

Biologia

PROFESSOR FLÁVIO LANDIM



ASSUNTOS DA AULA.

Clique no assunto desejado e seja direcionado para o tema.

- [Conceito biológico de espécie](#)
- [Conceito de especiação](#)
- [Tipos de isolamento reprodutivo](#)
- [Anagênese e cladogênese](#)
- [Mecanismos de especiação](#)
- [Teoria dos refúgios](#)
- [Raças e raças geográficas](#)
- [Irradiação adaptativa](#)
- [Convergência adaptativa](#)

ESPECIAÇÃO

CONCEITO BIOLÓGICO DE ESPÉCIE

Até agora, foram discutidos os diversos mecanismos que permitem a evolução. Discutimos forças externas e internas a que estão submetidas as populações; vimos que mutação e recombinação são as fontes primárias da variação, sobre a qual atua o mecanismo de seleção natural.

Porém, de que forma todos os mecanismos acima propiciam o surgimento de novas espécies?

A teoria sintética da evolução considera a população como a unidade evolutiva, entendendo por população todo agrupamento de indivíduos de uma mesma espécie que ocorre em uma mesma área geográfica, em um mesmo intervalo de tempo.

De acordo com essa teoria, o conceito biológico de espécie passou a ser considerado em termos populacionais, como foi assim desenvolvido pelo biólogo Ernst Mayr:

Espécie biológica é um grupo de populações naturais com indivíduos profundamente semelhantes nos aspectos fisiológicos e morfológicos (ou seja, funcional e estruturalmente), apresentando cariótipo idêntico (quadro cromossômico diploide), real ou potencialmente intercruzantes com indivíduos da mesma espécie em condições ambientais naturais, gerando descendentes férteis e reprodutivamente isolados de outros grupos de organismos.

Quando se fala que duas populações são potencialmente intercruzantes, significa que é possível a troca ou fluxo de genes entre elas, pelo menos de forma indireta. A troca de genes de modo indireto acontece quando indivíduos de duas populações que não podem ser cruzar diretamente por algum motivo (ou que quando cruzam geram descendentes inviáveis, estéreis), podem ambos cruzar com uma terceira população, gerando descendentes viáveis. A terceira população, nesse caso, funciona como uma "ponte" possibilitando a troca de genes entre as duas primeiras popu-

lações mencionadas. Nesses casos de impossibilidade de cruzamento direto, mas com possibilidade de cruzamento (fluxo de genes) indireto através de um terceiro grupo, com descendentes férteis, caracteriza-se que as populações são potencialmente intercruzantes e não há isolamento reprodutivo entre elas, sendo consideradas então da mesma espécie.

HÍBRIDOS

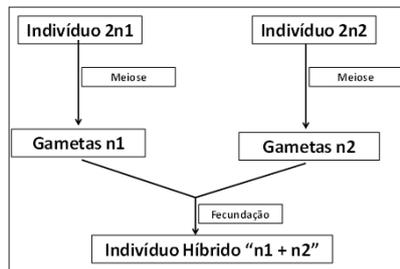
Híbridos são o fruto de cruzamentos de indivíduos de espécies diferentes, sendo usualmente estéreis, uma vez que não há correspondência de homologia entre os conjuntos cromossômicos das espécies parentais. A falta de homologia entre os cromossomos recebidos por pai e mãe no híbrido impede seu pareamento por ocasião da meiose, prejudicando a formação dos gametas.

Híbridos não se formam usualmente devido ao isolamento reprodutivo existente entre duas espécies. Para híbridos se formarem, os indivíduos parentais devem ter uma grande semelhança genética, pertencendo pelo menos ao mesmo gênero. Mesmo os indivíduos parentais sendo do mesmo gênero, o nascimento de híbridos é bastante incomum. Talvez o exemplo mais conhecido seja o nascimento de burros ou mulas a partir do cruzamento de jumento (*Equus asinus*) com éguas (*Equus caballus*), ambos pertencendo ao gênero *Equus*.

O burro, assim como os demais híbridos, é estéril porque na verdade não possui dois genomas homólogos, e sim dois genomas não homólogos, um proveniente do jumento e outro da égua. Como na meiose os cromossomos do jumento não podem parear com os da égua devido à falta de homologia, a meiose se tornará inviável, e

a formação de gametas não poderá ocorrer.

Observe abaixo:



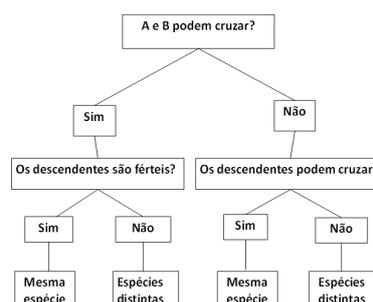
Assim, o híbrido é estéril porque seus dois genomas $n1 + n2$ não guardam relação de homologia, não podendo se parear na meiose e não permitindo a formação de gametas.

Não se deve confundir híbridos com mestiços que são frutos de cruzamentos de indivíduos de mesma espécie, mas raças diferentes, sendo férteis, pois.

CONCEITO DE ESPECIAÇÃO

O que caracteriza então o surgimento de novas espécies, ou seja, a **especiação**, é o surgimento do **isolamento reprodutivo** entre duas populações. O isolamento reprodutivo, por sua vez, ocorre a partir do momento em que duas populações perdem a capacidade de serem real ou potencialmente intercruzantes.

Dadas duas populações A e B, elas são da mesma espécie? Para responder a tal questionamento, pode-se utilizar a sequência de ideias descritas a seguir:



Uma situação problema

Leia com atenção o texto abaixo e responda em seguida às perguntas:

“Existe na América do Norte uma determinada espécie de rã (*Rana pipiens*) que se encontra desde o Canadá (no norte, portanto) até o México (no extremo sul). Quando se tenta cruzar um indivíduo de uma população do norte com um do sul, a maioria dos descendentes é defeituosa, e portanto, inviável. No entanto, cruzamento entre populações vizinhas são bem-sucedidos. Dessa maneira, um gene existente no extremo norte pode, por intermédio de cruzamentos sucessivos entre populações adjacentes, chegar a um indivíduo de uma população do sul do continente.”

a) O texto nos conta que o cruzamento entre indivíduos de populações afastadas não costuma ser bem sucedido. Por outro lado, sabemos que espécie biológica é um grupo de organismos que podem se inter cruzar, originando descendentes férteis. Sendo assim, é correto aceitar que todas as populações desse tipo de rã pertencem à mesma espécie? Discuta.

b) Suponha que cinco dessas populações de rãs (A, B, C, D, E) sejam vizinhas uma da outra, na ordem em que foram citadas. Os genes nas populações extremas (A e E) podem fluir livremente por intermédio dos cruzamentos entre populações vizinhas. Imagine agora que duas dessas populações desapareçam (C e D), por algum acidente. Supondo que o cruzamento seja possível somente entre populações diretamente vizinhas, o que você diria quanto ao número de espécies que existe agora?

Analisando os dois casos:

a) Nesse primeiro caso, as populações de *A* só podem cruzar com suas vizinhas, sendo que o cruzamento entre as populações extremas gera descendentes inviáveis. Para que as populações sejam da mesma espécie, elas devem ser real ou potencialmente intercruzantes. Elas não são realmente intercruzantes porque o cruzamento direto gerando descendentes férteis não é possível entre *A* e *E*, que não são vizinhas. No entanto, o fluxo de genes é possível entre *A* e *E*, graças às populações intermediárias. Dessa maneira, genes de *A* podem passar para *B*, e daí para *C*, e então para *D*, e finalmente para *E*. Esse fluxo de genes as torna potencialmente intercruzantes, e portanto pertencentes à mesma espécie.

b) Com o desaparecimento das populações *C* e *D*, *A* e *E* passam a não mais ser real nem potencialmente intercruzantes. Elas já não eram realmente intercruzantes na situação original. Com a ausência de *C* e *D* agora, o fluxo indireto de genes também cessa, uma vez que essas populações funcionavam como “ponte” para a passagem de genes (de *A* para *B*, e daí para *C*, e então para *D*, e finalmente para *E*; sem *C* e *D* o fluxo de genes não mais pode ocorrer). A partir do momento que *A* e *E* não são mais real nem potencialmente intercruzantes, passam a se comportar como duas espécies distintas, portanto. É interessante deixar claro que *A* e *B* continuam constituindo uma única espécie, pois, sendo vizinhas, podem trocar genes de modo direto. Após o desaparecimento de *C* e *D*, *A* e *B* constituem

uma espécie e *E* constitui uma outra espécie. Eis um exemplo de especiação.

TIPOS DE ISOLAMENTO REPRODUTIVO

Existem vários mecanismos que bloqueiam a troca de genes entre espécies diversas que vivem na mesma área. Eles podem ser classificados em pré-zigóticos e pós-zigóticos. Os **mecanismos pré-zigóticos** impedem a formação do zigoto e os **mecanismos pós-zigóticos** impedem o prosseguimento do ciclo de vidas após o zigoto formado. Os mecanismos pré-zigóticos representam maior economia de energia do ponto de vista evolutivo, uma vez que a geração de uma prole e os cuidados com ela nos mecanismos pós-zigóticos representa dispêndio de tempo e energia.

MECANISMOS PRÉ-ZIGÓTICOS

- **Isolamento de habitat:** os membros de duas populações não se cruzam pelo fato de viver em locais diferentes.

- **Isolamento sazonal ou estacional:** os membros de duas populações 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 épocas de reprodução uma no verão outra no outono.

- **Isolamento etológico ou comportamental:** os membros de duas populações não se cruzam porque seus comportamentos de corte antes do acasalamento são incompatíveis.

- **Isolamento ecológico:** os membros de duas populações não se cru-

zam por ocuparem nichos ecológicos distintos, como quando uma variedade de anfíbio vive na copa de árvores e outra no solo da mesma região, de modo que não chegam a se encontrar para acasalar.

- **Isolamento mecânico ou anatômico:** os membros de duas populações 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.

- **Isolamento gamético:** mesmo havendo o ato sexual interespecífico, frequentemente o zigoto não se forma porque a zona pelúcida do óvulo impede sua fecundação por um espermatozoide de outra espécie.

MECANISMOS PÓS-ZIGÓTICOS

- **Inviabilidade do híbrido:** os membros de duas espécies podem copular, o zigoto se forma, mas o embrião morre prematuramente, devido à incompatibilidade entre os genes maternos e paternos.

- **Esterilidade do híbrido:** o híbrido entre as duas espécies se forma, sendo até mais vigoroso do que os membros das espécies parentais, mas é estéril.

- **Deterioração da geração F2:** a primeira geração de híbridos entre duas espécies (F1) é normal e fértil, mas seus filhos, a geração F2, são indivíduos estéreis. Isso se deve à recombinação gênica incompatível, que ocorre na formação dos gametas que originam a geração F2.

ANAGÊNESE E CLADOGÊNESE

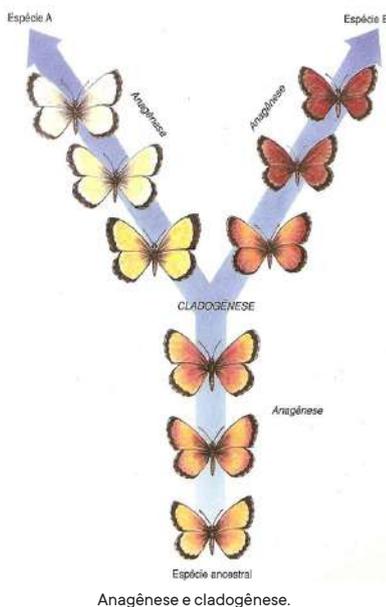
Suponhamos a existência, numa determinada região, de uma população mais ou menos homogênea. Sabemos que no decorrer do tempo essa população evoluiu, por mudanças gradativas nas frequências gênicas. De fato, o meio ambiente mudou ao longo dos anos; e a seleção natural ajustou a população às novas situações, por escolha dos genótipos mais adaptativos. Numa situação dessas, a população evoluiu como um todo, em bloco, já que existiu livre troca de genes entre seus componentes. Esse mecanismo evolutivo é conhecido como anagênese.

A anagênese é um processo pelo qual uma espécie sofre sucessivas modificações, a tal ponto que depois de determinado tempo ela deve ser considerada uma nova espécie.

O processo de anagênese está diretamente relacionado ao conceito de microevolução apresentado anteriormente, no qual modificações ocorrem dentro de uma espécie.

Imagine de novo aquela população mais ou menos homogênea. Suponhamos que dois grupos de indivíduos dessa população se estabeleçam cada uma numa região, por migração. É óbvio que tais populações serão submetidas a pressões seletivas diversas, já que há diferenças entre os dois novos ambientes e o original. Com o decorrer dos anos, o *pool* gênico (conjunto gênico) dessas populações vai se modificando, de modo que duas novas espécies surgem, cada uma delas passando por mecanismos anagenéticos diferentes. Cada nova espécie surgida passa a ser denominada clado, apresentando uma grande proximidade filogenética uma com a outra, uma vez que há um mesmo ancestral. Esse processo que leva à diversificação dos cladogramas é denominado cladogênese ou especiação por diversificação.

Cladogênese é o processo pelo qual duas populações isoladas de uma mesma espécie diferenciam-se no decorrer do tempo passando a ser novas espécies.



MECANISMOS DE ESPECIAÇÃO

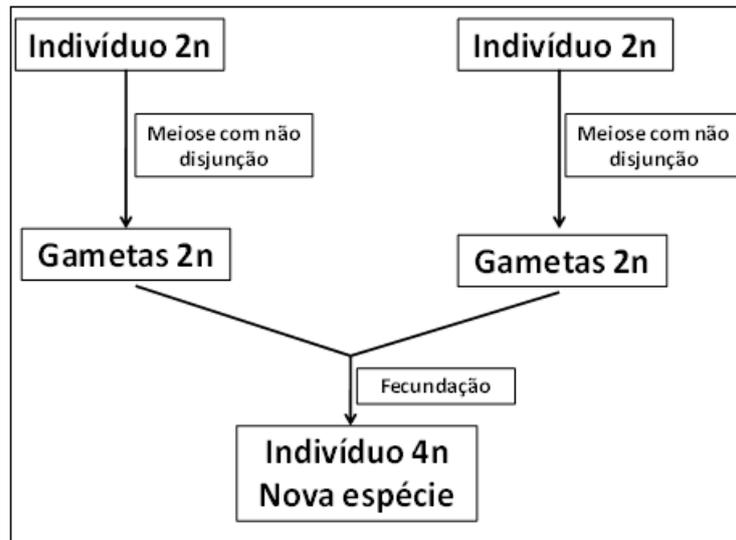
Reconhecem-se dois principais mecanismos de especiação, a especiação simpátrica e a especiação alopatrica.

ESPECIAÇÃO SIMPÁTRICA

A especiação simpátrica (do grego *syn*, 'juntos', e *patria*, 'local de nascimento') ocorre de tal modo que não ocorre isolamento geográfico entre as populações que vão originar as novas espécies. Isso pode ocorrer devido a fenômenos como a seleção natural disruptiva ou fenômenos relacionados a aberrações cromossômicas numéricas, como na poliploidia e na hibridização.

Poliploidia ou Autopoliploidia

Erros na meiose devido à ação de substâncias como a colchicina podem gerar gametas com mais de um genoma, e o encontro de gametas defeituosos como esses podem gerar indivíduos poliploides $3n$, $4n$, $5n$ etc. Em algumas ocasiões, esses indivíduos poliploides são férteis mas não podem cruzar mais com o organismo original diploide, caracterizando a formação de uma nova espécie por poliploidia.



Caso o número de genomas do novo indivíduo gerado seja ímpar (3n, por exemplo), a meiose será impossível pela impossibilidade de pareamento de cromossomos homólogos, uma vez que cada conjunto de cromossomos terá três versões de homólogos e desse modo, um desses ficará de fora do pareamento, perturbando todo o processo.

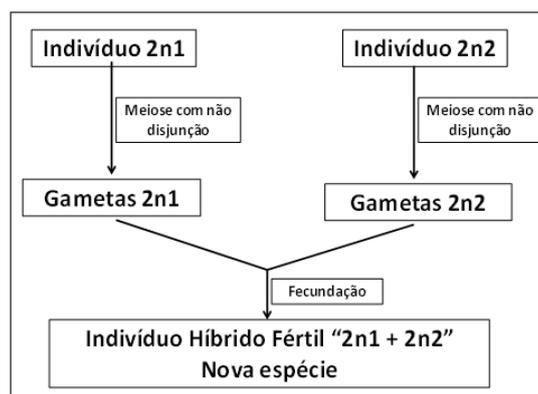
Caso o número de genomas seja par, sempre será possível arrumar os cromossomos homólogos dois a dois na meiose, que ocorrerá normalmente. Um indivíduo 4n gerará então gametas 2n, sendo, pois, fértil.

O trigo selvagem (*Triticum tauchii*), originalmente encontrado na natureza, apresenta um número diploide de 14 cromossomos, tendo por poliploidia originado uma variedade de trigo (*Triticum turgidum*) com um número diploide de 28 cromossomos (sendo na verdade tetraploide, 4n em relação à espécie original).

É importante lembrar que animais poliploides são inviáveis, sendo esse processo de especiação possível somente em alguns organismos como vegetais. A exceção conhecida são os sapos do gênero *Xenopus*, em que episódios de especiação por poliploidia já foram verificados.

Hibridização ou Aloploidia

Quando ocorrem meioses anômalas em X e Y, uma nova espécie Z pode se formar da seguinte maneira:



O indivíduo híbrido nesse caso pode gerar gametas porque, em sua meiose, os genomas que vieram em dupla em cada gameta podem se parear um com o outro. Assim, n1 pode parear com n1 e n2 pode parear com n2. Gametas n1 + n2 poderão ser gerados e o híbrido pode constituir uma nova espécie.

O trigo comum moderno (*Triticum sativum*) apresenta um número diploide de 42 cromossomos, tendo se originado a partir da hibridização do trigo *Triticum tauchii* de 14 cromossomos com o trigo *Triticum turgidum* de 28 cromossomos.

ESPECIAÇÃO ALOPÁTRICA

A **especiação alopátrica** (do grego *allós*, 'diferente') ocorre de tal modo que o primeiro passo na formação de duas novas espécies é o estabelecimento de uma barreira geográfica de difícil transposição, caracterizando um fenômeno de isolamento geográfico.

Vicariância ou efeito vicariante é o mecanismo evolutivo no qual ocorre uma fragmentação de uma área biótica, separando populações de determinadas espécies. A falta de fluxo gênico entre as duas sub-populações agora formadas fará com que elas fiquem cada vez mais diferentes e, mantendo-se a barreira por tempo suficiente, levará à especiação.

Estas barreiras podem ser geográficas, como a formação de montanhas devido ao movimento de placas tectônicas, uma falha causada pelo distanciamento de duas placas, o surgimento de um rio etc. As barreiras também podem ser ecológicas, como quando a área entre duas populações torna-se imprópria para a reprodução da espécie (por exemplo, no caso de anfíbios, uma zona húmida que se torna árida devido a desertificação).

Em ambientes aquáticos, elevações rochosas nos fundos de oceanos podem separar populações de uma mesma espécie que se manterão isoladas, sofrendo todo o processo de diferenciação gênica separadamente.

A área ocupada pela população que sofre esse fenômeno deve ser numericamente semelhante à área ocupada pela população ancestral, já que a disjunção não é causada por ação do grupo, ou seja, não há deslocamento, por parte do grupo, de uma área para outra.

A separação dos continentes, de acordo com a Teoria da Deriva Continental de Alfred Wegener, representou um episódio de vicariância que justifica a existência de espécies relacionadas em massas continentais isoladas por oceanos, como África e América do Sul.

Tome nota:

Em ambientes distintos, as pressões seletivas são distintas, de modo que, com o tempo, se estabelecem então divergências genéticas entre as populações, que passam a formar o que chamamos de raças geográficas.

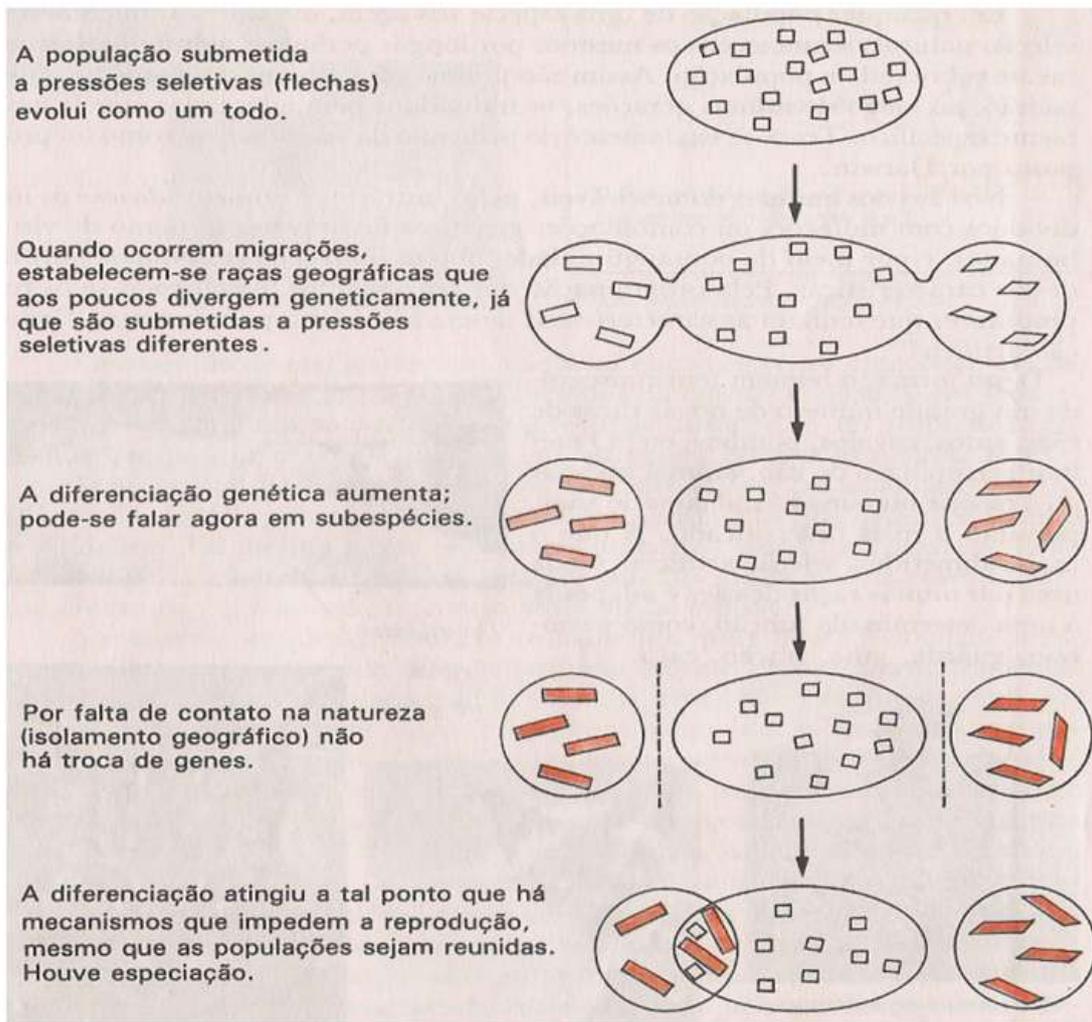
As **raças geográficas** mais facilmente reconhecidas, porque têm maior diferenciação, são chamadas de subespécies pelos biólogos. Se porventura indivíduos de raças geográficas ou subespécies forem postos em contato, eles se cruzam e têm descendentes férteis.

Caso as subespécies fiquem isoladas geograficamente por um grande período de tempo, sua diferenciação genética pode tornar-se tão grande que mesmo reunidas na natureza, não podem mais se cruzar. Estabelece-se o **isolamento reprodutivo** entre elas e estamos diante agora de espécies diferentes.

Assim temos:

- 1. Aparecimento de barreira geográfica (isolamento geográfico);**
- 2. Acúmulo de diferenças genéticas entre as populações (formação de subespécies ou raças geográficas);**
- 3. Estabelecimento de isolamento reprodutivo.**

Com o isolamento reprodutivo, mesmo que as populações tornem a ser simpátricas, não ocorrerá troca genética entre elas, em consequência de vários tipos de mecanismos reprodutivos que podem ter-se estabelecido. Por esse motivo, apesar de vizinhas num mesmo território, elas continuam a evoluir separadamente.



Anagênese e cladogênese.

ESPECIAÇÃO DICOPÁTRICA

O modelo clássico de especiação alopátrica é denominada **especiação dicopátrica** (do grego *di*, 'dois') porque pressupõe que duas novas espécies se formaram a partir da espécie original, havendo entre elas um isolamento geográfico bem definido.

ESPECIAÇÃO PARAPÁTRICA

Na **especiação parapátrica** (do grego *para*, 'ao lado'), ocorre isolamento de populações na região periférica em relação à distribuição geográfica da população inicial, de modo que as novas espécies se formam nas bordas do ecossistema originalmente ocupado, nas fronteiras com outros ambientes. Nesse caso, há menos um isolamento geográfico e mais um isolamento comportamental, uma vez que as condições ambientais nas regiões limítrofes de um ecossistema, fronteiriças a outros ecossistemas, geram microambientes diferentes daqueles das regiões centrais.

Um exemplo dessa situação ocorre devido a mudanças ambientais bruscas em certas áreas de um ecossistema devido mesmo à atividade humana. Uma possibilidade é a mudança abrupta nas condições do solo criadas pela atividade mineradora, que deixa restos de cascalho com altas concentrações de metais pesados, como o chumbo e o zinco. Os solos formados com tais refugos contêm concentrações de metais pesados que são danosas ao crescimento da maioria das plantas. Há uma forte seleção favorecendo a tolerância a metais pesados nas plantas que crescem nesses locais. Nesse último século, plantas capazes de crescimento nesse tipo de solo evoluíram em várias espécies de gramíneas. Um isolamento reprodutivo quase completo ocorre entre as plantas que crescem em solos originados de refugos e plantas que crescem em solos com condições normais, pois sua floração se dá em épocas diferentes. Além disso, as plantas tolerantes a metais se autopolinizam mais frequentemente do que as plantas de solos normais, o que reduz ainda mais o fluxo gênico.

ESPECIAÇÃO PERIPÁTRICA

A especiação peripátrica (do grego *peri*, 'ao redor') é um tipo especial de especiação parapátrica, em que uma das populações isoladas é bastante menor do que a outra. Nestes casos, como a população é pequena, mecanismos como a deriva genética ou o efeito fundador são mais importantes, pois populações pequenas sofrem frequentemente do efeito de gargalo.

TEORIA DOS REFÚGIOS

O isolamento de populações realmente facilita o surgimento de novas espécies. A **Teoria dos Refúgios**, por exemplo, afirma que a grande diversidade de espécies em uma área ocorre muitas vezes pelo isolamento de algumas regiões onde a evolução cria novas variedades. Para explicar a diversidade de mamíferos na Amazônia, por exemplo, a Teoria dos Refúgios defende que em algum momento, fragmentos de florestas foram isolados uns dos outros por áreas desérticas, de modo que as espécies de cada fragmento isolado (refúgio) puderam se diferenciar, inclusive muitas vezes formando novas espécies. Com a expansão das florestas, refúgios foram unidos numa área contínua, mas a diversidade já havia sido gerada. A diversidade de peixes no oceano também pode ser explicada pela concentração de espécies em certas áreas, mais ricas em nutrientes e isoladas de outras áreas por vastidões de "desertos oceânicos" pobres em nutrientes e por isso evitados pelos organismos. Cada região dessas funcionaria também como um refúgio onde a evolução origina uma diversidade particular de seres vivos.

RAÇAS E RAÇAS GEOGRÁFICAS

Raça é um conjunto de indivíduos da mesma espécie que possuem um mesmo *pool* gênico, ou seja, um conjunto de genes que determinam características bem semelhantes nos indivíduos.

Em humanos, não se considera a existência de raças, uma vez que a diferença genética entre os vários grupos étnicos é muito

pequena para tal. Apesar disso, fala-se em etnia negra (negroides, de origem africana, com genes para pele, cabelos e olhos negros, poucos pelos etc), etnia branca (caucasoides, de origem europeia, com genes para pele, cabelos e olhos claros etc) e etnia asiática (mongoloides, de origem asiática, com genes para cabelos negros e lisos, olhos puxados etc).

Raça geográfica ou **subespécie** são raças surgidas em ambientes geograficamente distintos, sendo variedades típicas de uma determinada área, estando isolados reprodutivamente em condições naturais, e em vias de originar novas espécies distintas (de maneira simples, uma subespécie é o último estágio antes de se separar em espécies distintas).

Por que existem tantas raças de animais domésticos e tão poucas de animais selvagens

Animais domésticos têm suas raças produzidas por um processo seletivo diferente, a **seleção artificial** ou **melhoramento genético**, proporcionada pela ação humana. A seleção natural escolhe detalhes mais amplos em relação às características da espécie, como alta capacidade de reprodução, resistência a doenças etc, uma vez que as condições de ambientes naturais são bem mais uniformes. A seleção artificial é mais minuciosa, selecionando uma gama de características bem mais ampla, nem sempre favoráveis à referida espécie, mas sim à vontade humana. Assim, o homem manipula cruzamentos originando linhagens cada vez mais puras para as características desejáveis, coisa que nunca iria acontecer em condições naturais, onde os cruzamentos tendem a ocorrer ao acaso.

Se várias populações de algumas das atuais raças de cães fossem colocadas num continente isolado e se cruzassem livremente por milhares de anos, se a interferência do homem, provavelmente se tornariam uma população única, uniforme e padronizada, bem adaptada às condições daquele ambiente, como ocorre com animais selvagens como o lobo e o coiote.

IRRADIAÇÃO ADAPTATIVA

Uma população ou espécie que vive numa certa área tende sempre a se dispersar ocupando a maior área possível. Uma única espécie pode dar origem a uma grande variedade de formas, cada uma adaptada a explorar um certo conjunto de condições de vida que é chamado de nicho ecológico. A essa diversificação de formas originadas a partir de uma espécie ou grupo único chamamos irradiação adaptativa. A diversificação é moldada pelas diversas condições ambientais que selecionam em cada região características diferentes. Com o tempo, cada população tende a se adaptar cada vez melhor a seu ambiente específico, divergindo crescentemente do ancestral original.

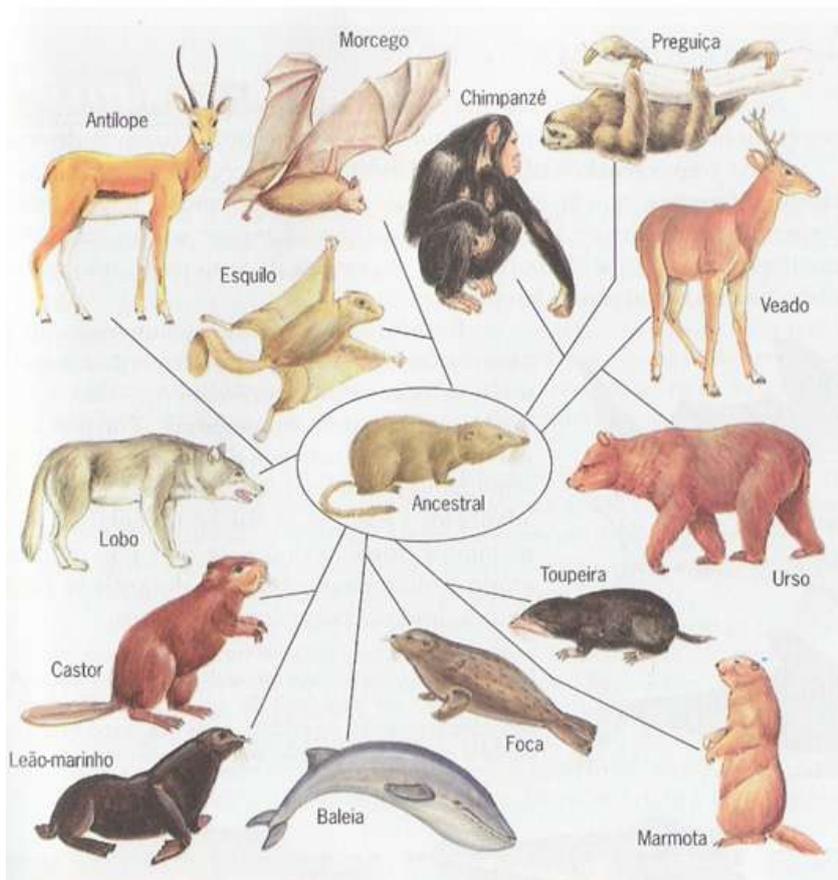
Vamos dar dois exemplos na natureza que parecem claramente provenientes de irradiação adaptativa.

Todos os mamíferos vieram de um mamífero ancestral, semelhante ao atual musaranho (por sua vez parecido com um rato pequeno) por irradiação adaptativa devido a sua grande dispersão. Hoje, patas de cavalos, asas de morcegos e nadadeiras de baleia são estruturas derivadas da pata e da mão deste mamífero ancestral. Note que todas estas estruturas são órgãos homólogos por terem a mesma origem evolutiva (a homologia sempre implica origem igual, podendo a função ser diferente).

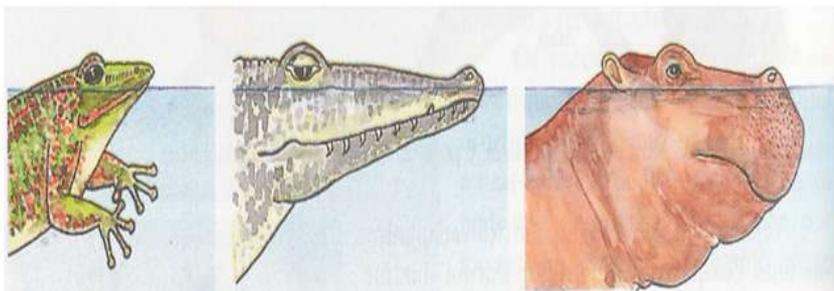
Nas ilhas Galápagos visitadas por Darwin durante sua viagem a bordo do Beagle, existem catorze espécies de tentilhões. Os exemplares de todas elas são muito parecidos, e muito provavelmente evoluíram de ancestrais comuns; porém cada espécie possui uma adaptação para usar um certo tipo de alimento. Os bicos dessas aves, em particular, são bem diferenciados, cada qual especializado no uso de um tipo de alimento.

Acredita-se que o grupo fundador original, oriundo do continente, tenha provavelmente chegado a uma das ilhas maiores, onde sobreviveu certo tempo; alguns indivíduos do grupo, de uma forma ou de outra, devem ter passado para as outras ilhas, onde ficaram isolados tempo suficiente para haver especiação. Talvez pelo fato de os tentilhões não serem muito bons voadores, foi possível acontecer isolamento e conseqüentemente especiação; caso contrário, os pássaros poderiam ter continuado até hoje como uma única espécie. Há hoje em cada ilha, várias espécies de tentilhões, mas pelo fato de haver grande especialização alimentar, a competição entre elas é muito reduzida.

A irradiação adaptativa está relacionada à especiação por cladogênese e à formação de várias espécies a partir de uma ancestral, com conseqüente surgimento de órgãos homólogos.



Anagênese e cladogênese.



A posição das narinas no sapo, um anfíbio, no jacaré, um réptil, e no hipopótamo, um mamífero, também são resultado de convergência adaptativa para possibilitar a respiração aérea mesmo no ambiente aquático.

CONVERGÊNCIA ADAPTATIVA

A irradiação é caracterizada pelo fato de organismos de mesmas origens ancestrais de diferenciarem, adquirindo caracteres bastante diversos, que lhes permitem a exploração de nichos ecológicos.

Ao contrário, na **convergência adaptativa** ou na evolução convergente, organismos diferentes que vivem no mesmo ambiente há muito tempo, sendo submetidos a pressões de seleção semelhantes, acabam por se parecer. Mas aqui a semelhança não é sinal de parentesco; ela foi conseguida pela ação da seleção natural sobre espécies de origens diferentes.

É evidente que os animais aquáticos que tenham a forma de seu corpo adaptada à natação serão selecionados, não importando de que ancestrais provenham. A forma geral do corpo dos golfinhos e tubarões é muito semelhante, sendo ambos animais adaptados à natação. O golfinho, no entanto, é um mamífero endotérmico com respiração pulmonar, sendo evolutivamente bastante diferenciada de tubarões, que são peixes cartilaginosos.

O corpo fusiforme do tubarão (A), um peixe, do ictiossauro (B), um réptil pré-histórico, e do golfinho (C), um mamífero, é resultado de convergência adaptativa como adaptação à natação.

