

## Mecanismos de Especiação

Denomina-se especiação o processo de formação de nova(s) espécie(s) ocorrido a partir de uma espécie ancestral. Envolve a ocorrência de diferentes eventos, como mutações e seleção natural. Pode ser feita com ou sem a ocorrência de isolamento geográfico. Assim, distinguimos dois tipos de especiação: alopátrica (*allo*, diferente; *patris*, lugar de origem) ou simpátrica (*sym*, com).

### ESPECIAÇÃO ALOPÁTRICA

Nesse tipo de especiação, também conhecido por especiação geográfica ou ainda cladogênese, as novas espécies se formam quando uma população é dividida (separada) em dois ou mais grupos por uma barreira geográfica, ou seja, quando entre os diferentes grupos se estabelece um isolamento geográfico.

Acredita-se que essa seja a forma predominante de especiação para a maioria dos grupos de organismos. Para que haja esse tipo de especiação, alguns eventos precisam ocorrer em etapas sequenciais. São eles: isolamento geográfico, diversificação gênica e isolamento reprodutivo.

O isolamento geográfico é a separação física de indivíduos de uma população em subpopulações. As barreiras geográficas que isolam ou separam as subpopulações podem ser, por exemplo, um rio que corta uma planície, um vale que separa dois planaltos, uma cadeia de montanhas, um braço de mar que separa ilhas e continentes, etc.

A diversificação gênica é a progressiva diferenciação do conjunto gênico das subpopulações isoladas. Ela é causada por dois fatores: mutações, que introduzem genes diferentes em cada uma das subpopulações isoladas, e seleção natural, que, atuando em ambientes distintos, pode preservar conjuntos de genes em uma das subpopulações e eliminar conjuntos similares de outra.

O isolamento reprodutivo resulta da incapacidade, total ou parcial, de membros de duas subpopulações se cruzarem, produzindo descendência fértil. Em geral, depois de um longo período de isolamento geográfico, as subpopulações isoladas se diferenciam tanto que perdem a capacidade de se cruzar e / ou gerar descendentes férteis, tornando-se, assim, reprodutivamente isoladas. A partir do momento que se estabelece, entre duas subpopulações, o isolamento reprodutivo, elas são consideradas espécies distintas.

Existem diferentes tipos de mecanismos de isolamento reprodutivo, que podem ser mecanismos pré-copulatórios (pré-zigóticos) e mecanismos pós-copulatórios (pós-zigóticos).

### Mecanismos pré-copulatórios

São aqueles que impedem de alguma forma a realização da cópula entre os indivíduos e, conseqüentemente, não há a formação do zigoto. Isso pode ocorrer devido ao:

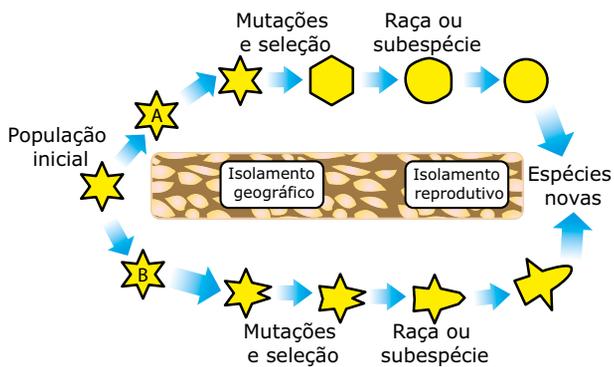
- **Isolamento estacional, sazonal ou temporal** – Os membros de duas espécies não se cruzam porque seus períodos de reprodução não coincidem. Por exemplo, duas espécies de aves que habitam uma mesma região podem não se cruzar por terem períodos de reprodução em diferentes épocas do ano.
- **Isolamento de habitat, ecológico ou espacial** – Os membros de duas espécies não se cruzam naturalmente pelo fato de viverem em *habitats* diferentes.
- **Isolamento etológico ou comportamental** – Os membros de duas espécies não se cruzam porque seus comportamentos de corte, antes do acasalamento, são diferentes e incompatíveis. Nesse grupo, estão incluídos mecanismos de isolamento baseado na produção e recepção de estímulos que levam machos e fêmeas à cópula. Esses estímulos são específicos para cada espécie. Como exemplo, tem-se os sinais luminosos emitidos por vaga-lumes machos que, de espécie para espécie, variam em frequência, duração da emissão e cor (desde branco, azulado, esverdeado, amarelo, laranja, até vermelho). Outro exemplo é o canto das aves: as fêmeas são atraídas para o território dos machos de sua espécie em função do canto, que é específico.
- **Isolamento mecânico** – Os membros de duas espécies não se cruzam por incompatibilidade entre seus órgãos reprodutores. Isso pode acontecer tanto em animais, em que a diferença de tamanho ou forma dos órgãos genitais impede a cópula, como em plantas, em que o tubo polínico não consegue germinar no estigma de uma flor de outra espécie.

## Mecanismos pós-copulatórios

Os mecanismos pós-copulatórios podem ser classificados em pré-zigóticos e pós-zigóticos. Os pré-zigóticos são aqueles em que ocorre a transferência de espermatozoides, mas o ovócito não é fertilizado. Um exemplo é a mortalidade gamética, na qual os gametas masculinos morrem no interior do aparelho reprodutivo da fêmea, impossibilitando a fecundação. Já os pós-zigóticos são aqueles que atuam depois de o zigoto ter se formado. Isso pode ocorrer devido à:

- **Inviabilidade do híbrido** – Os membros de duas espécies podem copular, e o zigoto se forma, mas morre prematuramente devido à incompatibilidade entre os genes dos dois gametas que participaram de sua formação (mortalidade zigótica).
- **Esterilidade do híbrido** – O híbrido entre duas espécies se forma, sendo muitas vezes até mais vigoroso que os membros das espécies parentais, mas é estéril. A esterilidade ocorre porque as gônadas (glândulas sexuais) se desenvolvem anormalmente ou porque a meiose é anormal.
- **Deterioração da geração  $F_2$**  – A primeira geração de híbridos entre duas espécies ( $F_1$ ) é normal e fértil, mas seus filhos, a geração  $F_2$ , são indivíduos estéreis. Isso se deve à recombinação gênica incompatível, que ocorre na formação dos gametas que originam a geração  $F_2$ .

O esquema a seguir mostra as diferentes etapas para a ocorrência de especiação, quando uma população é separada por uma barreira geográfica:



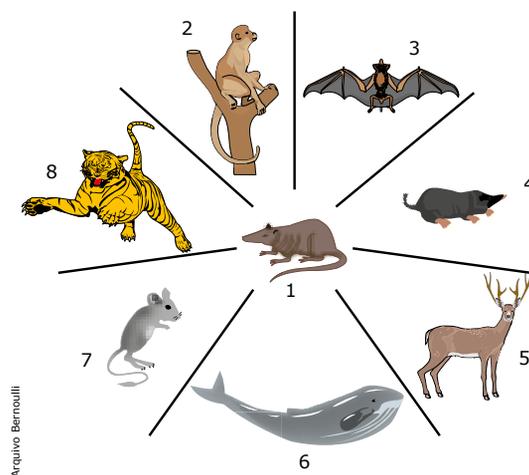
### Especiação geográfica.

Imaginemos uma população estabelecida em um determinado ambiente. Suponhamos, agora, que grupos de indivíduos dessa mesma espécie sejam separados em duas populações por alguma barreira física, como uma massa de água (rios, mares), cordilheira, vales, etc. O **isolamento geográfico** pode ocorrer, por exemplo, quando um grupo migra para outras regiões em busca de melhores condições de vida, ou quando sementes de plantas são transportadas para longe da população original pelo vento ou por animais.

Permanecem, então, duas populações, A e B, ainda pertencentes a uma mesma espécie, porém instaladas em áreas diferentes. Nessa situação, tais populações podem sofrer, ao longo dos anos, **mutações** diferenciais, e a **seleção natural** se processará de maneira a ajustar cada uma das populações às condições existentes em cada ambiente.

Assim, a ação conjunta das mutações e da seleção natural diferencial vai selecionando, em cada grupo, genes favoráveis ou adaptativos de acordo com o meio em que se encontram. Isso significa que o *pool* gênico, isto é, o conjunto de genes original, vai se alterando de maneira a estabelecer certas diferenças genéticas entre os indivíduos das populações A e B. A acentuação dessas diferenças leva à formação de raças ou subespécies. Nesse estágio, entretanto, se indivíduos da subespécie A entrarem em contato com indivíduos da subespécie B, ainda serão capazes de se cruzarem e originar descendentes férteis, o que significa que a subespécie A e a subespécie B continuam sendo integrantes de uma mesma espécie. Se, entretanto, o isolamento geográfico persistir, as diferenças genéticas irão se acentuar cada vez mais até se estabelecer uma incompatibilidade reprodutiva (**isolamento reprodutivo**) entre as duas populações. Nesse caso, A e B não serão mais capazes de se cruzarem entre si, originando descendentes férteis, e, assim, passam a constituir espécies distintas.

Fala-se em irradiação adaptativa quando diferentes espécies, adaptadas a condições ambientais diferentes, tiveram a origem a partir de uma população ancestral comum por processos de especiação geográfica.



**Irradiação adaptativa** – Em milhões de anos de evolução, a partir de mamíferos primitivos (1), surgiram, por irradiação adaptativa, diferentes tipos de mamíferos: (2) arborícolas (macacos), (3) voadores (morcegos), (4) cavadores de buracos (toupeiras), (5) herbívoros corredores (veados), (6) aquáticos (baleia), (7) resistentes ao clima do deserto (rato-canguru), (8) carnívoros ferozes (tigre) e muitos outros tipos.

Ao contrário da irradiação adaptativa, pela qual os seres vivos se tornam cada vez mais diferentes entre si, originando novas espécies, observamos que, na convergência evolutiva ou adaptação convergente, seres de espécies totalmente diferentes podem evoluir no sentido da aquisição de adaptações semelhantes para a vida num mesmo meio. Assim, acabam surgindo espécies diferentes com caracteres comuns, às vezes, com acentuadas semelhanças. Veja o exemplo a seguir:

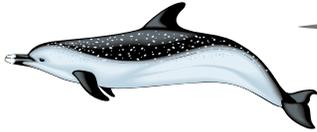
Tubarão (peixe)



Ictiossauro (réptil)



Golfinho (mamífero)



*Adaptação convergente* – As mesmas mutações que ocorreram nos ancestrais do tubarão (peixe), do ictiossauro (réptil já extinto) e do golfinho (mamífero), tornando-os mais adaptados ao habitat aquático, como o corpo fusiforme e o aparecimento de nadadeiras, fizeram com que tais animais de grupos tão diferentes assumissem entre si a enorme semelhança física, que se pode ver pela figura. Esse fenômeno é a convergência evolutiva.



J00G

**Especiação alopátrica**

Esse vídeo trata sobre a especiação alopátrica e os eventos que a compõem. Tente identificar cronologicamente a ocorrência de cada um deles. Utilize o objeto para descobrir mais sobre esse processo evolutivo. Tenha uma ótima atividade!

## EFEITO FUNDADOR E ESPÉCIES EM ANEL

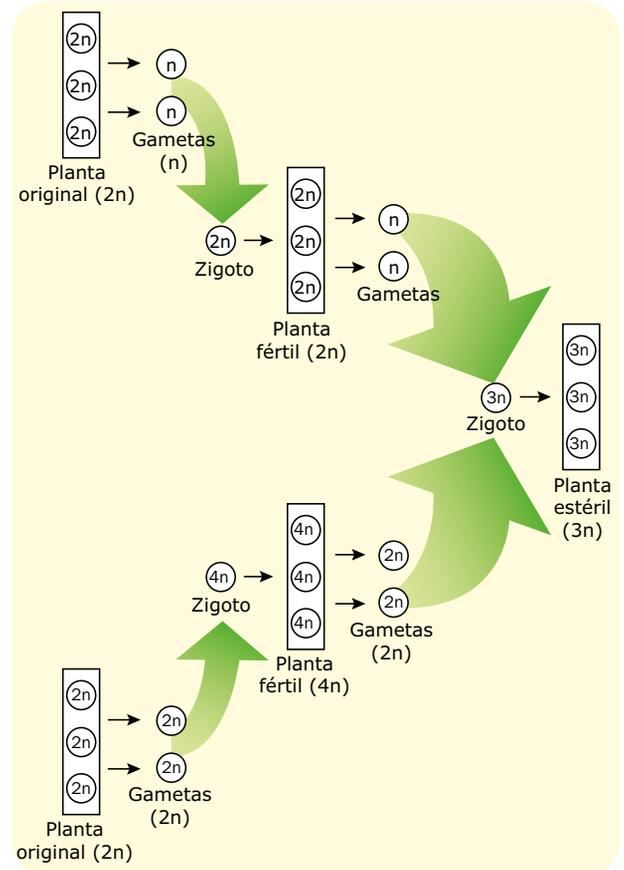
Quando o assunto é formação de novas espécies, diferentes fenômenos podem estar envolvidos. Dois deles, o efeito fundador e espécies em anel, são considerados por alguns pesquisadores como importantes na história da evolução dos seres vivos.

O **Efeito Fundador** ocorre quando poucos representantes de uma população formam uma nova, carregando consigo uma pequena parte das variações genéticas presentes na população ancestral. Isso pode acontecer devido a migrações ou a algum evento de alteração no ambiente com forte pressão de seleção, resultando na sobrevivência de alguns poucos indivíduos. Os sobreviventes, então, iniciam a colonização de novos locais, como se fossem verdadeiros “fundadores”. Um exemplo é o que pode ter acontecido com as colonizações de ilhas afastadas dos continentes, onde apenas alguns espécimes conseguiram chegar e “fundar” uma população.

Já o **Espécies em anel** está vinculado a espécies que possuem vasta distribuição geográfica em um padrão circular. O que ocorre é que populações dessas espécies passam, no decorrer do tempo, a apresentar variações ao longo desse círculo, de modo que aquelas vizinhas variam pouco e conseguem se cruzar, mas as que estão localizadas nos extremos da distribuição passam a ser isoladas reprodutivamente. Os dois exemplos mais marcantes desse fenômeno são o do pássaro *Phylloscopus trochiloides* e o da salamandra *Ensatina escholtzii*.

## ESPECIAÇÃO SIMPÁTRICA

Esse tipo de especiação, também conhecido por anagênese, não exige isolamento geográfico. Um bom exemplo dessa especiação ocorre em plantas pela formação de indivíduos poliploides (poliploidia) conforme mostra o esquema a seguir.



*Poliploidia.*

A poliploidia pode ocorrer quando, acidentalmente, em uma planta normal diploide (2n), em vez de se formar gametas haploides (n), produzem-se gametas diploides (2n). A união de dois gametas diploides (2n) resulta na formação de um indivíduo tetraploide (4n). Essa planta tetraploide, por sua vez, produz gametas diploides (2n). Se um gameta diploide (2n) fecundar um gameta haploide (n) de uma planta normal, o resultado será a formação de uma planta triploide (3n) estéril, ou seja, uma planta que não produz gametas. Por outro lado, se, na fecundação, houver a união de dois gametas diploides (2n), a planta tetraploide (4n) resultante será fértil, ou seja, produzirá gametas diploides (2n). Veja que entre a planta tetraploide (4n) e a planta original diploide (2n) é estabelecido um isolamento reprodutivo e, dessa forma, constituem duas espécies distintas. A poliploidia pode criar novas espécies muito mais facilmente em plantas do que entre os animais, porque as plantas de várias espécies podem se reproduzir por autofecundação.

# EXERCÍCIOS DE APRENDIZAGEM



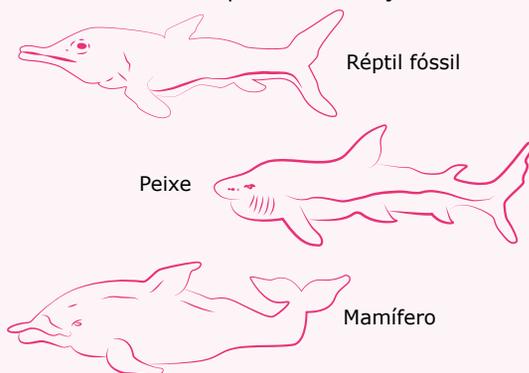
**01.** (Cesgranrio) O diagrama a seguir mostra diferentes mamíferos, cujos membros se modificam para um tipo especial de locomoção.



Esse diagrama ilustra um caso de

- A) evolução convergente.
- B) irradiação adaptativa.
- C) evolução paralela.
- D) analogia estrutural.
- E) convergência adaptativa.

**02.** (OSEC-SP) Os três vertebrados marinhos a seguir, embora distanciados evolutivamente, assemelham-se muito quanto à forma geral de seus corpos, devido ao fato de terem sido submetidos a pressões de seleção semelhantes.



Estamos exemplificando um caso de

- A) convergência adaptativa.
- B) irradiação adaptativa.
- C) barreira ecológica.
- D) oscilação genética.
- E) recombinação genética.

**03.**  
2P2N



(Vunesp) Três populações de insetos, X, Y e Z, habitantes de uma mesma região e pertencentes a uma mesma espécie, foram isoladas geograficamente. Após vários anos, com o desaparecimento da barreira geográfica, verificou-se que o cruzamento dos indivíduos da população X com os da população Y produzia híbridos estéreis. O cruzamento dos indivíduos da população X com os da população Z produzia descendentes férteis, e o dos indivíduos da população Y com os da população Z não produzia descendentes.

A análise desses resultados permite concluir que

- A) X, Y e Z continuaram pertencendo à mesma espécie.
- B) X, Y e Z formaram três espécies diferentes.
- C) X e Z tornaram-se espécies diferentes, e Y continuou a pertencer à mesma espécie.
- D) X e Z continuaram a pertencer à mesma espécie, e Y tornou-se uma espécie diferente.
- E) X e Y continuaram a pertencer à mesma espécie, e Z tornou-se uma espécie diferente.

**04.**  
91DG



(UFC-CE) A evolução biológica é o processo por meio do qual ocorrem as transformações nos seres vivos e é entendida como o conjunto de mudanças cumulativas que ocorrem ao longo do tempo em uma população, relacionando-se com a forma de adaptação ao ambiente.

1. Seleção natural
  2. Convergência adaptativa
  3. Irradiação adaptativa
  4. Especiação
  5. Homologia
- ( ) Formação de novas espécies, que normalmente se inicia com a separação da espécie em duas ou mais populações por uma barreira física de difícil transposição.
  - ( ) O ambiente atua sobre a diversidade intraespecífica e elimina os indivíduos menos adaptados, selecionando os mais adaptados que sobrevivem e se reproduzem.
  - ( ) Semelhança quanto à estrutura entre órgãos de espécies diferentes que têm um ancestral comum, apresentando esses órgãos ainda a mesma origem embrionária.
  - ( ) Um grupo ancestral pode dispersar-se por vários ambientes, como florestas e campos, originando novas espécies que ocupam diferentes *habitats* ou nichos ecológicos.
  - ( ) Descendentes de ancestrais diferentes que ocupam o mesmo *habitat*, submetendo-se aos mesmos fatores de seleção natural e que, com o tempo, tiveram selecionados aspectos adaptativos semelhantes.

Assinale a alternativa que contém a sequência correta.

- A) 4, 3, 2, 5, 1
- B) 2, 4, 5, 1, 3
- C) 4, 1, 5, 3, 2
- D) 2, 5, 1, 3, 4
- E) 1, 4, 3, 2, 5

**05.**  
ZKRC



(UFMS) Na sequência mostrada a seguir, estão relacionados determinados eventos referentes ao processo de especiação biológica.

- I. População original.
- II. Surgimento de barreira geográfica.
- III. Populações que já podem ser consideradas raças distintas.
- IV. Populações que já podem ser consideradas espécies distintas.
- V. Acúmulo de diferenças genéticas entre populações.
- VI. Estabelecimento de isolamento reprodutivo.

Indique a sequência correta que ocorreu na formação de duas espécies novas a partir da população ancestral.

- A) I, V, VI, II, III, IV
- B) I, VI, V, II, III, IV
- C) I, II, V, III, VI, IV
- D) I, II, IV, III, VI, V
- E) I, VI, V, IV, II, III

## EXERCÍCIOS PROPOSTOS



- 01.** (PUC Minas–2018) O fluxo gênico é um processo natural na transferência de alelos entre populações e na formação de novas espécies. Algumas barreiras impedem ou dificultam esse fluxo gênico.

São barreiras pré-zigóticas que impedem o acasalamento, exceto

- A) isolamento temporal.
- B) isolamento comportamental.
- C) isolamento gamético.
- D) viabilidade reduzida.

- 02.** (UNIVAG) Uma população de insetos foi separada em dois grupos por uma barreira ecológica, de tal forma que não houve mais troca de genes entre esses dois grupos por alguns anos. Após esse período, observou-se que um dos grupos apresentou uma pigmentação mais clara que o outro. Quando foram colocados novamente no mesmo ambiente, ocorreu fluxo gênico entre os indivíduos dos dois grupos. Isso permite concluir que

- A) são animais de espécies diferentes.
- B) ocorreram as mesmas pressões seletivas nos dois ambientes.
- C) houve um isolamento reprodutivo entre eles.
- D) não houve alterações fenotípicas entre eles.
- E) são animais da mesma espécie.

- 03.** (Vunesp) O tubarão, peixe cartilaginoso, e o golfinho, mamífero cetáceo, filogeneticamente distintos, apresentam grande similaridade quanto à forma hidrodinâmica e aos apêndices locomotores. O mecanismo evolutivo que explica tal similaridade é

- A) convergência adaptativa.
- B) analogia estrutural.
- C) irradiação adaptativa.
- D) homologia evolutiva.
- E) evolução paralela.

- 04.** (UFPB) Desde o surgimento da Terra e ao longo de sua evolução, o número de espécies tem variado, e hoje se estima que esse número pode variar entre 10 e 100 milhões. Para o surgimento de duas novas espécies através de uma especiação dicopátrica, é necessário que ocorram algumas etapas, obedecendo à sequência:

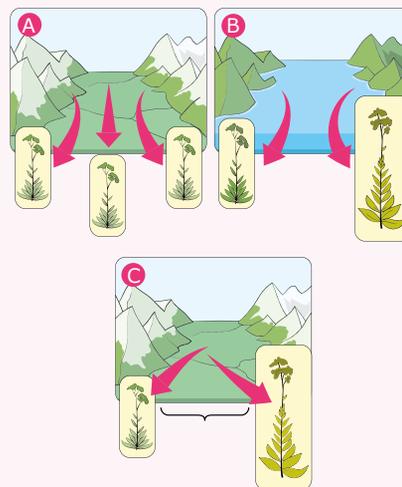


- A) Acúmulo de diferenças genéticas entre as populações – Isolamento reprodutivo – Aparecimento de barreiras geográficas.
- B) Isolamento reprodutivo – Aparecimento de barreiras geográficas – Acúmulo de diferenças genéticas entre as populações.
- C) Isolamento reprodutivo – Acúmulo de diferenças genéticas entre as populações – Aparecimento de barreiras geográficas.
- D) Aparecimento de barreiras geográficas – Acúmulo de diferenças genéticas entre as populações – Isolamento reprodutivo.
- E) Aparecimento de barreiras geográficas – Isolamento reprodutivo – Acúmulo de diferenças genéticas entre as populações.

**05.**  
VT81



- (Unicamp-SP) As figuras a seguir mostram o isolamento, por um longo período de tempo, de duas populações de uma mesma espécie de planta em consequência do aumento do nível do mar por derretimento de uma geleira.



PURVES, W. K. et al. *Vida, a ciência da Biologia*. Porto Alegre: Artmed, 2005. p. 416 (Adaptação).

- A) Qual é o tipo de especiação representado nas figuras? Explique.
- B) Se o nível do mar voltar a baixar e as duas populações mostradas em B recolonizarem a área de sobreposição (figura C), como poderia ser evidenciado que realmente houve especiação? Explique.

**06.**  
4MP5



- (Unisa-SP) Cladogênese é o processo que resulta na formação de duas espécies ao longo do tempo, a partir de uma ancestral, podendo ser ilustrado nas duas formas indicadas nas figuras 1 e 2.

Figura 1 – Simpátrica

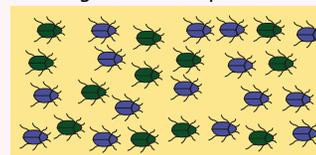
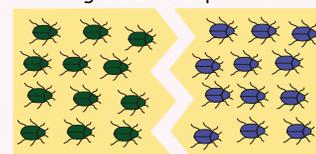


Figura 2 – Alopátrica



Disponível em: <[www.ib.usp.br](http://www.ib.usp.br)>.

Para que se afirme que ocorreu a especiação, de acordo com a definição de espécie, é condição necessária que as populações

- A) estejam reprodutivamente isoladas, tanto em 1 como em 2.
- B) sejam morfológicamente distintas, tanto em 1 como em 2.
- C) estejam reprodutivamente isoladas, como ocorre em 1, e estejam geograficamente isoladas, como ocorre em 2.
- D) sejam morfológicamente distintas, como ocorre em 1, e estejam reprodutivamente isoladas, como ocorre em 2.
- E) estejam geograficamente isoladas, como ocorre em 2.

**07.** (Unioeste-PR) Três populações de anfíbios, A, B e C, pertencentes a uma mesma espécie, habitavam uma mesma região. Com o tempo, modificações no ambiente acarretaram no isolamento geográfico destas populações. Após muitos anos, com o desaparecimento da barreira geográfica, verificou-se que o cruzamento dos indivíduos da população A com os da população B produzia descendentes férteis. O cruzamento dos indivíduos da população A com os da população C produzia híbridos inférteis, e o dos indivíduos da população B com os da população C, não produzia descendentes. A análise desses resultados permite concluir que

- A) A, B e C formaram três espécies diferentes.
- B) A, B e C continuaram a pertencer à mesma espécie.
- C) A e B tornaram-se espécies diferentes, enquanto C continuou a pertencer a mesma espécie.
- D) A e B continuaram a pertencer à mesma espécie enquanto C tornou-se uma espécie diferente.
- E) A e C continuaram a pertencer à mesma espécie, enquanto B tornou-se uma espécie diferente.

**08.** (Unesp) A ema (*Rhea americana*), o avestruz (*Struthio camelus*) e o emu (*Dromaius novaehollandiae*) são aves que não voam e que compartilham entre si um ancestral comum mais recente que aquele que compartilham com outros grupos de aves. Essas três espécies ocupam *habitats* semelhantes, contudo apresentam área de distribuição bastante distinta. A ema ocorre no sul da América do Sul, o avestruz é africano e o emu ocorre na Austrália.

ema



avestruz



emu



Disponível em: <[www.google.com.br](http://www.google.com.br)>.

Segundo a explicação mais plausível da biologia moderna, a distribuição geográfica dessas aves é consequência da

- A) fragmentação de uma população ancestral que se distribuía por uma única massa de terra, um supercontinente. Em razão da deriva continental, as populações resultantes, ainda que em *habitats* semelhantes, teriam sofrido divergência genética, resultando na formação das espécies atuais.
- B) migração de indivíduos de uma população ancestral, provavelmente da África, para a América do Sul e a Austrália, utilizando faixas de terra existentes em épocas de mares rasos. Nos novos *habitats*, as populações migrantes divergiram e formaram as espécies atuais.
- C) origem independente de três espécies não aparentadas, na América do Sul, na África e na Austrália, que, mesmo vivendo em locais diferentes, desenvolveram características adaptativas semelhantes, resultando nas espécies atuais.
- D) migração de ancestrais dessas aves, os quais, embora não aparentados entre si, tinham capacidade de voo e, portanto, puderam se distribuir pela América do Sul, pela África e pela Austrália. Em cada um desses lugares, teriam ocorrido mutações diferentes que teriam adaptado as populações aos seus respectivos *habitats*, resultando nas espécies atuais.
- E) ação do homem em razão da captura, transporte e soltura de aves em locais onde anteriormente não ocorriam. Uma vez estabelecidas nesses novos locais, a seleção natural teria favorecido características específicas para cada um desses *habitats*, resultando nas espécies atuais.

**09.** (PUC Minas) Os mecanismos de isolamento reprodutivo que operam antes do acasalamento são chamados de barreiras reprodutivas pré-zigóticas. Essas barreiras são importantes, pois evitam que indivíduos de espécies diferentes se cruzem e se reproduzam.

Constituem barreiras reprodutivas pré-zigóticas, exceto

- A) Isolamento espacial – indivíduos de espécies diferentes podem selecionar lugares no ambiente para viver.
- B) Sincronismo no período fértil – se o período de acasalamento de duas espécies não se sobrepuser, elas estão isoladas reprodutivamente pelo tempo.
- C) Viabilidade reduzida do híbrido – a prole híbrida pode sobreviver com mais dificuldade do que a prole de indivíduos de mesma espécie.
- D) Adaptações anatômicas dos órgãos reprodutivos – diferenças no tamanho e forma dos órgãos reprodutivos podem evitar a união de gametas de espécies diferentes.

**10.** (Unit-AL-2018) Vários são os mecanismos que impedem a reprodução entre os indivíduos e, consequentemente, o fluxo gênico, potencializando a especiação. Eles podem ser pré-zigóticos ou pós-zigóticos e estão relacionados com alguns desses mecanismos:

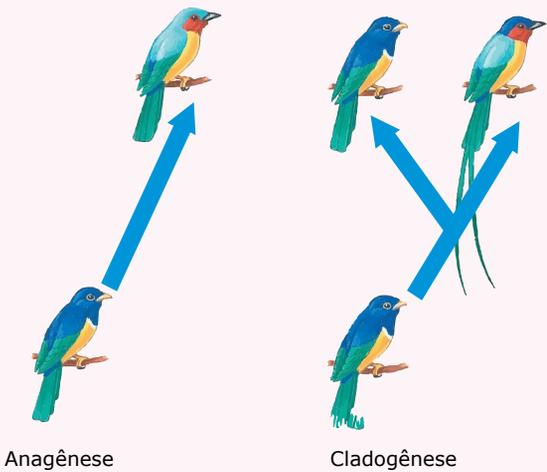
- I. Isolamento sazonal ou *de habitat*.
- II. Esterilidade do híbrido.
- III. Isolamento etológico.

- IV. Inviabilidade do híbrido.
- V. Isolamento mecânico.
- VI. Mortalidade gamética.
- VII. Mortalidade zigótica.

A partir dessa relação e com base nos seus conhecimentos, é correto afirmar:

- A) O mecanismo I é irreversível.
- B) O mecanismo II é pós-zigótico.
- C) O mecanismo V e o VI são pós-zigóticos.
- D) Os mecanismos I, II, III e IV são pré-zigóticos.
- E) O mecanismo VII ocorre apenas em ambiente aquático.

11. (UEA-AM) A figura ilustra dois mecanismos de especiação a partir de uma população ancestral.



Disponível em: <www.cientific.com>.

A especiação ocorrida pelo mecanismo de

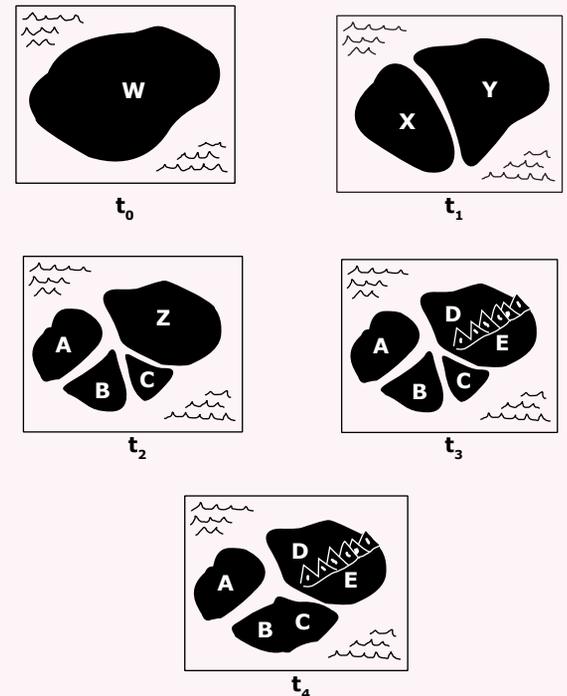
- A) anagênese depende exclusivamente da variabilidade genética gerada pelas mutações ocorridas espontaneamente ao longo das gerações.
- B) cladogênese depende exclusivamente dos cruzamentos direcionados entre indivíduos com características heteromorfas.
- C) anagênese depende das mutações, dos cruzamentos, da variabilidade genética e da seleção natural atuando ao longo das gerações.
- D) cladogênese depende de isolamento geográfico, seguido da reunião entre as populações, com a manutenção da capacidade reprodutiva.
- E) anagênese depende da baixa variabilidade genética gerada pelos cruzamentos direcionados entre os organismos mais adaptados.

12. (Fatec-SP) A história evolutiva dos seres vivos está diretamente relacionada às transformações que ocorrem no ambiente no qual eles se encontram.



Na figura, estão representadas as modificações que teriam ocorrido ao longo de um período de tempo  $t_0$  a  $t_4$ , em um conjunto de continentes hipotéticos, representados em preto e que estão ligados ao surgimento das espécies A, B, C, D e E a partir de espécies ancestrais W, X, Y e Z. As áreas que cada uma das espécies ocupa em cada um dos períodos estão indicadas pelas letras que as representam. O período de tempo  $t_4$  corresponde à época mais recente.

No período de  $t_0$  a  $t_1$ , houve uma divisão do continente inicial, originando dois novos continentes. Cada um desses dois continentes sofreu, entre  $t_1$  e  $t_2$ , uma nova divisão, dando origem a quatro novos continentes. Entre  $t_2$  e  $t_3$ , ocorreu um soerguimento de cadeias montanhosas em um dos continentes e, finalmente, entre  $t_3$  e  $t_4$ , ocorreu uma junção de dois continentes, de modo que, em  $t_4$ , são encontrados apenas três continentes.



Com base nas informações dadas, assinale a alternativa que contém o cladograma que representa corretamente o relacionamento evolutivo de A, B, C, D e E.

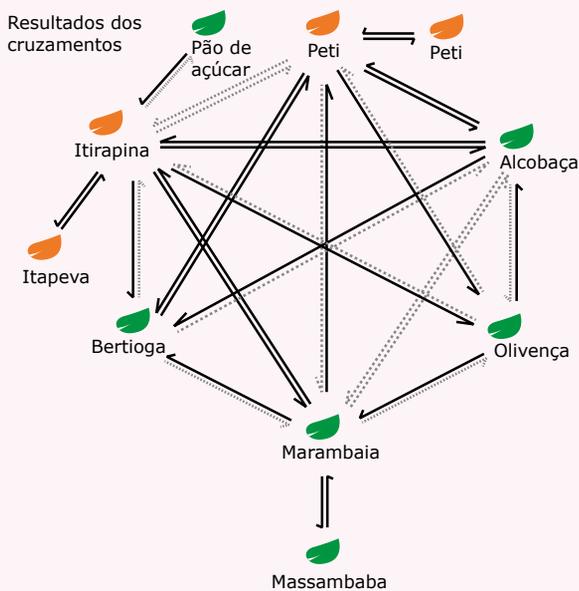
- A)
- B)
- C)
- D)
- E)

**13.** (UFRJ) Indivíduos de espécies diferentes podem viver em simpatria, ou seja, viver no mesmo lugar ao mesmo tempo, conservando-se como espécies diferentes, pois são isolados reprodutivamente. Indivíduos de duas subespécies da mesma espécie apresentam diferenças genéticas características de cada subespécie, mas não apresentam isolamento reprodutivo.

Duas subespécies podem viver em simpatria, mantendo-se como subespécies diferentes? Justifique sua resposta.

## SEÇÃO ENEM

**01.** (Enem-2018) O processo de formação de novas espécies é lento e repleto de nuances e estágios intermediários, havendo uma diminuição da viabilidade entre cruzamentos. Assim, plantas originalmente de uma mesma espécie que não cruzam mais entre si podem ser consideradas como uma espécie se diferenciando. Um pesquisador realizou cruzamentos entre nove populações – denominadas de acordo com a localização onde são encontradas – de uma espécie de orquídea (*Epidendrum denticulatum*). No diagrama estão os resultados dos cruzamentos entre as populações. Considere que o doador fornece o pólen para o receptor.



FIORAVANTI, C. Os primeiros passos de novas espécies: plantas e animais se diferenciam por meio de mecanismos surpreendentes. *Pesquisa Fapesp*, out. 2013 (Adaptação).

Em populações de quais localidades se observa um processo de especiação evidente?

- A) Bertioiga e Marambaia; Alcobaça e Olivença.
- B) Itirapina e Itapeva; Marambaia e Massambaba.
- C) Itirapina e Marambaia; Alcobaça e Marambaia.
- D) Itirapina e Peti; Alcobaça e Marambaia.
- E) Itirapina e Olivença; Marambaia e Peti.

**02.** (Enem) Algumas raças de cães domésticos não conseguem copular entre si devido à grande diferença em seus tamanhos corporais. Ainda assim, tal dificuldade reprodutiva não ocasiona a formação de novas espécies (especiação).

- Essa especiação não ocorre devido ao(a)
- A) oscilação genética das raças.
  - B) convergência adaptativa das raças.
  - C) isolamento geográfico entre as raças.
  - D) seleção natural que ocorre entre as raças.
  - E) manutenção do fluxo gênico entre as raças.

**03.** Uma ilha oceânica, rica em vegetação, foi invadida por representantes de um vertebrado herbívoro, que se adaptaram muito bem às condições encontradas e povoaram toda a ilha. Esta, após certo tempo, foi dividida em duas por um fenômeno geológico. Os animais continuaram vivendo bem e se reproduzindo em cada uma das novas ilhas; mas, depois de muitos anos, verificou-se que os indivíduos das duas ilhas haviam perdido a capacidade de produzir descendentes férteis, quando inter cruzados.

Esse texto exemplifica um caso de

- A) adaptação convergente.
- B) convergência adaptativa.
- C) especiação alopátrica.
- D) especiação simpátrica.
- E) anagênese.

## SEÇÃO FUVEST / UNICAMP / UNESP



### GABARITO

Meu aproveitamento

#### Aprendizagem

Acertei \_\_\_\_\_ Errei \_\_\_\_\_

- 01. B
- 02. A
- 03. D
- 04. C
- 05. C

#### Propostos

Acertei \_\_\_\_\_ Errei \_\_\_\_\_

- 01. D
- 02. E
- 03. A
- 04. D
- 05.
  - A) Especiação alopátrica; as populações evoluíram em ambientes isolados geograficamente.
  - B) Caso tenha ocorrido algum tipo de isolamento reprodutivo entre as duas populações, teremos duas novas espécies. Em caso contrário, se houver a formação de híbridos férteis, teremos subespécies.
- 06. A
- 07. D
- 08. A
- 09. C
- 10. B
- 11. C
- 12. A
- 13. Não. Em simpatria, sem isolamento reprodutivo, ocorreria um fluxo gênico que eliminaria as diferenças genéticas existentes entre essas subespécies.

#### Seção Enem

Acertei \_\_\_\_\_ Errei \_\_\_\_\_

- 01. D
- 02. E
- 03. C



Total dos meus acertos: \_\_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ . \_\_\_\_\_ %