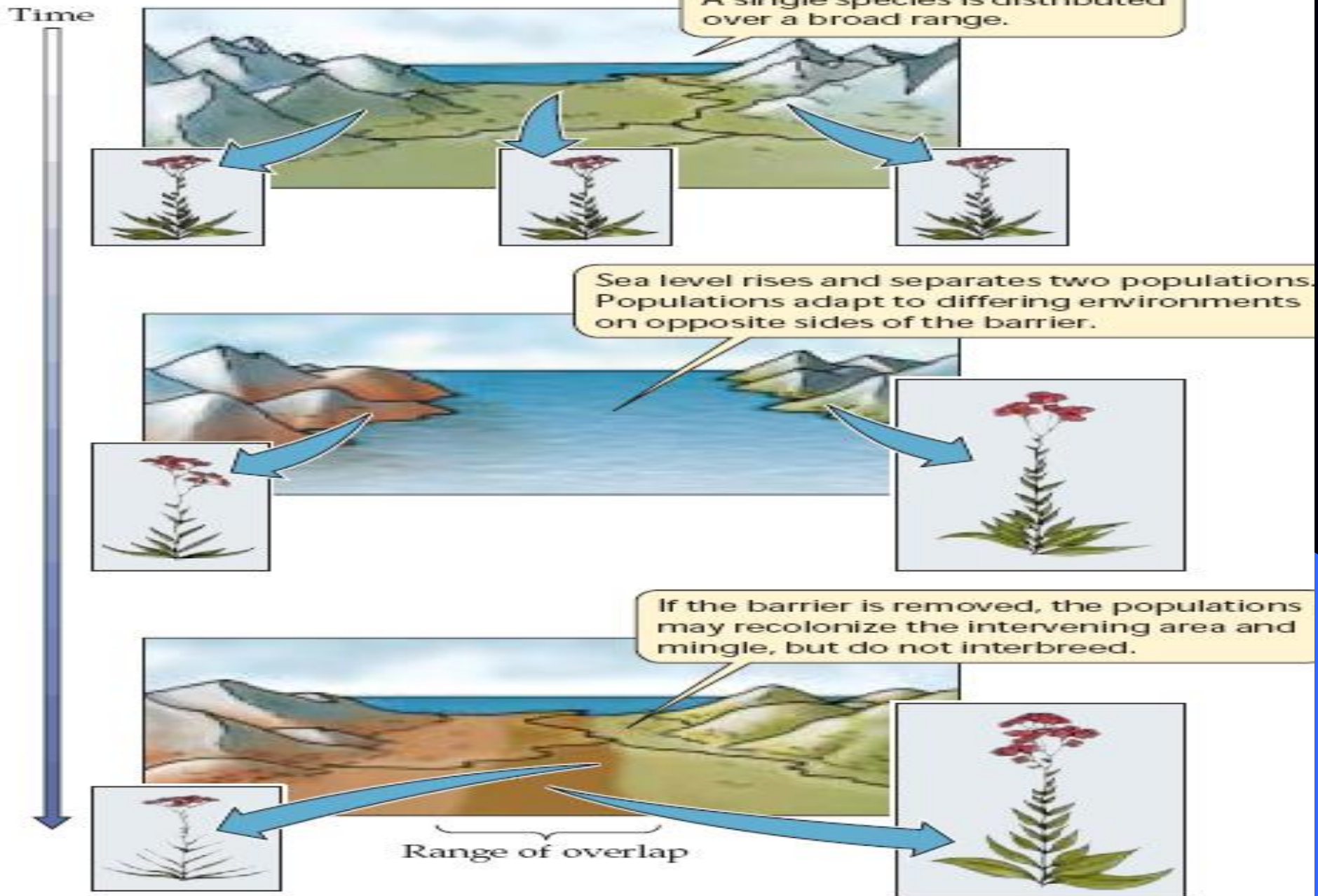
- Dentro da teoria da síntese moderna, novas espécies podem surgir a partir de mecanismos de redução e interrupção de fluxo gênico entre populações ou subpopulações.
- O evento crítico na especiação é a separação de pools genéticos numa população ancestral em novos conjuntos isolados.
- Após a separação, fatores seletivos condicionam novas frequências gênicas e fenotípicas.
- Surgem mecanismos de isolamento reprodutivo e o fluxo gênico cessa.
- A seguir, **especiações alopátrica, peripátrica, simpátrica e parapátrica.**

•3. Especiação alopátrica e peripátrica.

- A especiação **alopátrica** ocorre quando há um isolamento genético a partir da divisão de uma população por barreira física.
- Próxima a este tipo de especiação, o tipo **peripátrico** ocorre quando parte da população migra para outra área isolada.
- No caso anterior, o mecanismo é relacionado ao efeito do fundador, mecanismo que altera a deriva genética.
- Nesta situação, uma parte menor da população migra para esta outra área isolada, subseqüentemente alterando as frequências gênicas. Mecanismos seletivos então impulsionam a especiação.
- Estas especiações são conhecidas como especiações geográficas e consideradas mecanismos darvinistas típicos.



24.3 Speciation May Be a Gradual Process In this hypothetical example, genetic divergence between two separated populations begins before reproductive incompatibility evolves.

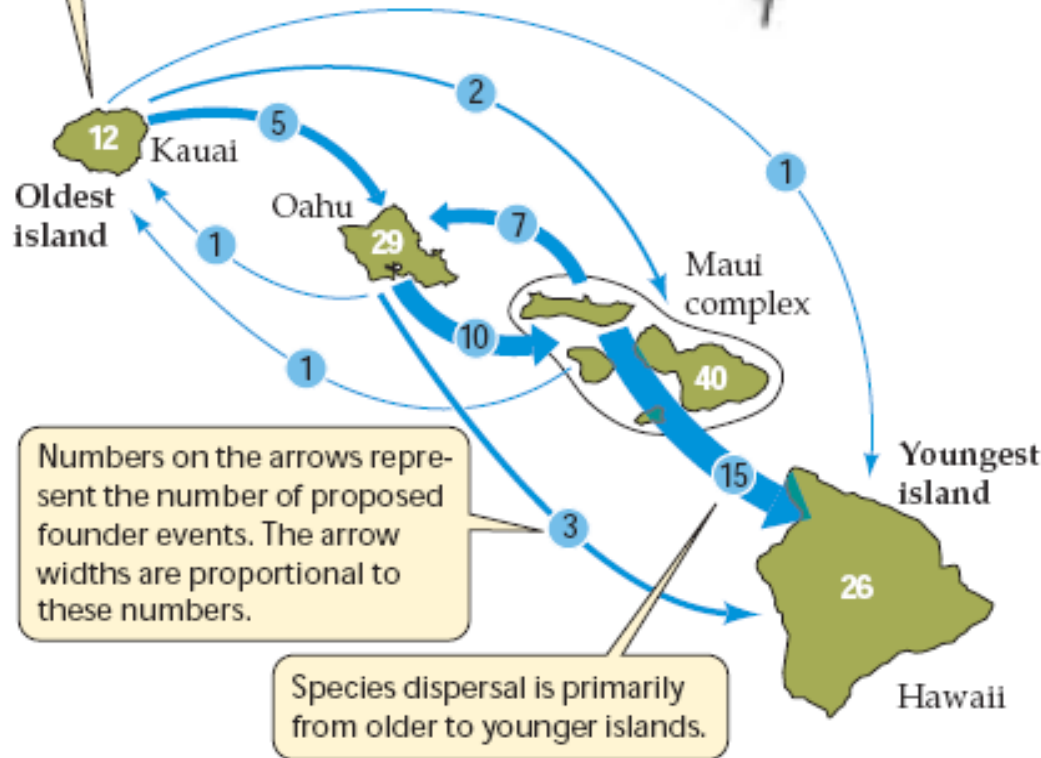


24.4 Allopatric Speciation Allopatric speciation may result when a population is divided into two separate populations by a physical barrier, such as rising sea levels.

Picture-winged *Drosophila*

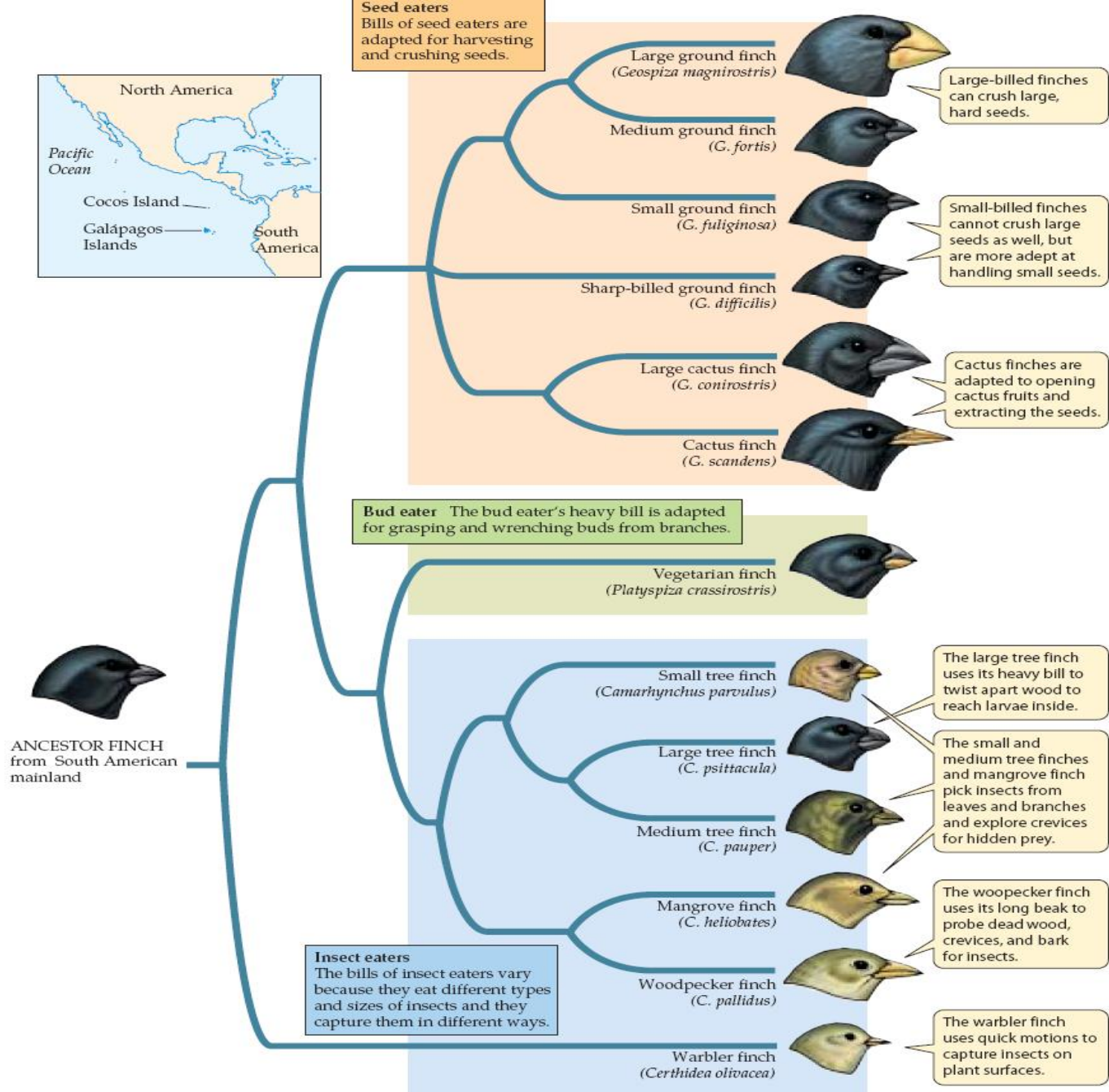


Numbers on the islands represent the number of species of picture-winged *Drosophila* found there.



24.5 Founder Events Lead to Allopatric Speciation The large number of species of picture-winged *Drosophila* in the Hawaiian Islands is the result of founder events: new populations founded by individuals dispersing among the islands.

The islands, which were formed in sequence as Earth's crust moved over a volcanic "hot spot," vary in age.



24.6 Allopatric Speciation among Darwin's Finches The descendants of the ancestral finch that colonized the Galápagos archipelago several million years ago evolved into 14 different species whose

members are variously adapted to feed on seeds, buds, and insects. (The fourteenth species, not pictured here, lives in Cocos Island, farther north in the Pacific Ocean.)

• 4. Especiação simpátrica.

- O entendimento clássico de Darwin era que espécies próximas, isoladas mas que vivem na mesma região, sendo simpátricas, dividiram-se alopaticamente no passado.
- No entanto, em alguns casos, podem haver a especiação simpátrica, particularmente por meio de poliploidias.
- Poliploidia é a produção de conjuntos duplicados de cromossomos no mesmo indivíduo. No sentido evolutivo é observado em plantas.
- Mecanismos meióticos podem levar a uma autopoliploidia e formação de tetraplóides, isolados reprodutivamente dos ancestrais diplóides.

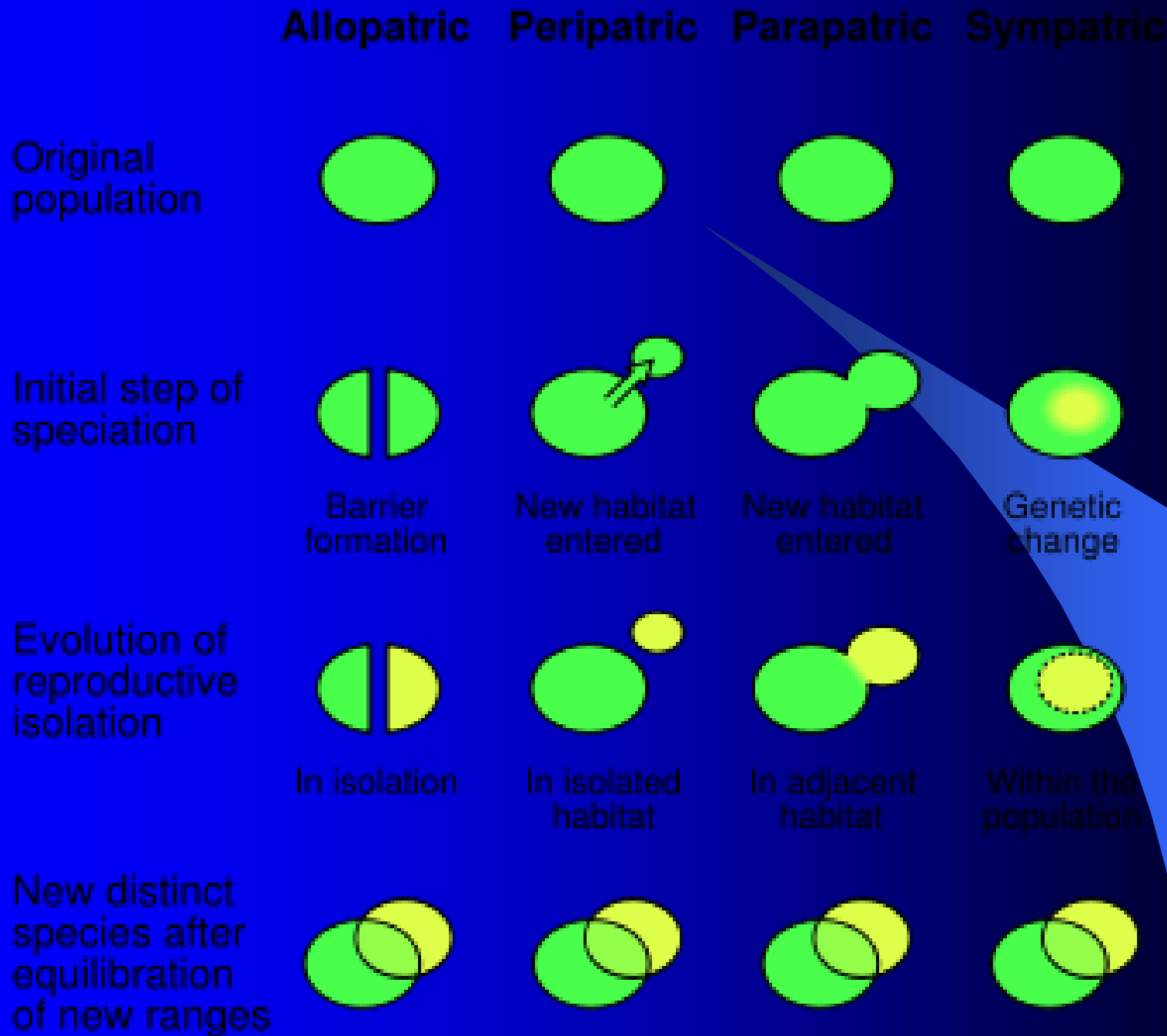
•

• 4. Especiação simpátrica.

- Hibridização entre espécies próximas de plantas podem resultar em alopoliploidia e isolamento reprodutivo dos poliplóides.
- Especiação por poliploidia é considerada fundamental em gimnospermas e angiospermas.
- A especiação simpátrica entre os animais é pouco provável. Populações maiores com fluxo gênico intenso tentem a permanecer em estase evolutiva, de acordo com a teoria do equilíbrio pontuado. Nesta situação novidades genéticas tendem a ser absorvidas pela seleção natural estabilizadora.
- Outro aspecto nos animais é a predominância da infertilidade dos híbridos interespecíficos, em função de mecanismos diversos discutidos adiante. Mesmo assim, são relatados alguns casos de especiação por este mecanismo.

• 5. Especiação parapátrica.

- A especiação parapátrica é intermediária entre as duas anteriores. Ocorre devido a adaptações em habitats contíguos dentro da mesma área, ou seja, a diferenças de habitat que podem surgir bruscamente ou a migrações.
- Decorre do fato de que vários grupos de animais mostram polimorfismos, fenótipos de frequências variáveis ao longo da distribuição da espécie.
- Os polimorfismos genéticos podem causar especiação por adaptações exclusivas a habitats diferentes na mesma região, ou, seja, sem barreira geográfica.
- O polimorfismo pode favorecer determinado fenótipo também em casos de modificação brusca no ambiente, como no caso dos fatores poluentes.



- **6. Barreiras ao hibridismo interpopulacional e exemplos de híbridos.**

- **Híbridos interpopulacionais** são indivíduos de gerações filiais resultantes de cruzamentos parentais onde um dos pares pertence a uma espécie e o outro a outra. Neste caso é fundamental o reconhecimento de que se trata de espécies distintas, considerando-se qualquer dos conceitos de espécie.

-
-

- **6. Barreiras ao hibridismo interpopulacional e exemplos de híbridos.**

- 2. Exemplo de híbridos: mulas.

- Uma mula é o indivíduo fêmea resultante do cruzamento de um asno *Equus asinus* macho com uma égua *E. caballus*. A fêmea resultante é chamada de mula e o macho de muar. Ambos são estéreis, sendo o caso do macho em situação absoluta. Porque?

- Também são possíveis indivíduos filiais resultantes do cruzamento de asnos fêmeas com cavalos, chamados de **bardotos** que também podem ser machos e fêmeas.

- Cavalos e asnos são espécies diferentes de equídeos, portanto, o seu cruzamento produz híbridos. Os cavalos tem 64 cromossomos e os asnos 62, sendo que os híbridos possuem 63 cromossomos.



Bardoto



Mula

- **6. Barreiras ao hibridismo entre espécies.**

- As barreiras geográficas mencionadas na especiação alopátrica, não conduzem necessariamente à barreira reprodutiva, como no caso dos plátanos europeu e americano. São contudo consideradas espécies verdadeiras.



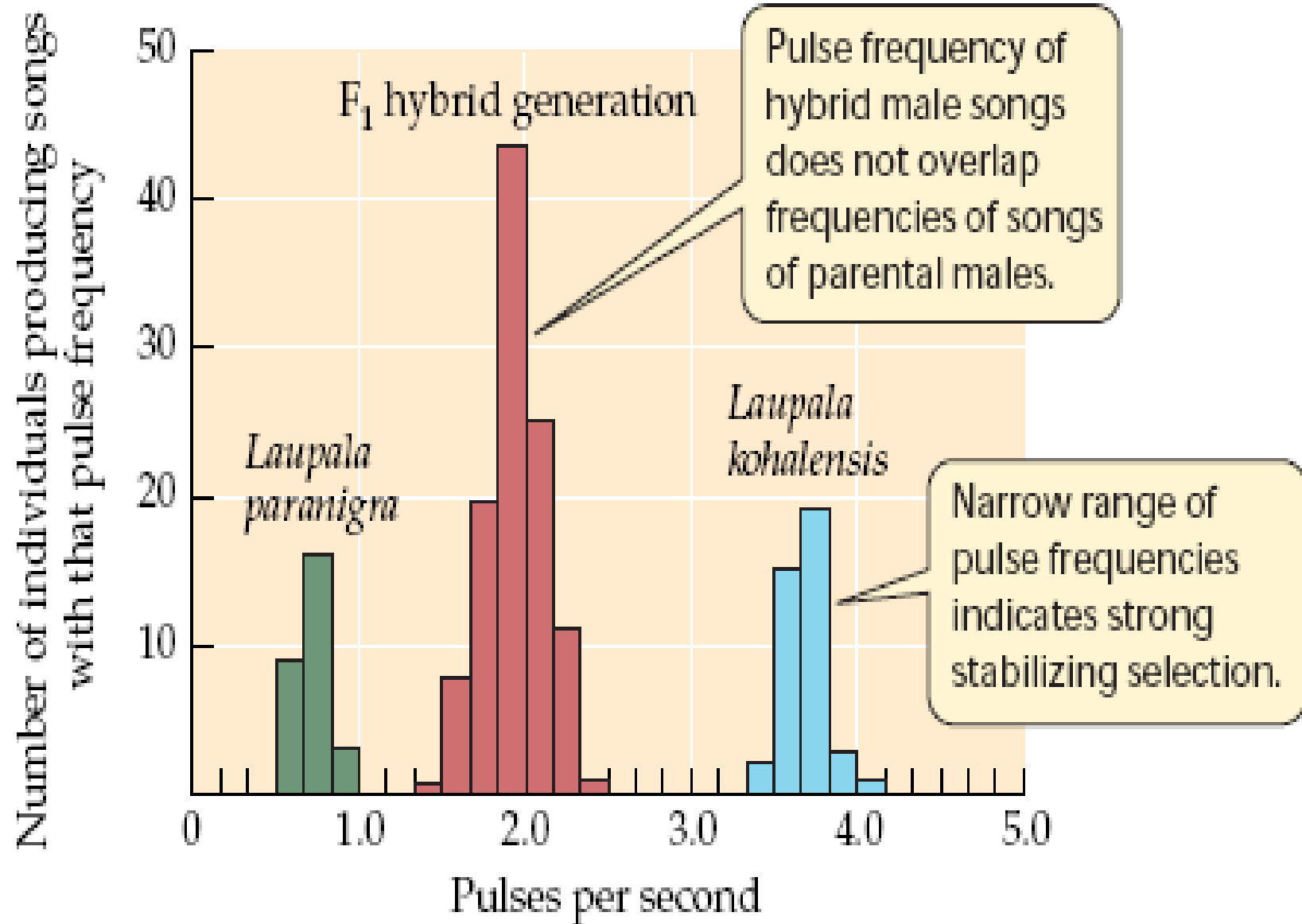
(a) *Platanus occidentalis* (American sycamore)



(b) *Platanus hispanica* (European sycamore)

• 7. Barreiras pré-zigóticas.

- As barreiras pré-zigóticas, operam antes da fertilização:
- **A. Isolamento espacial:** as espécies não se encontram (discutir o caso dos cães e lobos, lobos e coiotes).
- **B. Isolamento temporal:** os indivíduos têm períodos reprodutivos diferentes.
- **C. Isolamento mecânico:** as diferenças dos órgãos sexuais são impeditivas;
- **D. Isolamento gamético:** Os espermatozóides de uma espécie não aderem-se aos óvulos da outra.
- **E. Isolamento comportamental:** Ocorre rejeição ou não reconhecimento para cópula, como no exemplo dos grilos *Laupala paranga* e *L. kohalensis*.



24.10 Songs of Male Crickets are Genetically Determined
 Hybrid males produce songs with intermediate pulse frequencies.

• 8. Barreiras pós-zigóticas.

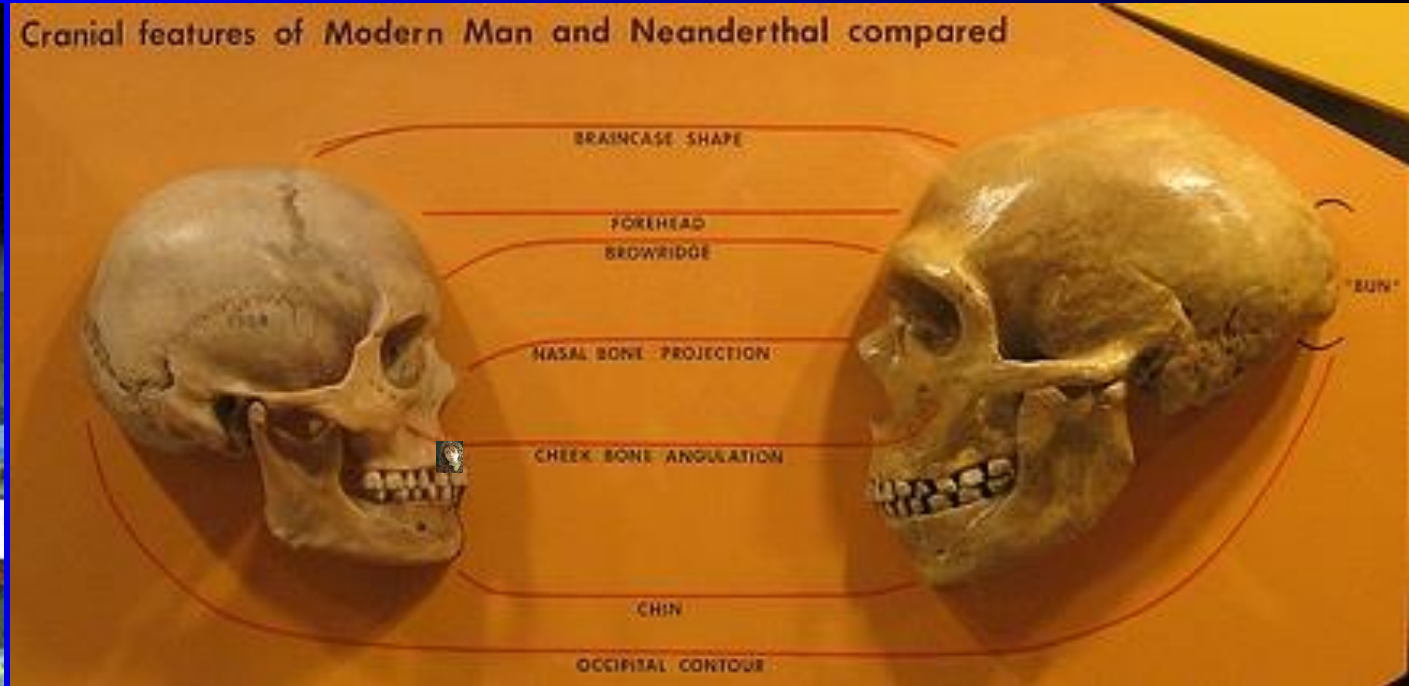
• As barreiras pós-zigóticas, operam após a fertilização e previnem a seleção estabilizadora sobre a população de híbridos:

• **A. Anormalidade zigótica:** o zigoto não desenvolve-se corretamente, ocorrendo morte prematura ou adultos inviáveis para cópula.

• **B. Infertilidade:** os híbridos são inférteis o suficiente para que a população de híbridos não se estabeleça. Geralmente os machos são totalmente estéreis como no caso do muar, ou bardoto. Debater.

• **C. Baixa viabilidade do híbrido.** A sobrevivência da população híbrida é menor do que a das espécies parentais, não permitindo o estabelecimento da população. Pode ocorrer o reforço de barreiras pré-zigóticas neste caso.

- 9. Barreiras pós-zigóticas: debate sobre caso humano.
- *Homo neanderthalensis* e *H. sapiens*: possíveis híbridos?



• 10. Zonas híbridas.

- Caso duas espécies de fato hibridizem e os resultantes sejam férteis, pode ocorrer uma zona híbrida, onde os indivíduos das espécies distintas encontram-se e cruzam. Os híbridos sofrem pressão seletiva e mantêm-se restritos e o pouco contato entre os indivíduos previne a evolução dos fatores de reforço.

- **11. Variação nas taxas de especiação.**

- As taxas de especiação variam grandemente nos vários grupos ou taxa de organismos. Isto deve-se a fatores diversos como:

- **A. Riqueza de espécies:** quanto mais espécies relacionadas, maior a possibilidade de novas especiações.

- **B. Taxa de dispersão:** indivíduos com dispersão restrita são menos propensos a estabelecer novas populações através das barreiras geográficas. Por outro lado, barreiras estreitas podem ser efetivas para separar populações sedentárias.

-

- **11. Variação nas taxas de especiação.**
- **C. Especialização ecológica:** populações que mantêm polimorfismos e distribuem-se de forma fragmentada, podem divergir e especiar-se mais facilmente do que aquelas que distribuem-se em contínuos. É o que se estabelece no mar.
- **D. Gargalos de garrafa populacionais.:** em função da alteração dos pools genéticos e efeito da deriva genética.
- **E. Especializações no tipo de polinização.**
- **F. Efeito da seleção sexual.**
- **G. Mudanças ambientais bruscas.**

• **12. Radiações evolutivas.**

-
- O registro fóssil indica que em algumas épocas, as taxas de especiação em alguns grupos foi maior do que a da extinção.
- Resulta num grande número de espécies relacionadas, de descendência monofilética.
- Isto é chamado de radiação evolutiva.
- Um fator que impulsiona a radiação evolutiva é a colonização de novos ambientes onde ocorria um pequeno número de espécies, após um fenômeno de extinção em massa, ou num novo local.

• **13. Extinção.**

-
- Extinção é o desaparecimento de uma espécie. Não é um evento raro, ocorrendo junto com a especiação.
- Taxas de extinção também variam, podendo aumentar nos eventos chamados de extinção em massa.
- Um exemplo é o evento de extinção em massa do Cretáceo-Terciário, quando os dinossauros não em evolução para aves desapareceram.
- Outro evento é o do Permiano-Triássico, quando 96% das espécies desapareceram.
- O evento do Holoceno já é associado à expansão humana.
-

• 13. Extinção.

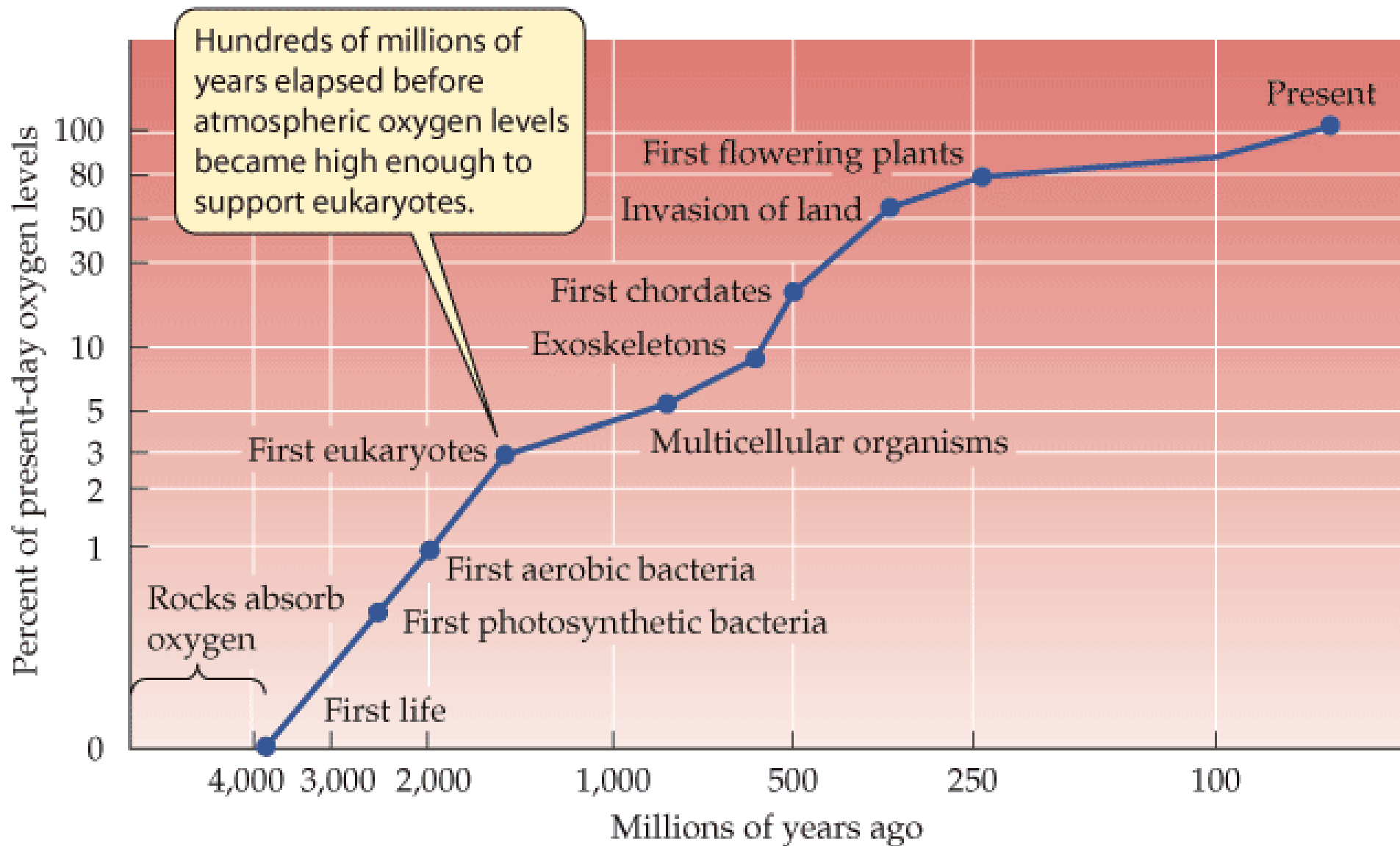
- Atualmente, as taxas de extinção são 100-1000 vezes superiores à média das taxas de extinção.
- Cerca de 30% das espécies atuais podem ser extintas até a metade do século 21.
- Quais espécies podem ser citadas como extintas desde o início da expansão da humanidade. Existe comprovação de alguma espécie recentemente extinta?
- O tipo de extinção contínuo resulta de mecanismos competitivos e influencia a especiação em função da seleção natural.
- As extinções em massa reduzem a biodiversidade e podem ocasionar aumento da taxa de especiação.

• . Anexos: 1. A história geológica da Terra.

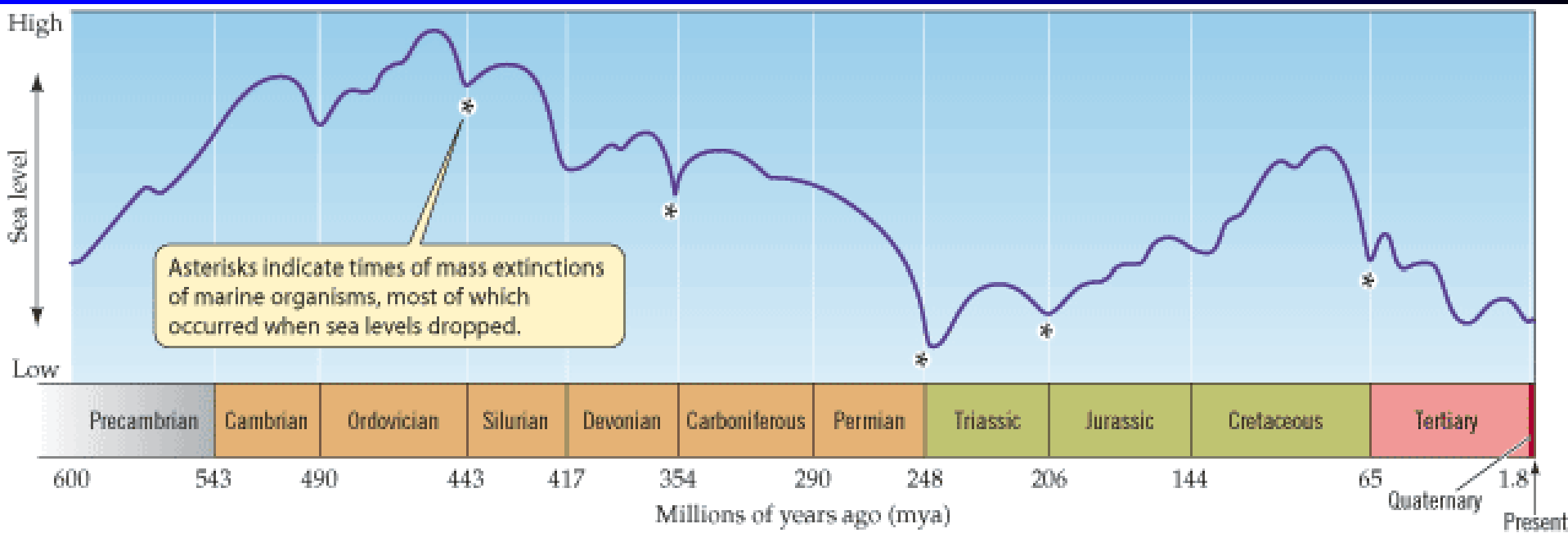
22.1 Earth's Geological History

RELATIVE TIME SPAN	ERA	PERIOD	ONSET	MAJOR PHYSICAL CHANGES ON EARTH	MAJOR EVENTS IN THE HISTORY OF LIFE
Precambrian	Cenozoic	Quaternary	1.8 mya ^a	Cold /dry climate; repeated glaciations	Humans evolve; many large mammals become extinct
		Tertiary	65 mya	Continents near current positions; climate cools	Diversification of birds, mammals, flowering plants, and insects
	Mesozoic	Cretaceous	144 mya	Northern continents attached; Gondwana begins to drift apart; meteorite strikes Yucatán Peninsula	Dinosaurs continue to diversify; flowering plants and mammals diversify. Mass Extinction at end of period (=76% of species disappear)
		Jurassic	206 mya	Two large continents form: Laurasia (north) and Gondwana (south); climate warm	Diverse dinosaurs; radiation of ray-finned fishes
		Triassic	248 mya	Pangaea slowly begins to drift apart; hot/humid climate	Early dinosaurs; first mammals; marine invertebrates diversify; first flowering plants; Mass Extinction at end of period (=65% of species disappear)
	Paleozoic	Permian	290 mya	Continents aggregate into Pangaea; large glaciers form; dry climates form in interior of Pangaea	Reptiles diversify; amphibians decline; Mass Extinction at end of period (=96% of species disappear)
		Carboniferous	354 mya	Climate cools; marked latitudinal climate gradients	Extensive "fern" forests; first reptiles; insects diversify
		Devonian	417 mya	Continents collide at end of period; asteroid probably collides with Earth	Fishes diversify; first insects and amphibians. Mass Extinction at end of period (=75% of species disappear)
		Silurian	443 mya	Sea levels rise; two large continents form; hot/humid climate	Jawless fishes diversify; first ray-finned fishes; plants and animals colonize land
		Ordovician	490 mya	Gondwana moves over South Pole; massive glaciation, sea level drops 50 m	Mass Extinction at end of period (=75% of species disappear)
Precambrian	Cambrian	543 mya	O ₂ levels approach current levels	Most animal phyla present; diverse algae	
		600 mya 1.5 bya ^a 3.8 bya 4.5 bya	O ₂ level at >5% of current level O ₂ level at >1% of current level O ₂ first appears in atmosphere	Ediacaran fauna Eukaryotes evolve; several animal phyla appear Origin of life; prokaryotes flourish	

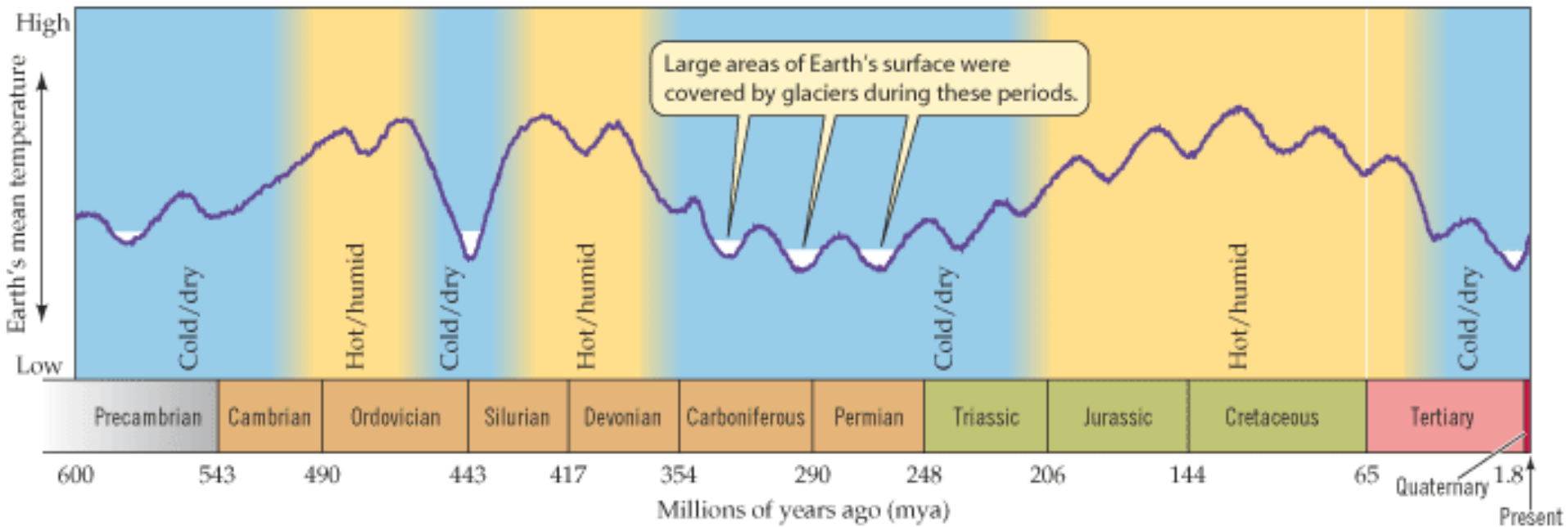
- . Anexos: 2. Vida e oxigênio.



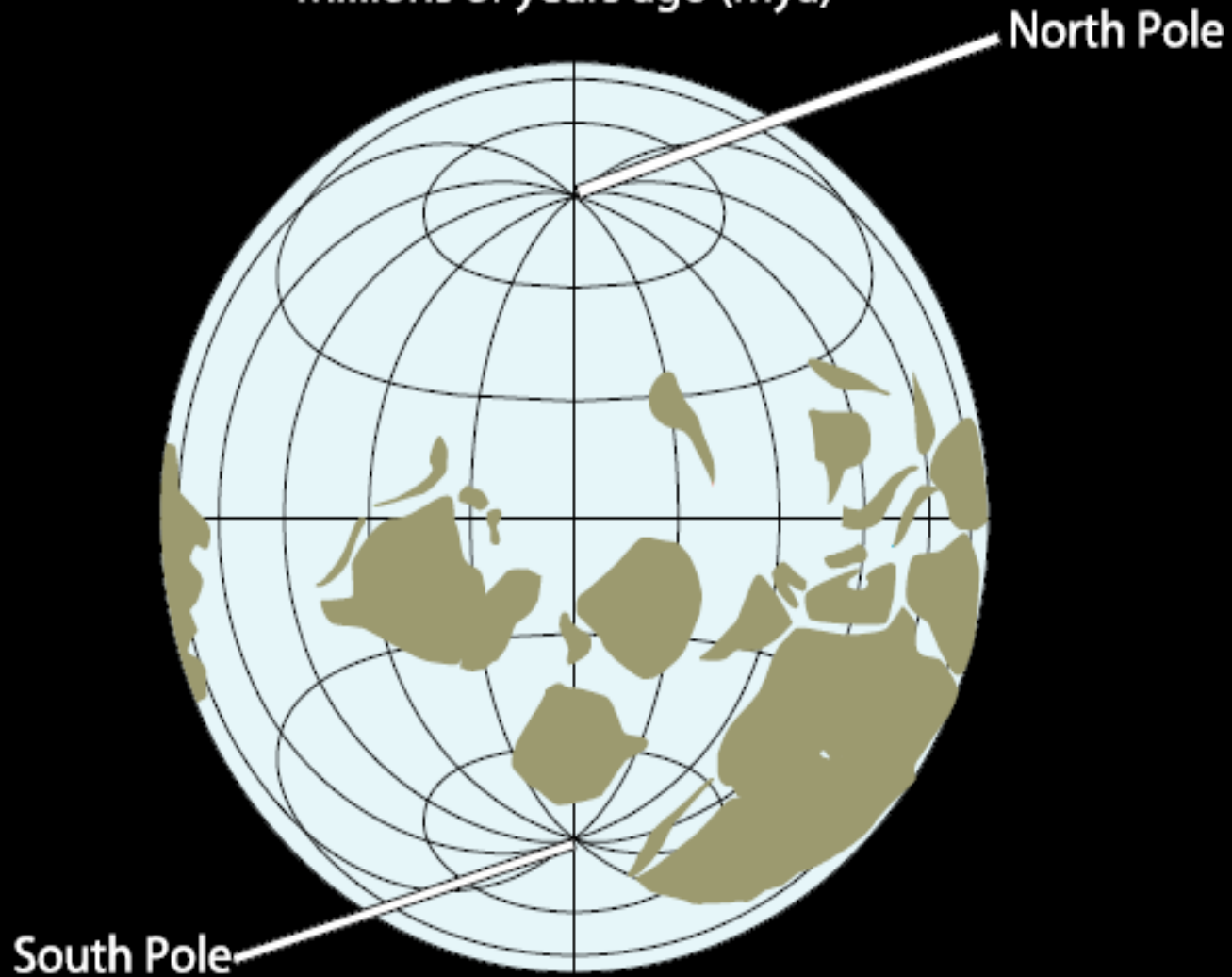
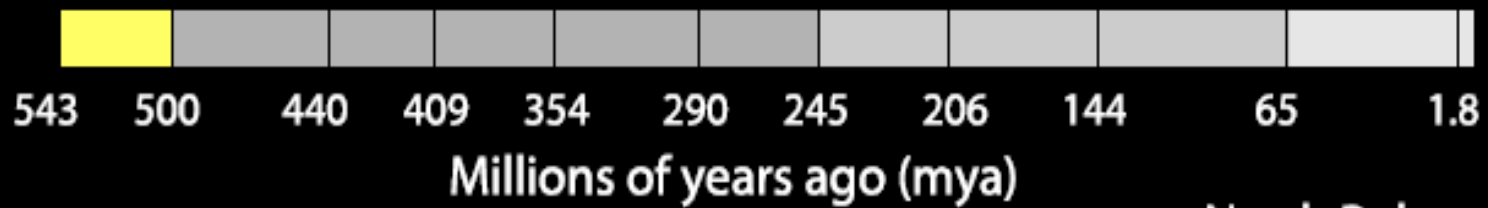
- . Anexos: 3. Extinções e o nível do mar.



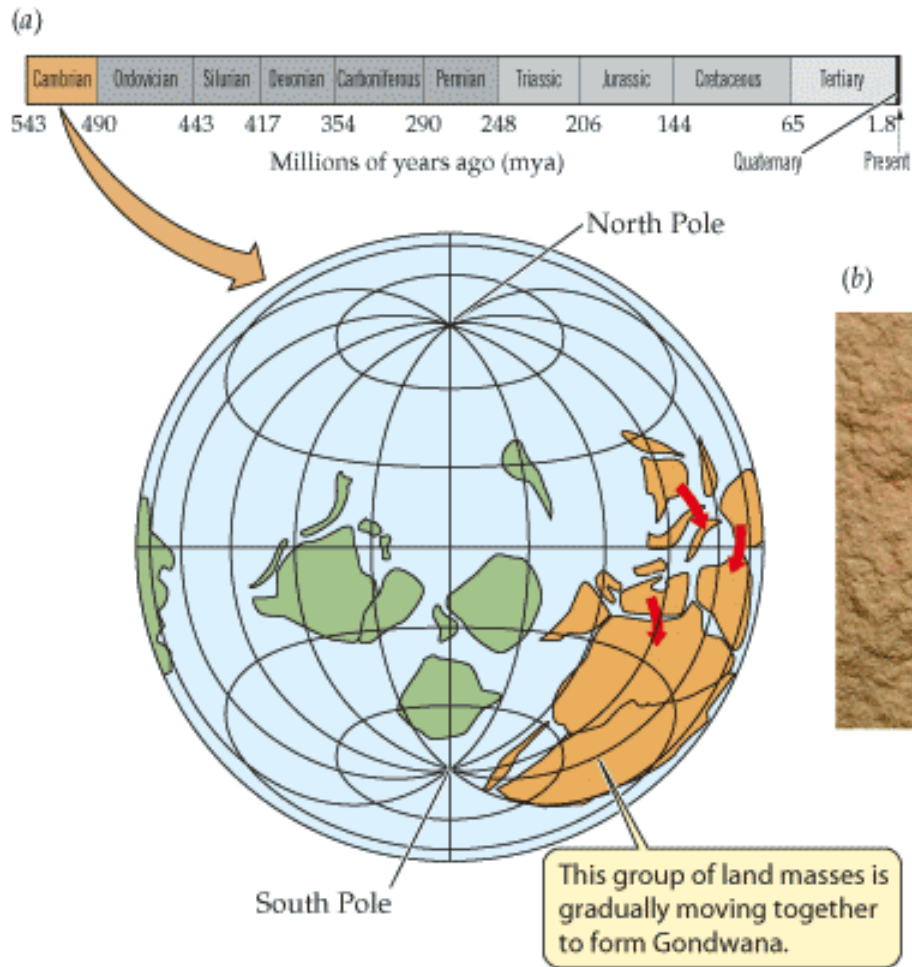
- . Anexos: 4. Grandes flutuações em temperatura.



- . Anexos: 5. A formação dos continentes (vídeo).



• Anexos: 6. Continentes e ecossistemas no Cambriano.

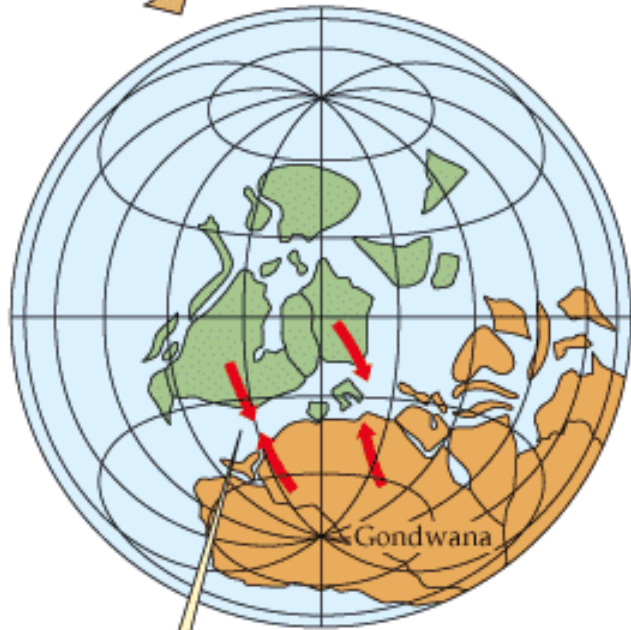
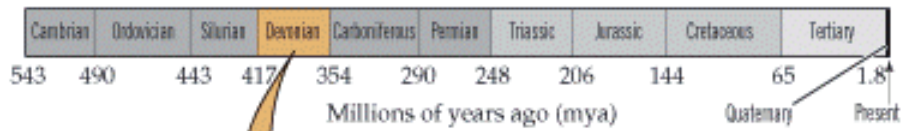


(b)



• Anexos: 7. Continentes e ecossistemas no Devoniano.

(a)

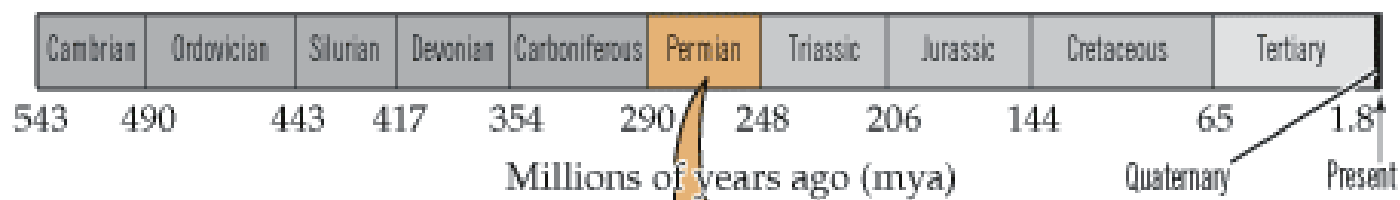


During the Devonian period, the northern and southern continents were approaching one another.

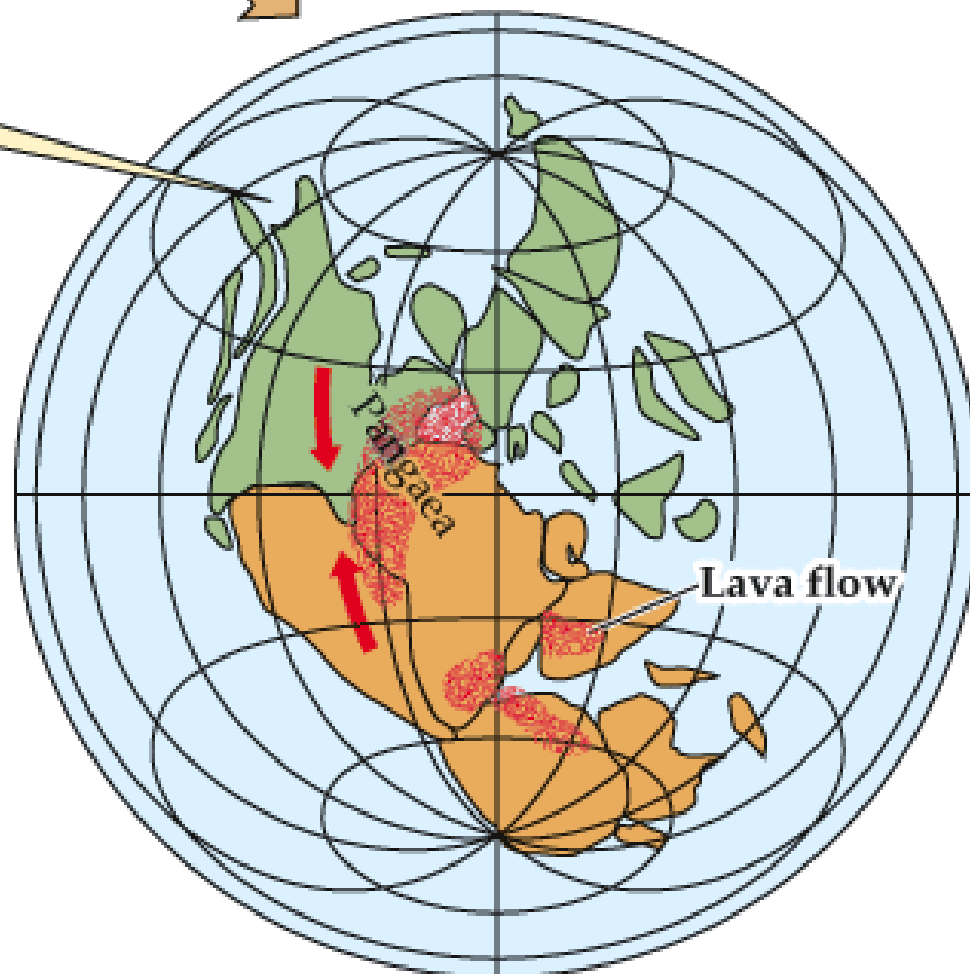
(b)



- .Anexos: 8. Continentes e ecossistemas no Permiano.



During the Permian period, the northern and southern continents merged into Pangaea.





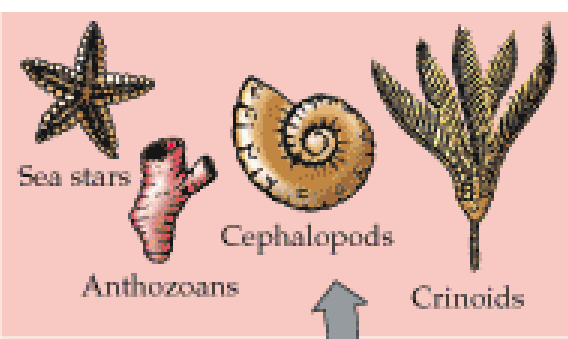
The "feather" pattern of its leaves indicates that *Archaeofructus* lived in water.

• . Anexos: 9. Descendência e diversidade ao longo das eras.

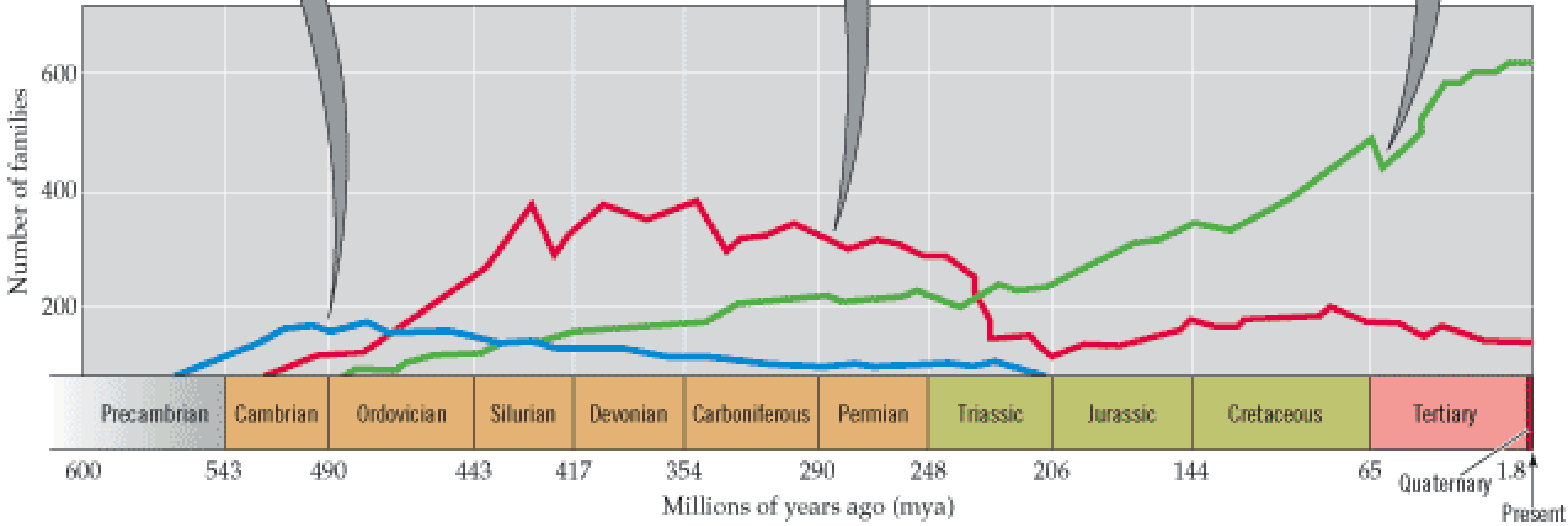
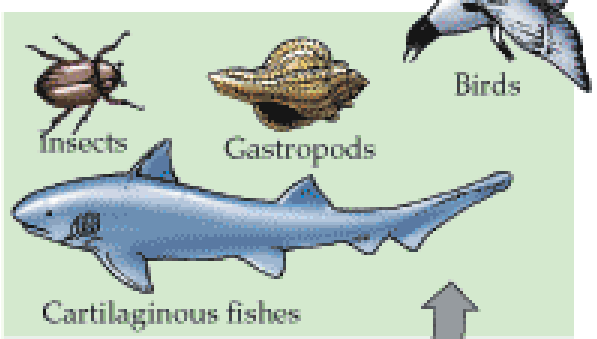
(a) Cambrian fauna



(b) Paleozoic fauna



(c) Modern fauna



- **14. Questões**
- **1. O que é especiação?**
- **2. Quais os tipos de especiação reconhecidos?**
- **3. O que são híbridos interpopulacionais?**
- **4. Quais as barreiras ao hibridismo?**