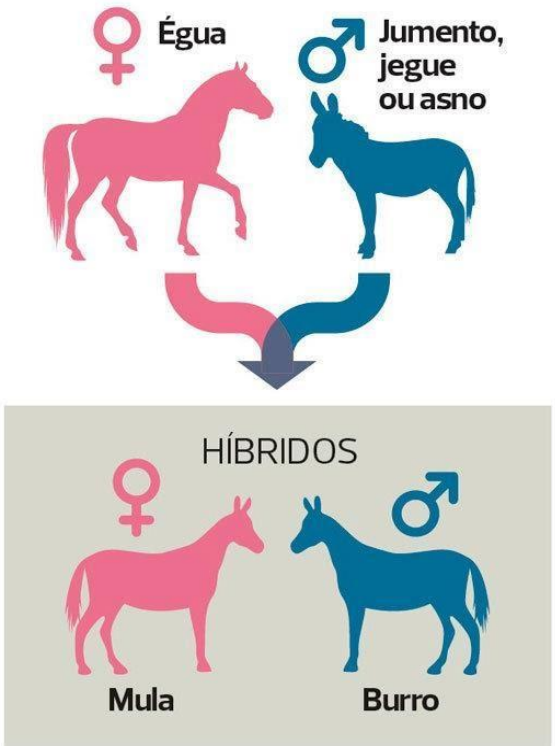
Especiação

Teoria

A especiação é o processo que leva à formação de novas espécies. Antes de entender como funciona o processo de especiação, é importante determinar o que é uma espécie. Espécie é a menor categoria da classificação biológica (taxonomia), indicando que organismos da mesma espécie são os mais aparentados entre si. O conceito de espécie mais utilizado, e o que aparece na maioria dos vestibulares, é o conceito biológico de espécie.

- **Conceito biológico de espécie:** Indivíduos são da mesma espécie quando conseguem se reproduzir e ter prole (descendentes) fértil. Quando indivíduos não conseguem se reproduzir, dizemos que há um isolamento reprodutivo. Esse isolamento pode ser pré-zigótico (ocorre antes da fecundação, muitas vezes nem ocorrendo a cópula, por conta de diferentes comportamentos reprodutivos ou tamanho dos indivíduos) ou pós-zigótico (ocorre após a fecundação, normalmente ocorre pela morte do embrião ou pelo filhote formado, um híbrido, não conseguir se reproduzir, sendo estéril).



Ao cruzar uma égua (*Equus caballus*) e um jumento (*Equus asinus*), nascem filhotes, porém esses descendentes não são férteis (há isolamento reprodutivo pós-zigótico), o que indica que os pais são de espécies diferentes.

Fonte: Globo Rural. Disponível em: https://www.facebook.com/iepec/photos/fim-da-confus%C3%A3o-a-diferen%C3%A7a-entre-jumento-jegue-asno-burro-e-mula-httpbitlyvbkoh/332296766886823/. Acessado em 19/09/2021.

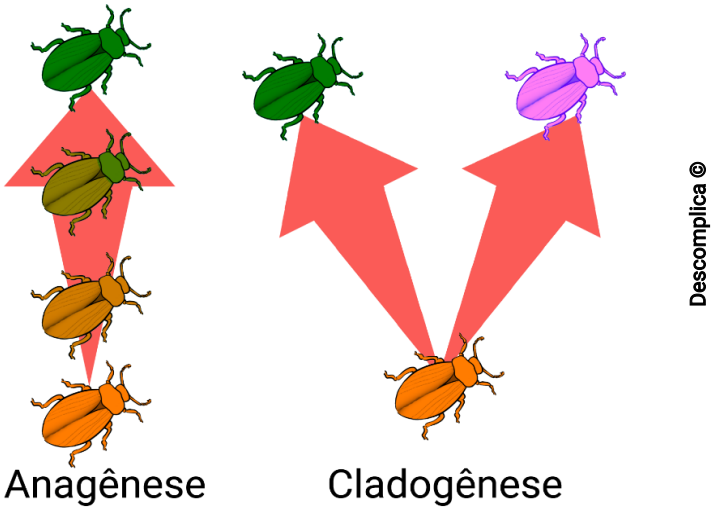
Apesar de ser o mais conhecido, este conceito de espécie tem alguns problemas: ele não explica indivíduos que se reproduzem de maneira assexuada nem organismos que conseguem formar híbridos férteis (como por exemplo plantas). Existem vários outros conceitos de espécie, e cabe ao pesquisador que vai descrever uma nova espécie indicar qual conceito foi utilizado para justificar a descrição. Dentre eles, podemos citar:

- **Conceito morfológico de espécie:** São da mesma espécie indivíduos morfologicamente (anatomicamente) semelhantes. Pode ser bastante impreciso, porém ajuda na hora de classificar espécies assexuadas.
- **Conceito ecológico de espécie:** São da mesma espécie indivíduos com o mesmo nicho ecológico.
- **Conceito filogenético de espécie:** São da mesma espécie o menor número de indivíduos que compartilham o mesmo ancestral em comum e características exclusivas, e isso é observado através da morfologia e de informações genéticas.

Utilizando o conceito morfológico de espécie, as diferentes raças de gatos seriam consideradas espécies diferentes. Mas, como o conceito biológico é o mais utilizado e apresenta menor dificuldade de ser aplicado, consideramos todos os gatos da mesma espécie: *Felis catus*.

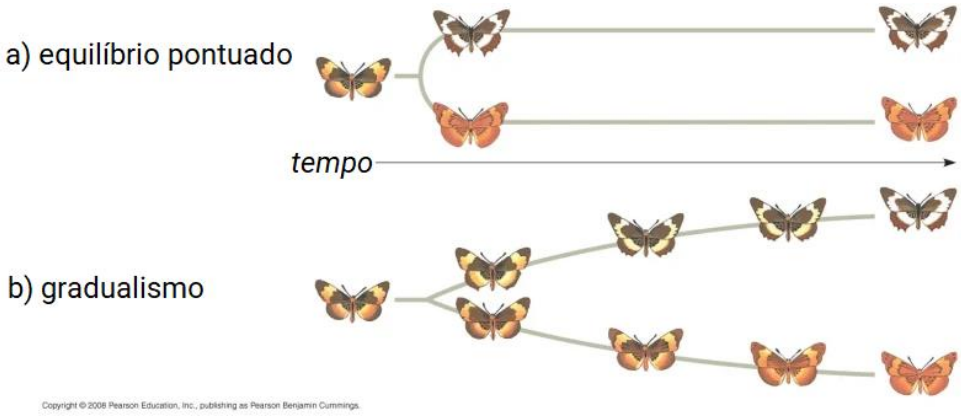
Fonte: Purina. Disponível em: https://www.purina.pt/gatos/ter-um-novo-gato/encontrar-o-gato-certo-para-mim. Acessado em 19/09/2021.

A evolução e diferenciação das espécies pode ocorrer de forma linear, como na anagênese, ou se bifurcando e formando grupos irmãos, como na cladogênese. Na anagênese, uma espécie ao se modificar ao longo do tempo, acaba gerando uma nova espécie. Nesse caso, as espécies antigas sempre são extintas, pois dão origem a outra em uma mesma linhagem.



Esquema da especiação por anagênese (linear, esquerda) e por cladogênese (com uma separação das linhagens, direita).

Já na cladogênese, o ponto de separação das espécies é chamado de "nó", e as linhagens que se desenvolvem formam os ramos evolutivos. Ao longo dos ramos evolutivos, podem ocorrer também processos de anagênese (veja na figura abaixo, a direita), ou seja, essas formas de especiação não são excludentes. Nos processos de cladogênese, a espécie ancestral pode ou não ser extinta, como vemos nas imagens a seguir.



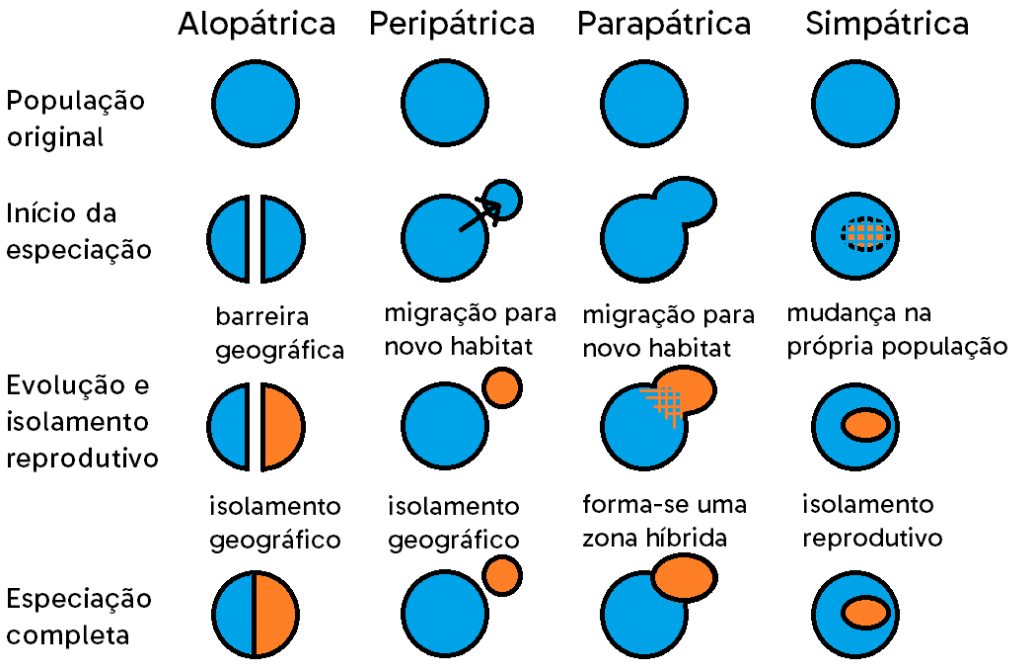
Exemplos de cladogênese, em que um ancestral pode dar origem diretamente a novas espécies (equilíbrio pontuado) ou sofrer processos de anagênese ao longo dos ramos (gradualismo). Além disso, podem se formar apenas descendentes de novas espécies ou então, além das novas espécies, a espécie ancestral também se mantém até o tempo mais recente.

Fonte: Cienciadelux. Disponível em: https://cienciadelux.com/2016/01/21/perspectiva-actual-de-la-teoria-de-la-evolucion-del-neodarwinismo-a-la-epigenetica/24_17punctuatedvsgradual-I/. Acessado em 19/09/2021. Tradução livre por Rebeca Khouri.

Os processos de especiação podem ser divididos em:

- **Alopátrica**: uma população, antes unida, é dividida por uma barreira geográfica (ex.: rio, cordilheira, vale...). Cada parte da população, agora separada, sofre pressões seletivas independentes. A barreira pode ou não ser removida, unindo novamente os indivíduos, porém as populações serão de espécies diferentes;

- **Peripátrica**: indivíduos de uma população migram para outra área, havendo isolamento reprodutivo e, consequentemente, a especiação. Também é conhecida como efeito fundador, já que a pequena população que migrou "conquista" um novo ambiente. Pode ser considerada um tipo especial de especiação alopátrica, visto que também ocorre um isolamento geográfico;
- **Parapátrica**: pode se iniciar de duas formas: uma população ocupa uma determinada área, e parte da população migra para uma região próxima sem se isolar completamente da população original; ou duas populações de uma mesma espécie ocupam áreas próximas, porém ecologicamente distintas e sem barreira geográfica. Com o tempo, sofrem diferentes pressões de seleção e ocorre a especiação. Pode haver uma zona com intercruzamentos entre as áreas, chamada de zona híbrida, principalmente nos estágios iniciais de especiação;
- **Simpátrica**: uma população em determinada área para de se reproduzir com alguns dos indivíduos da espécie (seja por motivo comportamental ou alterações genéticas), sem a presença de barreiras geográficas; e, com isso, há uma especiação.



Esquema dos tipos de especiação: alopátrica, peripátrica, parapátrica e simpátrica. Fonte: Descomplica.

Exercícios de fixação

1. Qual é um exemplo de isolamento pós zigótico?

   (A) Surgimento de uma barreira geográfica
   (B) Reprodução ocorrendo em estações diferentes
   (C) Nascimento de um híbrido inviável
   (D) Incompatibilidade entre gametas

2. Em que tipo de especiação é comum a formação de zonas híbridas?

   (A) alopátrica.
   (B) parapátrica.
   (C) peripátrica.
   (D) simpátrica.

3. Qual conceito de espécie classifica organismos pela similaridade na aparência?

   (A) Conceito Biológico
   (B) Conceito Ecológico
   (C) Conceito Filogenético
   (D) Conceito Morfológico

4. Como podemos definir a anagênese?

   (A) Uma espécie se modifica gerando uma nova espécie.
   (B) Uma espécie se modifica gerando duas ou mais novas espécies
   (C) Uma espécie se dispersa formando duas populações.
   (D) É a especiação onde não ocorre transformação das espécies.

5. Qual alternativa descreve um processo de especiação simpátrica?

   (A) Um grupo de indivíduos migra para outra região, se afastando a população original
   (B) Um terremoto causa a morte de grande parte dos indivíduos da população
   (C) Um rio surge por conta de mudanças climáticas e separa uma população em duas
   (D) O comportamento reprodutivo de um grupo de indivíduos se altera numa população

Exercícios de vestibulares

1. (IFRS, 2016) Conforme Futuyma (2009), a teoria sintética da evolução das espécies apoia-se em diversos fundamentos da biologia evolutiva moderna, os quais servem como uma sinopse de grande parte da teoria evolutiva contemporânea. Entre esses fundamentos destaca-se a especiação. Nesse contexto, pode-se definir especiação como:

   (A) a origem de duas ou mais espécies a partir de um ancestral comum que, geralmente, ocorre através da diferenciação genética de populações segregadas geograficamente.

   (B) a origem de duas ou mais espécies a partir de diferentes ancestrais que, geralmente, ocorre através da diferenciação genética de populações segregadas geograficamente.

   (C) a origem de duas ou mais espécies a partir de um ancestral comum que, geralmente, ocorre através da homozigose genética de populações segregadas geograficamente.

   (D) a origem de duas ou mais espécies a partir de um ancestral comum que, geralmente, ocorre através da diferenciação genética de populações unidas geograficamente.

   (E) a origem de duas ou mais espécies a partir de um ancestral comum que, geralmente, ocorre através da diferenciação genética de um único indivíduo segregado geograficamente.

2. (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.

   (A) simpátrica – por migração

   (B) alopátrica – simpátrica

   (C) por deriva genética – alopátrica

   (D) por gradualismo – por migração

   (E) por inviabilidade do híbrido – por gradualismo.

3. (Enem, 2013) Lobos da espécie *Canis lycaon*, do leste dos Estados Unidos, estão intercruzando com coiotes (*Canis latrans*). Além disso, indivíduos presentes na borda oeste da área de distribuição de *C. lycaon* estão se acasalando também com lobos cinzentos (*Canis lupus*). Todos esses cruzamentos têm gerado descendentes férteis.

Scientific American Brasil, Rio de Janeiro, ano II, 2011 (adaptado).

Os animais descritos foram classificados como espécies distintas no século XVIII. No entanto, aplicando-se o conceito biológico de espécie, proposto por Ernst Mayr em 1942, e ainda muito usado hoje em dia, esse fato não se confirma, porque

(A) esses animais são morfologicamente muito semelhantes.

(B) o fluxo gênico entre as três populações é mantido.

(C) apresentam nichos ecológicos muito parecidos.

(D) todos têm o mesmo ancestral comum.

(E) pertencem ao mesmo gênero

4. (FGV, 2005) Embora os cangurus sejam originários da Austrália, no início dos anos 80, o biólogo norte-americano James Lazell chamou a atenção para a única espécie de cangurus existente na ilha de Oahu, no Havaí. A espécie é composta por uma população de várias centenas de animais, todos eles descendentes de um único casal australiano que havia sido levado para um zoológico havaiano, e do qual fugiram em 1916. Sessenta gerações depois, os descendentes deste casal compunham uma nova espécie, exclusiva da ilha Oahu. Os cangurus havaianos diferem dos australianos em cor, tamanho, e são capazes de se alimentar de plantas que seriam tóxicas às espécies australianas.

Sobre a origem desta nova espécie de cangurus, é mais provável que:

(A) após a fuga, um dos filhos do casal apresentou uma mutação que lhe alterou a cor, tamanho e hábitos alimentares. Esse animal deu origem à espécie havaiana, que difere das espécies australianas devido a esta mutação adaptativa.

(B) após a fuga, o casal adquiriu adaptações que lhe permitiram explorar o novo ambiente, adaptações essas transmitidas aos seus descendentes.

(C) os animais atuais não difiram geneticamente do casal que fugiu do zoológico. As diferenças em cor, tamanho e alimentação não seriam determinadas geneticamente, mas devidas à ação do ambiente.

(D) o isolamento geográfico e diferentes pressões seletivas permitiram que a população do Havaí divergisse em características anatômicas e fisiológicas de seus ancestrais australianos.

(E) ambientes e pressões seletivas semelhantes na Austrália e no Havaí permitiram que uma população de mamíferos havaianos desenvolvesse características anatômicas e fisiológicas análogas às dos cangurus australianos, processo este conhecido por convergência adaptativa.

5. (Cefet-MG, 2009) Em algumas regiões brasileiras, existem exemplares de *Euphorbia heterophylla*, uma planta daninha bastante prejudicial à lavoura de soja e que pode ser resistente a herbicidas. Se, após alguns anos, não existir mais o fluxo de genes entre as plantas susceptíveis e resistentes a herbicidas dessa espécie, então ocorrerá:

(A) seleção natural.

(B) irradiação adaptativa.

(C) isolamento geográfico.

(D) recombinação gênica.

(E) isolamento reprodutivo.

6. (Unesp, 2014) 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 hábitats 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

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 hábitats 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 hábitats, 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.

7. (Enem, 2015) 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 (à)

(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.

8. (UEPB, 2011) Vários conceitos são utilizados para definir uma espécie. De maneira geral podemos dizer que uma espécie representa um conjunto de indivíduos com potencial, em condições naturais, de cruzarem entre si e gerarem descendentes férteis. Vários fatores podem produzir novas espécies, ou especiação. Isso se dá quando uma espécie deriva-se de outra reprodutivamente isolada, podendo esta nova espécie manter ou não relações geográficas com seu ancestral. Assinale a alternativa que representa um processo que pode favorecer a especiação:

(A) Populações que vivem no mesmo ambiente e que se reproduzem em épocas diferentes apresentam um isolamento estacional.

(B) Populações com parceiros em potencial copulam, porém a fecundação não ocorre devido à ausência de transferência de espermatozoides, já que eles morrem, favorecendo o mecanismo de isolamento pré-copulatório.

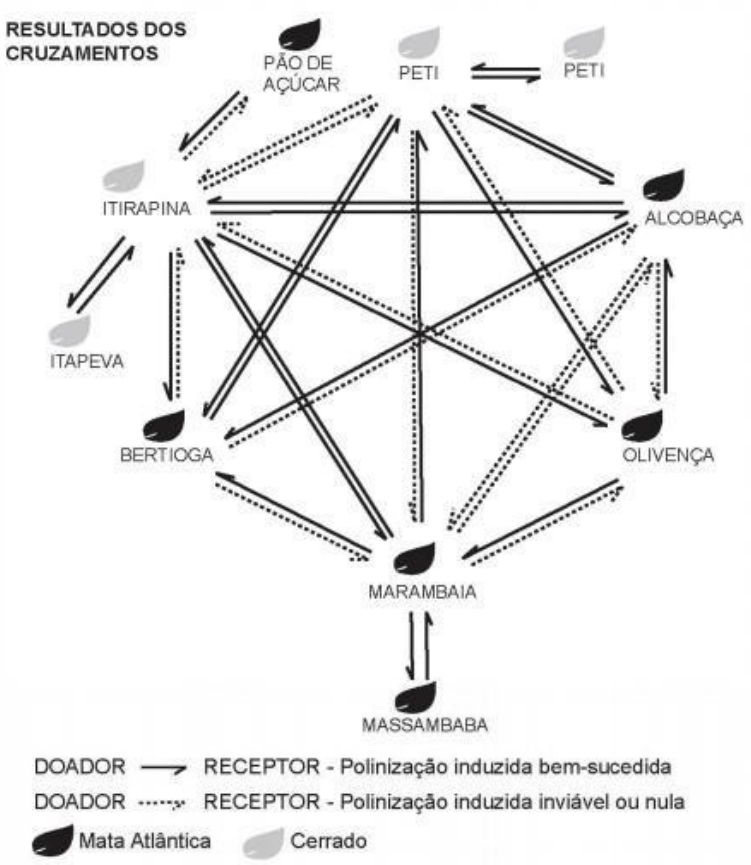
(C) Populações com parceiros em potencial encontram-se, mas não copulam, favorecendo o mecanismo de isolamento mecânico.

(D) Populações que escolhem seus parceiros avaliando seus comportamentos apresentam um isolamento temporal.

(E) Populações que vivem no mesmo ambiente e que se reproduzem em épocas diferentes apresentam um isolamento gamético.

9. (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 (adaptado).

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

(A) Bertioga e Marambaia; Alcobaça e Olivença.

(B) Itirapina e Itapeva; Marambaia e Massambaba.

(C) Itirapina e Marambaia; Alcobaça e Itirapina.

(D) Itirapina e Peti; Alcobaça e Marambaia.

(E) Itirapina e Olivença; Marambaia e Peti.

10. (UEFS, 2010) A organização de indivíduos e populações em espécies evita a degradação de genótipos maduros, bem-sucedidos, que ocorreria caso se misturassem com genótipos incompatíveis. A hibridação, quando possível, costuma produzir indivíduos inferiores, muitas vezes estéreis, isso demonstra que os genótipos, por serem sistemas harmoniosos e bem ajustados, devem ser similares para que um cruzamento seja bem-sucedido.

MAYR, 2009, p. 202.

Considerando-se as etapas necessárias para o estabelecimento da especiação a partir de populações originais e a importância desse processo evolutivo na diversidade da vida, é possível afirmar:

(A) Genótipos incompatíveis se expressam inexoravelmente na formação de híbridos inferiores ou estéreis.

(B) A hibridação produz indivíduos inferiores devido à baixa estatura provocada pelo nascimento precoce das crias.

(C) Na especiação simpátrica, o distanciamento genético que provoca a incompatibilidade entre os indivíduos se estabelece apesar da interação persistente entre os grupos.

(D) Organismos capazes de produzir descendentes não devem apresentar diferenças significativas no seu conjunto gênico que justifiquem algum tipo de progresso especiativo.

(E) O isolamento geográfico em populações alopátricas favorece uma aproximação do conjunto gênico durante o processo de especiação.

Se liga!

Sua específica é Exatas e quer continuar treinando esse conteúdo?
Clique **aqui**, para fazer uma lista extra de exercícios.

Gabaritos

Exercícios de fixação

1. **C**
   Isolamento pós-zigótico ocorre após a fecundação como, por exemplo, híbridos inférteis, que não conseguem continuar se reproduzindo e não deixam descendentes.

2. **B**
   Na especiação parapátrica, ocorre migração da população para um novo habitat, porém sem isolamento completo. A região de contato entre indivíduos pode formar uma zona híbrida, principalmente nos estágios iniciais de especiação.

3. **D**
   De acordo com o conceito morfológico de espécie, os organismos serão da mesma espécie quando forem morfologicamente (anatomicamente) semelhantes.

4. **A**
   Na anagênese, uma espécie, ao se modificar ao longo do tempo, acaba gerando uma nova espécie.

5. **D**
   Na especiação simpátrica não há barreiras geográficas, e um grupo de indivíduos passa a apresentar mudanças no seu comportamento reprodutivo ou modificações genéticas que alteram a taxa reprodutiva, promovendo um evento de especiação.

Exercícios de vestibulares

1. **A**
   A especiação consiste na diferenciação de um ancestral comum, formando duas ou mais espécies, evento comumente ocorrendo quando há o aparecimento de uma separação geográfica, e as populações separadas sofrem com pressões seletivas diferentes.

2. **B**
   A especiação que ocorre com o aparecimento de uma barreira geográfica é a especiação alopátrica, enquanto a especiação que ocorre em uma mesma localização geográfica é a especiação simpátrica.

3. **B**
   O conceito biológico de espécie considera que espécies diferentes não produzem descendentes férteis, o que não está acontecendo entre as duas espécies de lobo citadas no enunciado. Como elas continuam se acasalando e produzindo descendentes férteis. Ocorre, portanto, um fluxo gênico entre as espécies citadas (o que não condiz com o conceito biológico de espécie).

4. **D**
   O exemplo do enunciado está de acordo com a teoria sintética da evolução. Com o passar do tempo, uma população geograficamente isolada de outras da mesma espécie pode acumular variações genéticas exclusivas até isolar-se reprodutivamente, ou seja, originar uma nova espécie.

5. **E**
Sem o fluxo de genes, ocorrerá o aparecimento de espécies e, por definição, não haverá mais possibilidade de reprodução com descendentes férteis.

6. **A**
Os três animais citados são evolutivamente próximos entre si, porém vivem em locais geograficamente distantes. Como as espécies não voam, não seria possível uma migração entre distâncias tão grandes. A explicação mais plausível é que o ancestral dessas três espécies vivia em uma região que foi fragmentada, e com a separação dos continentes, as três populações atuais foram formadas por conta das diferentes pressões seletivas.

7. **E**
A característica inerente à espécie é o fluxo gênico entre os indivíduos. Quando não há isolamento reprodutivo entre os indivíduos, eles pertencem à mesma espécie.

8. **A**
A estação reprodutiva em diferentes épocas do ano é um mecanismo de isolamento pré-zigótico conhecido como isolamento estacional.

9. **D**
De acordo com o conceito biológico de espécie, a interrupção do fluxo gênico caracteriza a formação de novas espécies. A polinização inviável ou nula entre Itirapina e Peti, e entre Alcobaça e Marambaia indicam que fluxo gênico foi interrompido e o processo de especiação ocorreu.

10. **C**
Na especiação simpátrica, apesar de não haver isolamento geográfico entre os grupos, ainda assim surge um isolamento reprodutivo entre partes da população.