

# Especiações - Causas e Tipos

CIÊNCIAS DA NATUREZA

Competência(s):  
4 e 8

Habilidade(s):  
16 e 29

AULAS  
7 E 8

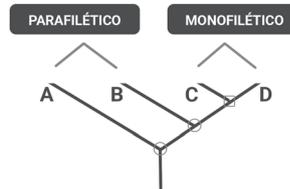
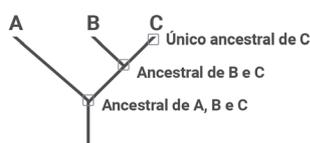
## VOCÊ DEVE SABER!

- A origem das espécies
- Fluxo gênico
- Isolamento reprodutivo
- Mecanismos pré-zigóticos e pós-zigóticos
- Tipos de especiação
- Especiação alopátrica, peripátrica, parapátrica e simpátrica
- Filogenia e cladograma
- A extinção das espécies
- Os processos naturais
- Os processos antrópicos
- Neutralismo e selecionismo
- Evolução humana e cultural
- Apontamentos sobre a origem do ser humano

## MAPEANDO O SABER



## CLADOGRAMA



# ANOTAÇÕES



## EXERCÍCIOS DE SALA

- (PUCRS MEDICINA 2022)** A afirmação “os seres humanos e os macacos possuem um ancestral comum” corrobora a ideia da especiação por
  - anagênese.
  - cladogênese.
  - partenogênese.
  - convergência evolutiva.
- (UNESP 2022)** Leia o trecho extraído do livro **O maior espetáculo da Terra**, do biólogo evolutivo e escritor britânico Richard Dawkins.

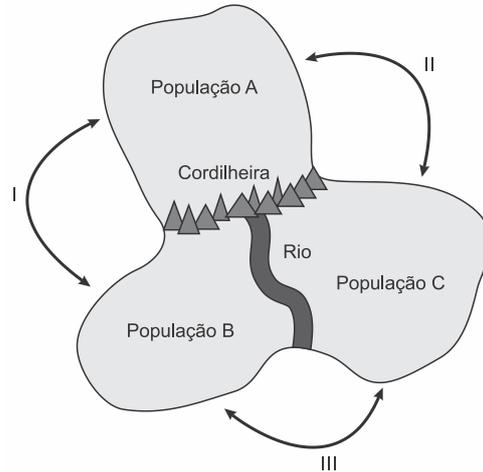
“... imaginemos que toda a terra firme fosse reunida em um imenso continente no meio de um mar sem outros acidentes geográficos. Não há ilhas perto da costa, nem lagos ou cordilheiras em terra: nada para quebrar a monótona, uniforme vastidão. Em um mundo assim, um animal pode ir facilmente de uma parte a qualquer outra, limitado apenas pela distância, jamais tolhido por barreiras inóspitas. Esse não é um mundo favorável à evolução. A vida na Terra seria uma tremenda chatice se não houvesse ilhas.”

(*O maior espetáculo da Terra*. 2009.)

A afirmação de que “esse não é um mundo favorável à evolução” baseia-se na premissa de que, em um mundo assim, onde animais de reprodução sexuada podem ir facilmente de uma parte a qualquer outra, pode ocorrer

- especiação alopátrica, mas não divergência adaptativa.
  - divergência adaptativa, mas não migração.
  - deriva genética, mas não seleção natural.
  - especiação simpátrica, mas não seleção natural.
  - seleção natural, mas não especiação alopátrica.
- (FGV 2021)** Na região ilustrada existem três populações, A, B e C, formadas por centenas de roedores. As populações estão isoladas, geograficamente, por uma cordilheira e um rio. Pesquisadores realizaram os cruzamentos I, II e III entre indivíduos dessas populações e analisaram a primeira geração de descendentes:

Cruzamento I: os descendentes eram inférteis;  
Cruzamento II: 25% dos descendentes morriam nos primeiros dias e os demais, quando adultos, eram férteis;  
Cruzamento III: os cruzamentos não geraram descendentes.



Os cruzamentos realizados pelos pesquisadores comprovam que as populações

- A e B estão se diferenciando por especiação.
  - A e C estão se diferenciando em subespécies.
  - B e C são subespécies originadas a partir da população A.
  - B e C são populações da mesma espécie em que há ocorrência de letalidade.
  - A e C são populações em que houve isolamento reprodutivo pré-zigótico.
- (UPF 2020)** De acordo com evidências científicas, novas espécies surgem normalmente por diversificação de uma espécie ancestral, por meio de dois diferentes processos: a especiação alopátrica e a especiação simpátrica. Sobre especiação, analise os seguintes eventos:
    - Acúmulo de diferenças genéticas entre as populações.
    - Estabelecimento de isolamento reprodutivo.
    - Surgimento de barreira geográfica.A sequência correta em que esses eventos ocorrem no processo de especiação alopátrica é:
    - III, I e II.
    - II, III e I.
    - I, II e III.
    - I, III e II.
    - III, II e I.
  - (PUCRS 2020)** Do cruzamento entre plantas de trigo de *Triticum turgidum* (28 cromossomos) e de *Triticum tauschii* (14 cromossomos) surgiu um indivíduo estéril de 21 cromossomos. Erros no processo meiótico deste híbrido permitiram o surgimento do *Triticum sativum* (42 cromossomos) em um evento que denominamos de especiação por poliploidia.

O evento descrito acima corresponde a um caso de especiação

- a) alopátrica.
- b) simpátrica.
- c) por evolução disruptiva.
- d) por isolamento reprodutivo

6. (UNICAMP 2018)



(Fonte: Google Maps. Acessado em 10/07/2017.)

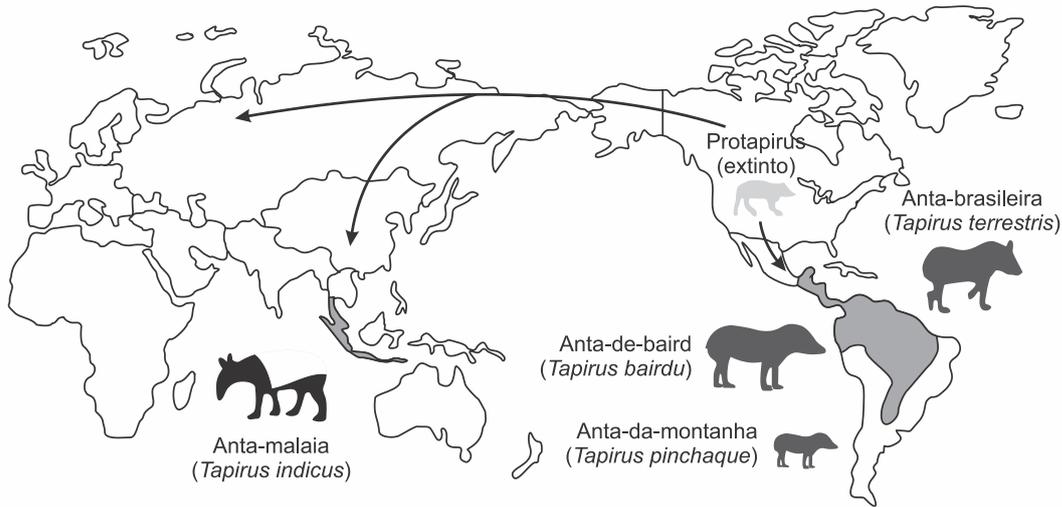
Um estudo mostrou que na localidade A são encontradas sete (7) espécies de camarões-pistola. Na localidade B são encontradas outras sete (7) espécies, sendo que cada espécie do local A tem uma espécie-irmã correspondente no local B (especies-irmãs são espécies originadas de um mesmo ancestral comum recente).

E correto afirmar que

- a) o canal do Panamá permitiu que camarões-pistola migrassem de A para B, adaptando-se ao novo ambiente, diferenciando-se e originando novas espécies semelhantes às do lado A.
- b) vulcões expeliram substâncias mutagenicas durante o Terciário, o que aumentou a variabilidade genética dos camarão-pistola, originando especies-irmas nas áreas oceânicas A e B.
- c) o istmo do Panamá interpôs uma barreira geográfica, formando dois grupos isolados para cada espécie ancestral, que puderam então se diferenciar, originando especies-irmãs nos oceanos A e B.
- d) o impacto de um asteroide no final do Cretáceo levou a uma extinção em massa, fornecendo as condições para a radiação adaptativa dos camarões-pistola, com conseqüente formação de espécies-irmãs.

# ESTUDO INDIVIDUALIZADO (E.I.)

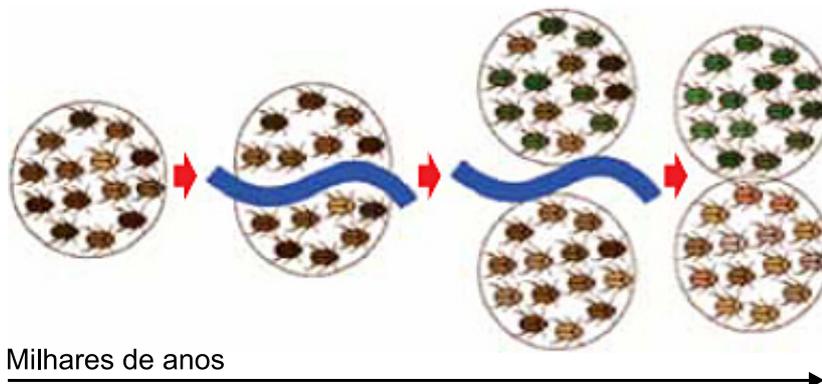
## 1. (UNESP 2021)



(Adriano Figueiró. *Biogeografia*, 2015.)

A distribuição do gênero *Tapirus* no tempo e no espaço indica que

- classes naturalmente modificadas exemplificam a pluralidade ecológica do determinismo geográfico.
  - famílias deslocadas terão suas existências comprometidas com os limites meridionais dos continentes.
  - espécies de um mesmo gênero podem surgir conforme as mudanças ambientais na escala do tempo geológico.
  - espécies em distribuição contínua registram fácil adaptação devido à ausência de barreiras geográficas.
  - famílias derivadas de um mesmo gênero demonstram a adaptação dos seres vivos às características locais.
2. (UECE 2020) Sabendo-se que existem diferentes formas de definir *espécie*, assinale a opção que apresenta corretamente seu conceito biológico.
- O menor grupo diagnóstico de indivíduos onde exista um padrão de ancestralidade e descendência.
  - Um grupo de organismos que são fenotipicamente similares e que parecem diferentes de outros grupos de organismos.
  - Uma linhagem ou conjunto de linhagens que ocupam uma zona adaptativa minimamente diferente de outras linhagens e que evolui separadamente de todas as outras linhagens.
  - Grupo de organismos atualmente ou potencialmente intercruzantes, reprodutivamente isolado de outros grupos.
3. (Uea 2021) O esquema ilustra uma população de insetos separada em duas novas populações por uma barreira geográfica. Com o passar de milhares de anos, as novas populações adquirem diferenças entre si.



Milhares de anos

(<https://evosite.ib.usp.br>. Adaptado.)

Uma vez que as duas novas populações ficaram impossibilitadas de realizarem cruzamentos e, conseqüentemente, impossibilitadas de gerarem descendentes férteis, pode-se afirmar que ocorreu o processo de

- hibridização.
- convergência evolutiva.
- deriva genética.
- formação de novas raças.
- especiação.

4. **(UFPR 2021)** O arquipélago de Galápagos é formado por dezenas de ilhas vulcânicas e rochedos. O ancestral comum dos tentilhões de Darwin chegou às Ilhas Galápagos há cerca de dois milhões de anos. Ao longo do tempo, esses tentilhões evoluíram para 15 espécies distintas, diferindo no tamanho do corpo, no formato do bico, no canto e no comportamento alimentar.

Com base no texto, é correto afirmar que os tentilhões de Darwin são um exemplo de:

- irradiação adaptativa, pois as 15 espécies atuais foram criadas por mutações que surgiram para garantir sua sobrevivência em diferentes ambientes.
- convergência evolutiva, pois as 15 espécies diferentes vivem em ambientes semelhantes e desenvolveram as mesmas adaptações como resultado da seleção natural.
- irradiação adaptativa, pois um grande aumento da taxa de mutações na espécie ancestral originou as 15 espécies atuais.
- convergência evolutiva, pois as 15 espécies atuais são descendentes de um ancestral comum e ocupam diferentes ambientes ou nichos.
- irradiação adaptativa, pois as novas espécies, que ocupam diferentes ambientes ou nichos, foram originadas a partir de um ancestral comum.

5. **(UECE 2020)** Estruturas homólogas são aquelas que

- possuem a mesma origem embrionária e podem desempenhar a mesma função como, por exemplo, os membros dianteiros de aves, baleia, ser humano e cavalo.
- possuem a mesma origem embrionária e desempenham função semelhante, como as asas de aves e insetos.
- possuem origem embrionária diferente e desempenham função semelhante, como os membros dianteiros de aves, baleia, ser humano e cavalo.
- possuem origem embrionária diferente, mas desempenham diferentes funções em espécies diferentes, como as asas de aves e insetos.

6. **(UFRGS 2019)** Assinale a alternativa que preenche corretamente as lacunas do enunciado abaixo, na ordem em que aparecem.

No processo de especiação \_\_\_\_\_, a separação geográfica entre populações de uma espécie ancestral é o primeiro passo para formação de duas novas espécies. Já no processo de especiação \_\_\_\_\_, ocorre o surgimento de duas novas espécies em uma mesma localização geográfica, decorrente de rearranjos cromossômicos ou mutações, diferenciando conjuntos gênicos dentro de uma mesma população.

- simpátrica – por migração
- alopátrica – simpátrica
- por deriva genética – alopátrica
- por gradualismo – por migração
- por inviabilidade do híbrido – por gradualismo

7. **(ENEM PPL 2019)** A principal explicação para a grande variedade de espécies na Amazônia é a teoria do refúgio. Nos últimos 100.000 anos, o planeta sofreu vários períodos de glaciação, em que as florestas enfrentaram fases de seca. Dessa forma, as matas expandiram-se e depois reduziram-se. Nos períodos de seca prolongados, cada núcleo de floresta ficava isolado do outro. Então, os grupos de animais dessas áreas isoladas passaram por processos de diferenciação genética, muitas vezes se transformando em espécies ou subespécies diferentes das originais e das que ficaram em outros refúgios.

Disponível em: <http://ambientes.ambientebrasil.com.br>. Acesso em: 22 abr. 2015.

O principal processo evolutivo relacionado ao texto é a

- anagênese.
- coevolução.
- evolução alopátrica.
- evolução simpátrica.
- convergência adaptativa.

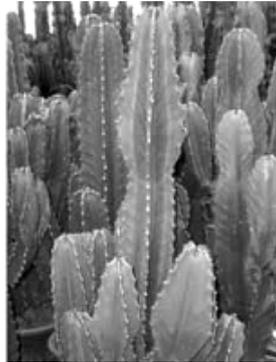
8. **(UECE 2019)** A especiação é a denominação para um conjunto de processos que dão origem a novas espécies. A especiação geralmente envolve o desenvolvimento de barreiras de isolamento reprodutivo que podem ser pré-zigóticas ou pós-zigóticas. São tipos de mecanismos de isolamento reprodutivos pós-zigóticos:

- isolamento sazonal, isolamento etológico e isolamento mecânico.
- isolamento sazonal, inviabilidade do embrião e fertilidade reduzida do híbrido.
- mortalidade zigótica, inviabilidade do embrião e esterilidade do híbrido.
- mortalidade zigótica, inviabilidade do embrião e incompatibilidade anatômica.

9. (UERJ SIMULADO 2018) As suculentas *Cereus jamacaru* e *Euphorbia ingens* muitas vezes são confundidas entre si por apresentarem características morfológicas semelhantes, como a ausência de folhas e a presença de caule fotossintético, conforme ilustram as imagens.



*Cereus jamacaru*  
(Cactaceae)

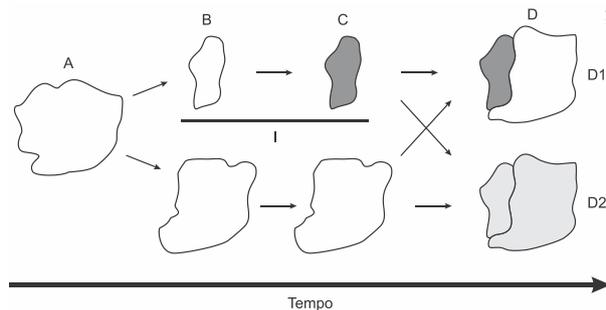


*Euphorbia ingens*  
(Euphorbiaceae)

Essa semelhança morfológica é uma consequência do seguinte processo:

- deriva genética
  - seleção artificial
  - irradiação evolutiva
  - convergência adaptativa
10. (FGV 2018) Especiação é o processo evolutivo que, no decorrer de milhares de anos, resulta na formação de novas espécies biológicas. O processo de especiação simpátrica é diferente do processo de especiação alopatrica, pois
- o primeiro depende da introdução ou migração de novos indivíduos para a população original.
  - o segundo ocorre por meio de rápidas mutações genéticas seletivas em apenas alguns indivíduos da população original.
  - o primeiro ocorre por meio da ação da deriva genética característica da redução significativa na população original.
  - o segundo depende da separação e isolamento, por meio de uma barreira geográfica, dos indivíduos da população original.
  - o primeiro ocorre posteriormente ao isolamento reprodutivo em função da baixa diversidade genética da população original.
11. (UECE 2020) Quando alguns membros de uma população iniciam uma nova população, pode ocorrer um tipo de deriva genética denominada de
- efeito gargalo de garrafa.
  - efeito fundador.
  - seleção natural.
  - mutação.

12. (ENEM 2020) Uma população (momento A) sofre isolamento em duas subpopulações (momento B) por um fator de isolamento (I). Passado um tempo, essas subpopulações apresentam características fenotípicas e genotípicas que as distinguem (momento C), representadas na figura pelas tonalidades de cor. O posterior desaparecimento do fator de isolamento I pode levar, no momento D, às situações D1 e D2.



A representação indica que, no momento D, na situação

- D1 ocorre um novo fator de isolamento geográfico.
  - D1 existe uma única população distribuída em gradiente.
  - D1 ocorrem duas populações separadas por isolamento reprodutivo.
  - D2 coexistem duas populações com características fenotípicas distintas.
  - D2 foram preservadas as mesmas características fenotípicas da população original A.
13. (ACAFE 2019) Por que só o *Homo sapiens* sobreviveu?

*Apesar de o Homo sapiens, espécie à qual pertencemos, ser o último grupo de hominídeos restante no planeta, a Terra já abrigou outros membros do gênero Homo. Por que é, então, que apenas nós sobrevivemos? Uma nova pesquisa, realizada pela Universidade de Michigan, dos EUA, e pelo Instituto Max Planck pela Ciência da História Humana, da Alemanha, levantou uma hipótese inédita: a nossa permanência se deve à aptidão do homem atual para se adaptar a ambientes extremos.*

Fonte: Veja, 07/08/2018.

Disponível em: <https://veja.abril.com.br>

Acerca das informações contidas no texto e dos conhecimentos relacionados ao tema, todas as alternativas estão corretas exceto a:

- A especiação diz respeito ao processo evolutivo que envolve o surgimento de novas espécies e ocorre somente após o completo isolamento geográfico.

- b) Quando duas subpopulações apresentam diferenças genéticas que se expressam de alguma forma fazendo com que haja incapacidade, total ou parcial, de que ocorra o acasalamento entre elas, há a especiação.
- c) O processo de especiação frequentemente está dividido em: alopátrica, simpátrica, peripátrica e parapátrica. Na especiação alopátrica uma população é dividida em subpopulações isoladas por uma barreira geográfica como, por exemplo, deserto, rio ou montanha.
- d) As adaptações são resultados da atuação do processo de seleção natural sobre variações genéticas aleatórias e herdáveis. Desse modo, a seleção natural age favorecendo os fenótipos que apresentem maior valor adaptativo.

TEXTO PARA A PRÓXIMA QUESTÃO:

### Física para poetas

O ensino da física sempre foi um grande desafio. Nos últimos anos, muitos esforços foram feitos com o objetivo de ensiná-la desde as séries iniciais do ensino fundamental, no contexto do ensino de ciências. Porém, como disciplina regular, a física aparece no ensino médio, quando se torna “um terror” para muitos estudantes.

<sup>1</sup>Várias pesquisas vêm tentando identificar quais são as principais dificuldades do ensino de física e das ciências em geral. Em particular, a queixa que sempre se detecta é que <sup>2</sup>os estudantes não conseguem compreender a linguagem matemática na qual, muitas vezes, os conceitos físicos são expressos. Outro ponto importante é que as questões que envolvem a física são apresentadas fora de uma contextualização do cotidiano das pessoas, o que dificulta seu aprendizado. Por fim, existe uma enorme carência de professores formados em física para ministrar as aulas da disciplina.

As pessoas que vão para o ensino superior e que não são da área de ciências exatas praticamente nunca mais têm contato com a física, da mesma maneira que os estudantes de física, engenharia e química poucas vezes voltam a ter contato com a literatura, a história e a sociologia. É triste notar que <sup>3</sup>a especialização na formação dos indivíduos costuma deixá-los distantes de partes importantes da nossa cultura, da qual as ciências físicas e as humanidades fazem parte.

Mas vamos pensar em soluções. Há alguns anos, ofereço um curso chamado “Física para poetas”. A ideia não é original – ao contrário, é muito utilizada em diversos países e aqui mesmo no Brasil. Seu objetivo é apresentar a física sem o uso da linguagem matemática e tentar mostrá-la próxima

ao cotidiano das pessoas. Procuro destacar a beleza dessa ciência, associando-a, por exemplo, à poesia e à música.

Alguns dos temas que trabalho em “Física para poetas” são inspirados nos artigos que publico. Por exemplo, <sup>5</sup>“A busca pela compreensão cósmica” é uma das aulas, na qual apresento a evolução dos modelos que temos do universo. Começando pelas visões místicas e mitológicas e chegando até as modernas teorias cosmológicas, falo sobre a busca por responder a questões sobre a origem do universo e, conseqüentemente, a nossa origem, para compreendermos o nosso lugar no mundo e na história.

Na aula “Memórias de um carbono”, faço uma narrativa de um átomo de carbono contando sua história, em primeira pessoa, desde seu nascimento, em uma distante estrela que morreu há bilhões de anos, até o momento em que sai pelo nariz de uma pessoa respirando. Temas como astronomia, biologia, evolução e química surgem ao longo dessa aula, bem como as músicas “Átimo de pó” e “Estrela”, de Gilberto Gil, além da poesia “Psicologia de um vencido”, de Augusto dos Anjos.

Em “O tempo em nossas vidas”, apresento esse fascinante conceito que, na verdade, vai muito além da física: está presente em áreas como a filosofia, a biologia e a psicologia. Algumas músicas de Chico Buarque e Caetano Veloso, além de poesias de Vinicius de Moraes e Carlos Drummond de Andrade, ajudaram nessa abordagem. Não faltou também “Tempo Rei”, de Gil.

A arte é uma forma importante do conhecimento humano. Se músicas e poesias inspiram as mentes e os corações, podemos mostrar que a ciência, em particular a física, também é algo inspirador e belo, capaz de criar certa poesia e encantar não somente aos físicos, mas a todos os poetas da natureza.

ADILSON DE OLIVEIRA

Adaptado de cienciahoje.org.br, 08/08/2016.

14. (UERJ 2019) No processo de evolução biológica, ao longo das gerações, ocorrem alterações nas moléculas que contêm carbono. A imagem abaixo ilustra duas espécies de peixes, separadas pelo Istmo do Panamá. Ambas surgiram a partir de uma única população, existente no local antes da elevação geológica da América Central.



Adaptado de dragonflyissuesinevolution13.wikia.com.

O processo evolutivo que deu origem a essas duas espécies é denominado:

- a) anagênese
- b) ortogênese
- c) cladogênese
- d) morfogênese

15. (PUCRJ 2018) A especiação alopátrica acontece quando duas populações de uma espécie são separadas por uma barreira geográfica. Essa barreira geográfica, que pode ser uma montanha, um deserto ou rio, por exemplo, causa uma separação espacial (alopatria). Diferentes eventos podem resultar em especiação alopátrica.

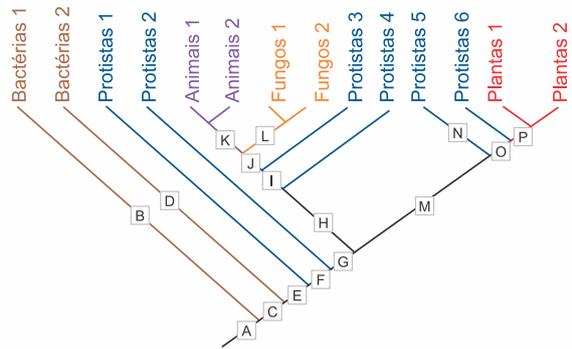
A esse respeito, considere as afirmativas abaixo.

- I. A especiação alopátrica ocorre quando a população separada é pequena e a deriva genética tem mais força.
- II. A especiação alopátrica ocorre quando a população isolada é exposta a pressões de seleção semelhantes àquelas da população ancestral.
- III. A especiação alopátrica ocorre quando processos de mutações diferentes começam a apresentar diferenças na frequência alélica das populações separadas.
- IV. A especiação alopátrica ocorre quando o fluxo gênico entre as duas populações é mantido.

Está correto **SOMENTE** o que se afirma em:

- a) I e II
- b) I e III
- c) I e IV
- d) II e III
- e) III e IV

16. (FUVEST 2022) A figura mostra um cladograma simplificado das hipóteses filogenéticas já propostas para a evolução da vida na Terra. Ele inclui dois grupos de bactérias, seis de protistas, dois de animais, dois de fungos e dois de plantas, e seus pontos A a P indicam o surgimento de características específicas durante a evolução.



Com base no cladograma apresentado, responda:

- a) Cite uma característica que aparece no ponto E da hipótese filogenética.
- b) Na tabela a seguir, classifique os grupos “bactérias”, “protistas”, “animais”, “fungos” e “plantas” como monofiléticos ou não monofiléticos.

	Monofilético	Não monofilético
Bactérias	( )	( )
Protistas	( )	( )
Animais	( )	( )
Fungos	( )	( )
Plantas	( )	( )

- c) Indique dois pontos (de A a P) da hipótese filogenética em que há o aparecimento da condição multicelular. Cite uma característica de qualquer grupo que só foi possível devido à evolução da multicelularidade.

Note e adote:

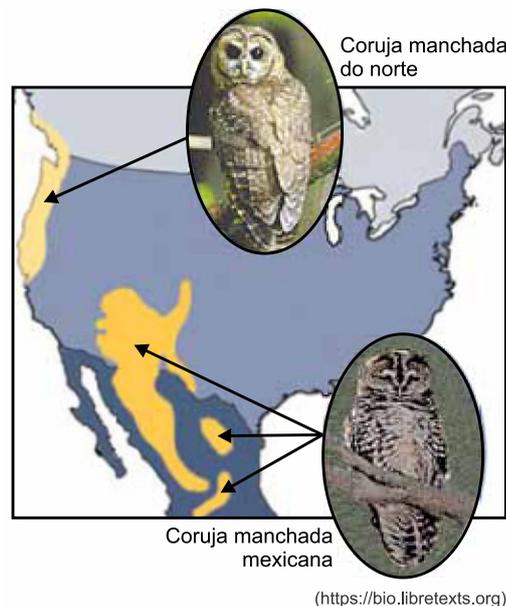
Grupos monofiléticos, algumas vezes referidos como grupos naturais, são aqueles em que todas as suas linhagens têm uma única origem evolutiva exclusiva, isto é, essa origem não é compartilhada com linhagens de outros grupos.

17. (UFJF-PISM 3 2021) A grande biodiversidade encontrada no planeta Terra é resultante de processos evolutivos de milhares de anos. Atualmente, teorias sobre especiação são testadas através da análise de características fósseis, genomas e populações naturais de plantas, animais e microrganismos. No entanto, compreender em tempo real todos esses aspectos é ainda desafiador para a ciência.

Com base em seus conhecimentos sobre como ocorre a especiação responda ao que se pede:

- Cite o nome e descreva as duas formas de surgimento de novas espécies a partir de uma única população.
- Um dos fatores que contribuem para o surgimento de novas espécies é o isolamento reprodutivo entre indivíduos de uma população. Cite e descreva com exemplos os dois principais tipos de isolamento reprodutivo em relação ao momento da cópula/fertilização.

18. (FCMSCSP 2021) Na América do Norte existem duas subespécies de corujas manchadas, a coruja manchada do norte (*Strix occidentalis caurina*) e a coruja manchada mexicana (*Strix occidentalis lucida*), que vivem em áreas geográficas diferentes. A imagem ilustra os locais onde essas duas subespécies são encontradas.



- Com base somente nas informações apresentadas no texto e na figura, qual tipo de especiação originou essas duas subespécies de corujas? O que caracteriza esse tipo de especiação?
- Em um experimento, pesquisadores deixaram uma fêmea de coruja manchada do norte e um macho de coruja manchada mexicana no mesmo recinto. Então verificaram que o isolamento etológico não ocorria e que havia postura de ovos fecundados, porém sem o desenvolvimento de embriões. O que é o isolamento etológico? Cite o mecanismo de isolamento reprodutivo pós-zigótico que ocorreu nesses ovos.

19. (UFJF-PISM 3 2020) A figura representa um processo pelo qual novas espécies podem surgir. Nela, espécies distintas estão representadas por cores diferentes.



Fonte: <http://evolution.berkeley.edu/evolibrary/search/imagelibrary.php>.  
Figura modificada.

- Descreva o processo de especiação representado na figura.
- Cite dois mecanismos genéticos que levaram a diferenciação das duas espécies, indicando qual é adaptativo e qual é não adaptativo.

20. (UNESP 2019) O *Pezosiren portelli* foi um mamífero quadrúpede terrestre, ancestral das espécies de peixe-boi atuais, que viveu há 50 milhões de anos. Há 23 milhões de anos, havia na Amazônia um braço de mar, o Lago Pebas, habitado por peixes-boi de água salgada. Há 8 milhões de anos, este braço de mar fechou-se e confinou os animais em um ambiente de água doce. Ao longo da evolução, estes animais originaram o atual peixe-boi-da-amazônia.



(<http://revistaepoca.globo.com>. Adaptado.)

- a) Comparando-se os esqueletos do *P. portelli* e do peixe-boi-da-amazônia, há semelhança na organização anatômica dos membros anteriores. Como são classificados estes órgãos quanto à origem embrionária? Por que esta comparação evidencia a divergência evolutiva entre o *P. portelli* e as espécies de peixe-boi atuais?
- b) Justifique como o fechamento do braço de mar e o novo ambiente de água doce levaram à formação da espécie de peixe-boi na bacia do Rio Amazonas.

## GABARITO:

1. C      2. D      3. E      4. E      5. A  
 6. B      7. C      8. C      9. D      10. D  
 11. B      12. C      13. A      14. C      15. B

16.

- a) Uma das características evolutivas que podem ter surgido no ponto E é o aparecimento da célula eucariótica com o desenvolvimento de um sistema de endomembranas.
- b) Teremos:

	Monofilético	Não monofilético
Bactérias	( )	( x )
Protistas	( )	( x )
Animais	( x )	( )
Fungos	( x )	( )
Plantas	( x )	( )

- c) Pontos K e P. O aparecimento da multicelularidade permitiu o desenvolvimento de tecidos, órgãos e sistemas nos animais (em sua grande maioria) e plantas.

17.

- a) Duas formas de surgimento de novas espécies a partir de uma única população podem ser: 1) Especiação alopátrica, em que novas espécies se formam como resultado da separação geográfica entre populações de uma espécie ancestral; uma vez isoladas as populações, os cruzamentos entre seus membros deixam de ocorrer e mutações que aconteçam em uma delas não serão compartilhadas com a outra; além disso, a seleção natural pode atuar diferentemente sobre os indivíduos de cada população, levando cada uma delas a se adaptar de acordo com seu contexto ambiental particular, levando à diversificação progressiva entre os conjuntos gênicos das populações isoladas e ao isolamento reprodutivo; 2) Especiação simpátrica, em que duas espécies podem surgir sem que haja qualquer isolamento geográfico entre as populações e uma das explicações para essa especiação é a seleção disruptiva, que favorece indivíduos com fenótipos extremos para uma característica, o que pode levar à diferenciação de conjuntos gênicos dentro da mesma população, causando o isolamento reprodutivo.

- b) Os dois principais tipos de isolamento reprodutivo podem ser: 1) Isolamento pré-zigótico, que impede a fecundação; exemplos: isolamento de hábitat: organismos aparentados que não se reproduzem pelo fato de viverem em habitats diferentes, como leões e tigres, que podem se reproduzir em cativeiro, produzindo descendentes, mas não na natureza, porque os leões vivem nas savanas e os tigres nas florestas; ou isolamento sazonal: organismos aparentados que habitam uma mesma região, mas não se reproduzem porque seus períodos de reprodução ocorrem em momentos diferentes, como rãs que vivem na mesma lagoa, mas se reproduzem em épocas diferentes; 2) Isolamento pós-zigótico, que ocorre após a fecundação; exemplos: inviabilidade do híbrido, em que os membros de duas espécies copulam e o zigoto se forma, mas o embrião morre prematuramente; ou esterilidade do híbrido, em que membros de duas espécies copulam, o zigoto se forma e nasce, mas é estéril e não pode se reproduzir, como ocorre com a reprodução entre égua e jumento, que gera mula ou burro, híbridos estéreis.

18.

- a) O processo de especiação que originou as duas subespécies de corujas foi a alopátrica, em que novas espécies se formam como resultado da separação geográfica entre populações de uma espécie ancestral. Uma vez isoladas as populações, os cruzamentos entre seus membros deixam de ocorrer e mutações que aconteçam em uma delas não serão compartilhadas com a outra e à medida que o tempo passa, a tendência é a diversificação progressiva entre os conjuntos gênicos das populações isoladas.
- b) O isolamento etológico ocorre quando membros de duas espécies animais não se cruzam porque seus comportamentos de corte são diferentes e incompatíveis. O isolamento reprodutivo pós-zigótico que ocorreu foi a inviabilidade do híbrido, que acontece quando duas espécies copulam e o zigoto se forma, mas o embrião morre prematuramente.

19.

- a) Uma barreira física promove o isolamento geográfico, impedindo o fluxo gênico entre as populações e levando ao acúmulo de diferenças genéticas ao longo do tempo.
- b) Seleção natural - adaptativo - Indivíduos de uma população exibem variações em suas características herdáveis e os mais adaptados ao ambiente tendem a passar seus alelos à geração seguinte.

Derivação gênica - não adaptativo - Eventos aleatórios que podem causar flutuações nas frequências alélicas de uma geração para outra, especialmente em populações pequenas.

20.

- a) Os órgãos que apresentam a mesma origem embrionária são denominados homólogos. A divergência estrutural verificada entre o ancestral e a espécie atual é o resultado da seleção natural diferencial que ocorreu durante a história evolutiva das espécies.
- b) O fechamento do braço de mar provocou o isolamento geográfico de populações de peixe-boi de água salgada. A formação da bacia amazônica determinou a seleção natural das variedades de peixe-boi capazes de sobreviver e se reproduzir na água doce.