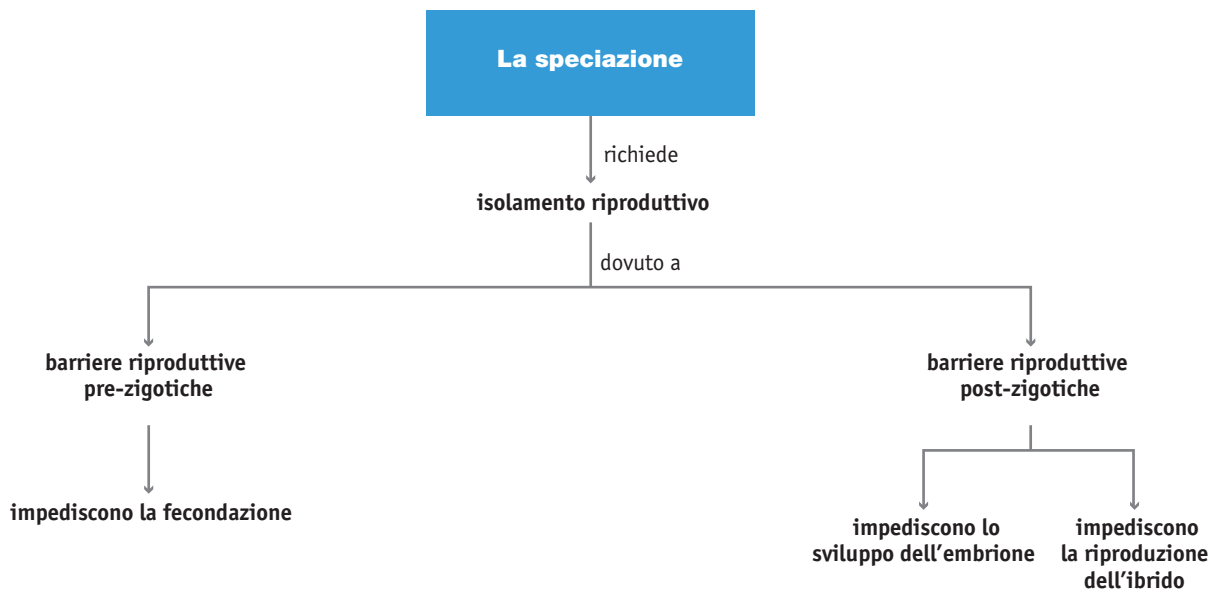
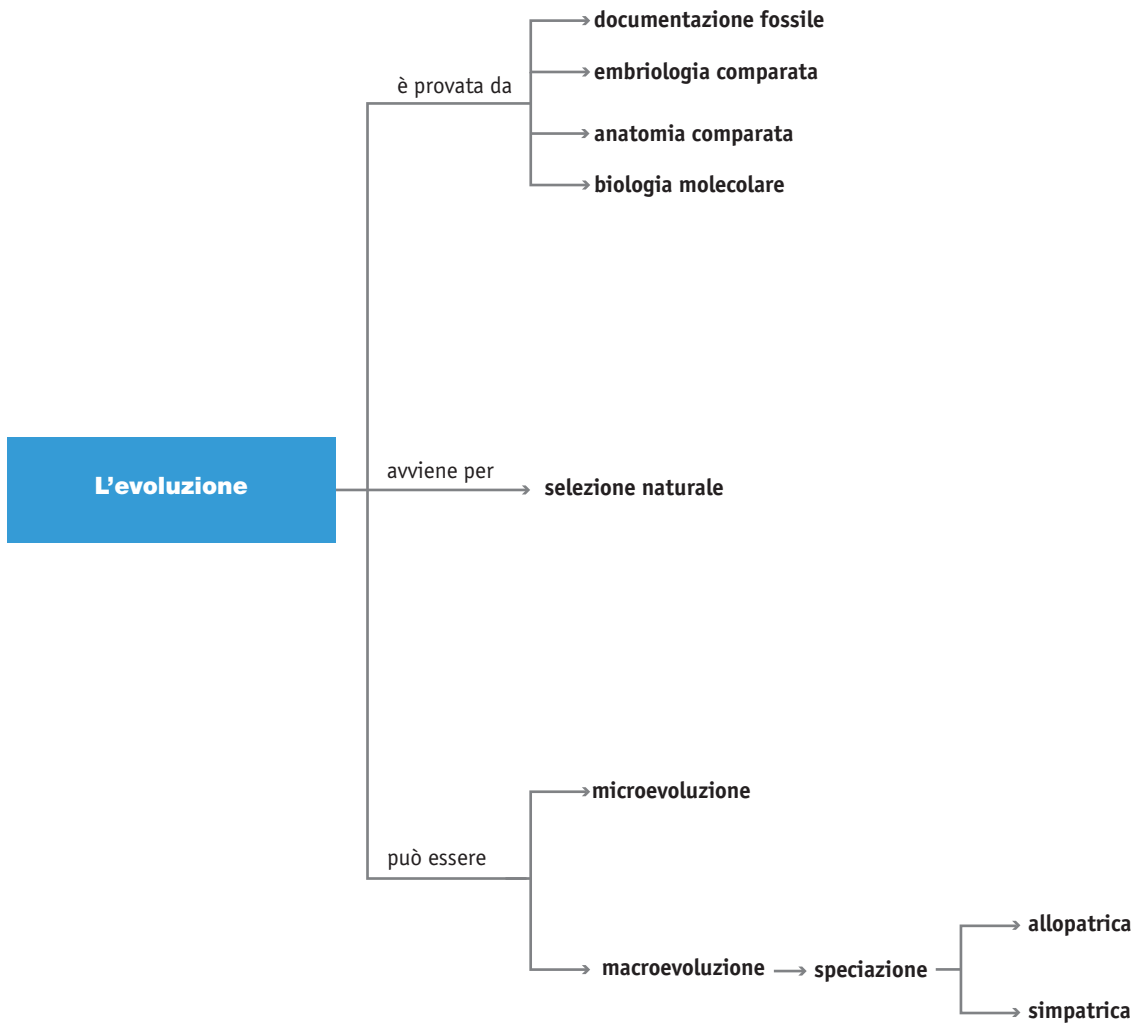


UNITÀ 17. Le teorie sull'evoluzione



■ Dal creazionismo alla teoria dell'evoluzione

Già dall'antichità, la varietà della vita sulla Terra e la sua origine sono state oggetto di studio da parte di filosofi e scienziati.

Fino alla metà del XVIII secolo l'opinione prevalente era che le specie fossero state create da Dio e fossero pertanto immutabili nel tempo.

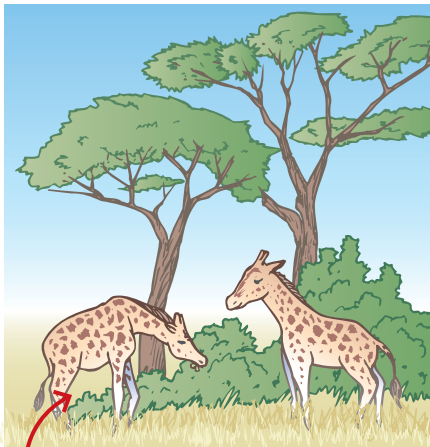
L'idea che la comparsa delle specie sia opera di un Creatore e perciò che esse siano perfette e immutabili è nota con il nome di **creazionismo**. Il pensiero creazionista dominò la cultura occidentale per molti secoli.

Più tardi gli studi compiuti in campo biologico e geologico portarono gradualmente all'affermazione dell'idea che le specie si evolvono, cioè cambiano nel tempo.

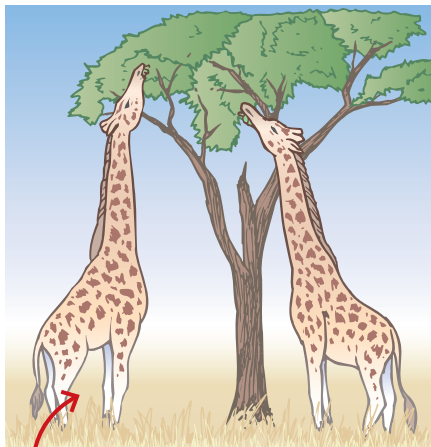
Il primo tentativo di spiegare il meccanismo con il quale le specie evolvono si deve a **Jean Baptiste Lamarck**. Egli propose la teoria dell'**ereditarietà dei caratteri acquisiti**.

Lamarck era convinto che le specie cambiassero nel tempo e aveva intuito che i cambiamenti fossero *adattativi*, cioè aumentassero le probabilità di sopravvivenza degli individui nell'ambiente. Lamarck fu il primo scienziato che tentò spiegare come le specie cambiassero da una generazione all'altra evolvendo. Secondo Lamarck, gli esseri viventi hanno una tendenza innata a evolvere verso una complessità maggiore. Egli riteneva inoltre che gli organi degli animali potessero svilupparsi di più o di meno a seconda dell'uso. I cambiamenti avvenuti durante la vita di un organismo venivano quindi trasmessi alle generazioni successive.

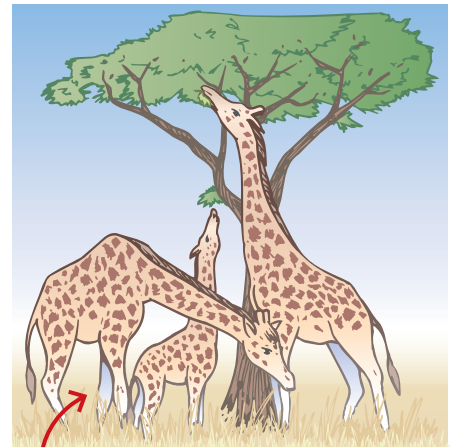
Questo meccanismo evolutivo suggerito da Lamarck, noto come ereditarietà dei caratteri acquisiti, si rivelò inesatto e fu soppiantato dalle tesi proposte da Darwin.



Secondo la teoria dell'ereditarietà dei caratteri acquisiti applicata all'evoluzione delle giraffe, un antenato di questi animali che possedeva un collo corto brucava le erbe della savana.



In seguito a un cambiamento ambientale, l'antenato delle giraffe inizia a brucare le foglie degli alberi, che si trovano più in alto, provocando uno stiramento e un allungamento del collo.



Per questa ragione, con il passare del tempo, le giraffe acquisiscono un collo più lungo rispetto ai loro antenati e lo trasmettono ai loro discendenti.

■ Le prove a sostegno dell'evoluzione

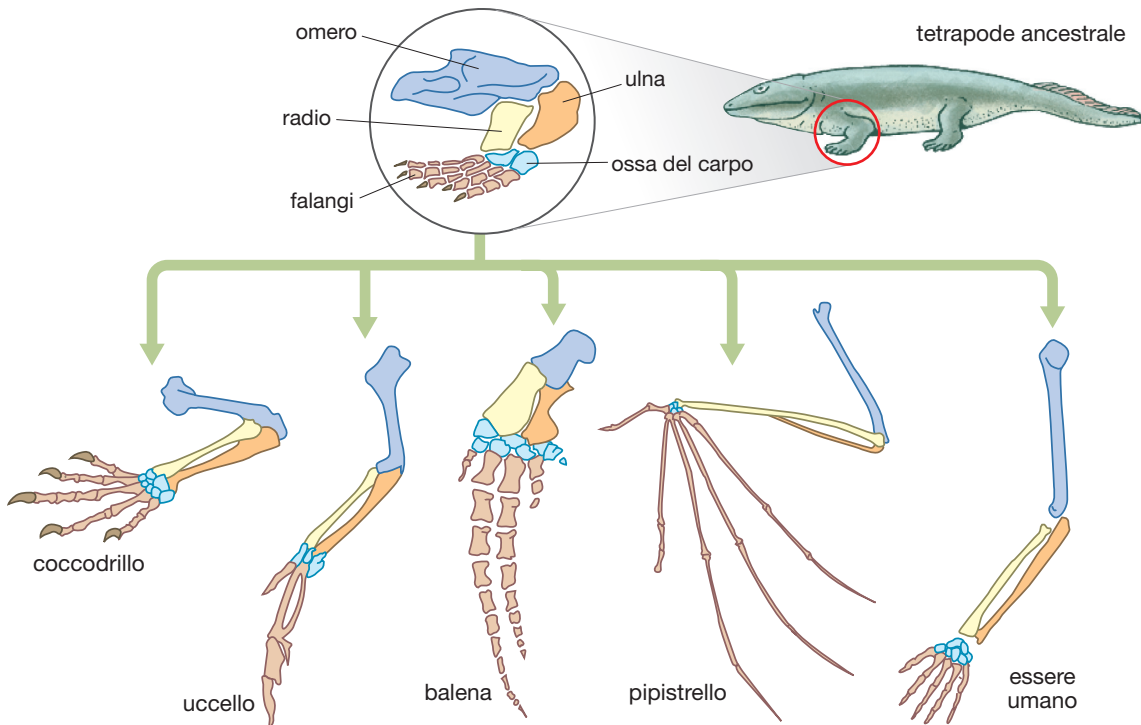
Le prove a sostegno dell'evoluzione sono numerose e provengono da diversi campi di studio. Alcune evidenze sono di natura geologica: la **documentazione fossile**, per esempio, mostra come alcune specie siano cambiate nel tempo.

Altre prove derivano dall'**anatomia comparata**, la disciplina che studia le analogie e le differenze tra le strutture anatomiche nei diversi gruppi animali.

UNITÀ 17. Le teorie sull'evoluzione

Le somiglianze anatomiche che accomunano specie differenti indicano infatti una discendenza comune.

Per esempio, l'arto dei vertebrati, pur mostrando grandi differenze nella forma e nella funzione, è caratterizzato da un modello anatomico comune a tutti i gruppi. Gli arti anteriori degli uccelli e dei mammiferi sono costituiti dagli stessi elementi scheletrici.



Ulteriori conferme della teoria evolutiva vengono dall'**embriologia comparata**, cioè dal confronto tra gli embrioni dei vertebrati nei primi stadi del loro sviluppo: specie molto diverse mostrano fasi iniziali di sviluppo simili, come retaggio della loro storia evolutiva.

Infine, anche la moderna **biologia molecolare**, supportata dai dati paleontologici, ha fornito una conferma della teoria evolutiva.

I biologi molecolari hanno recentemente dimostrato che in due specie strettamente imparentate le sequenze di basi nel DNA e le sequenze di amminoacidi nelle proteine presentano una somiglianza maggiore rispetto a quelle di specie più lontane dal punto di vista filogenetico.

Mettendo in relazione il grado di somiglianza a livello molecolare tra due specie per le quali si conosce la data della separazione da un antenato comune, è possibile utilizzare alcune proteine come veri e propri **orologi molecolari**.

■ La teoria dell'evoluzione di Darwin

La **teoria dell'evoluzione** delle specie è indissolubilmente legata al nome di Charles Darwin (1809-1882). Il naturalista inglese, infatti, fornì molte prove a sostegno dell'idea che gli organismi mutano nel tempo e propose la spiegazione del meccanismo con cui il cambiamento avviene.

Secondo Darwin l'evoluzione delle specie procede con un meccanismo che può essere riassunto in quattro punti principali.

UNITÀ 17. Le teorie sull'evoluzione

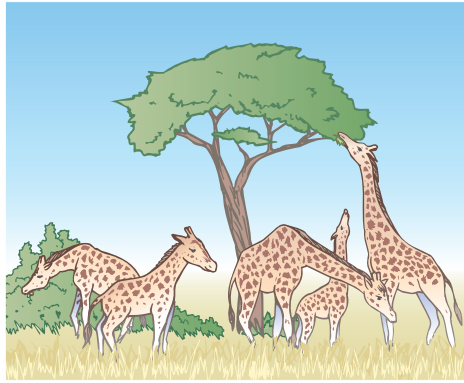
1. Ogni popolazione tende a produrre prole in eccesso, cioè un numero di discendenti superiore a quello che le risorse dell'ambiente in cui vive possono sostenere. La *sovrapproduzione di prole* ha come conseguenza la lotta per la sopravvivenza tra i componenti di una stessa popolazione. Quindi, per ogni generazione sopravvive solo una parte dei discendenti.

2. Ogni popolazione mostra al proprio interno una notevole **variabilità dei caratteri**. Alcune caratteristiche si rivelano più favorevoli di altre, in quanto permettono all'individuo che le possiede di adattarsi all'ambiente e di sfruttare meglio le risorse naturali che ha a disposizione.

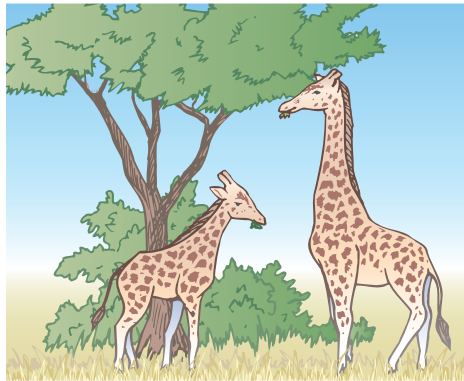
3. Il diverso adattamento all'ambiente naturale dei membri di una popolazione si traduce in un *successo riproduttivo differenziato*. Il successo riproduttivo diversificato costituisce la **selezione naturale**, ritenuta da Darwin il meccanismo che sta alla base dell'evoluzione.

4. Le caratteristiche favorevoli che hanno permesso agli individui di una popolazione un miglior adattamento all'ambiente sono *caratteri ereditabili*, cioè vengono trasmessi alla prole.

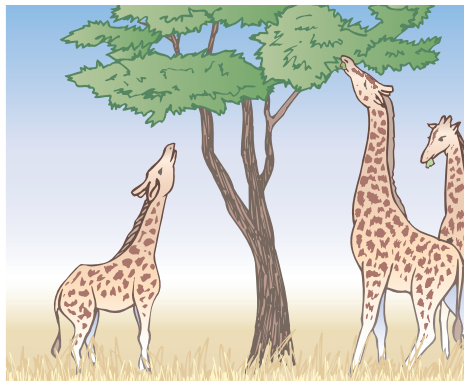
La **selezione artificiale** promossa dagli allevatori su alcune specie agisce allo stesso modo della selezione naturale, ma accelera e amplifica gli effetti sulle popolazioni.



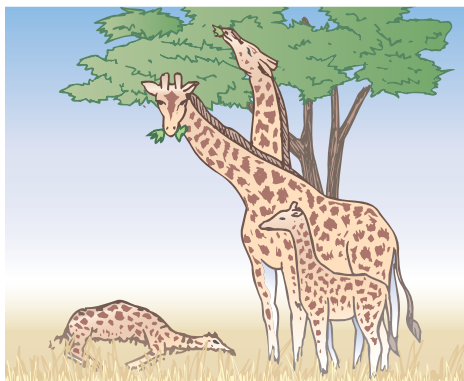
A Secondo la teoria della selezione naturale applicata all'evoluzione delle giraffe, un antenato di questi animali che possedeva un collo corto produce una prole sovrabbondante.



B La popolazione di giraffe presenta al suo interno individui con una lunghezza del collo variabile. Gli individui con il collo più lungo iniziano a brucare le foglie degli alberi e trovano quindi nuova fonte di nutrimento. Gli individui con il collo corto non possono farlo.



C Le giraffe con il collo lungo si riproducono in misura maggiore rispetto a quelle con il collo corto, in quanto sono meglio adattate all'ambiente in cui vivono.



D Le giraffe con il collo lungo trasmettono alla propria prole i loro caratteri. Dopo più generazioni la popolazione è composta da un numero maggiore di individui con il collo lungo.

Le basi genetiche dell'evoluzione

Nonostante gli studi di Mendel non fossero ancora noti, Darwin aveva intuito che i caratteri di un individuo erano trasmissibili alla generazione successiva. Questa **trasmissibilità dei caratteri** è un punto fondamentale del meccanismo della selezione naturale come spiegazione della teoria dell'evoluzione.

Gli scienziati moderni hanno cercato di unire gli studi sull'evoluzione con quelli sulla genetica creando una disciplina, la **genetica delle popolazioni**, che spiega i processi con cui le variazioni si generano e vengono trasmesse all'interno delle popolazioni.

L'oggetto principale della genetica di popolazioni è lo studio del **pool genico**, cioè dell'insieme dei geni di una popolazione in un determinato momento. Il pool genico è costituito da tutti gli alleli di tutti gli individui che compongono una popolazione.

Una legge fondamentale della genetica di popolazioni afferma che la riproduzione sessuata non altera la composizione genica della popolazione stessa.

Questa affermazione è stata dimostrata contemporaneamente da due scienziati ed è pertanto nota con il loro nome: **equilibrio di Hardy-Weinberg**.

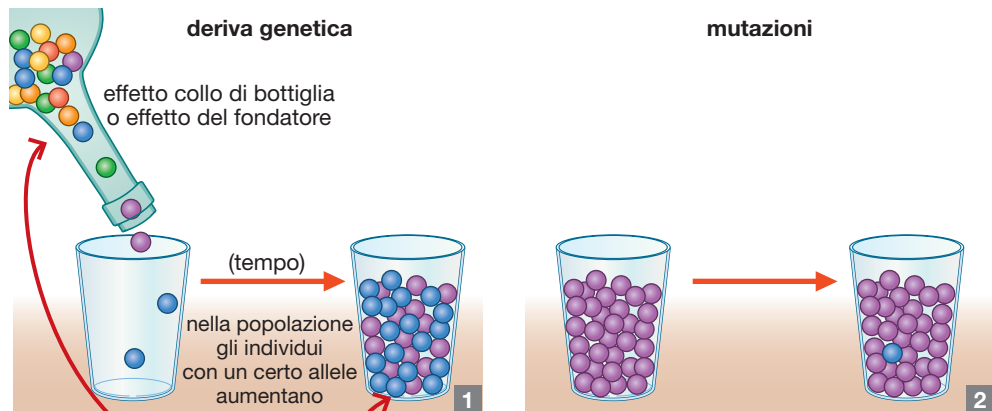
Essi dimostrarono matematicamente che, se non intervengono fattori esterni, da una generazione a quella successiva la frequenza di un allele resta invariata.

L'evoluzione può essere considerata come un cambiamento nelle frequenze alleliche, cambiamento riconducibile alla selezione naturale, ma anche ad altri fattori.

1. Un cambiamento delle frequenze alleliche dovuto ad un evento casuale viene detto **deriva genetica**, che è favorita nelle popolazioni di piccole dimensioni. I due fenomeni principali che determinano una riduzione della popolazione tale da permettere la deriva genetica sono l'«effetto collo di bottiglia» e l'«effetto del fondatore».

2. Una **mutazione** può portare alla formazione di un nuovo allele non presente nella composizione originale.

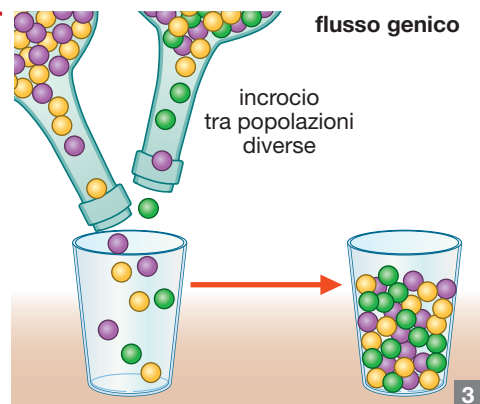
3. Inoltre l'ingresso o la fuoriuscita di alleli in una popolazione quando questa non è isolata, ossia il **flusso genico**, porta a un cambiamento delle frequenze.



L'**effetto collo di bottiglia** si verifica quando una popolazione si riduce drasticamente in seguito, ad esempio, a incendi o alluvioni. In questo caso non è detto che la frequenza degli alleli nella popolazione sopravvissuta rispecchi quella originale (alcuni alleli possono essere eliminati dal pool genico, mentre altri favoriti).

L'**effetto del fondatore** si verifica quando un piccolo numero di individui si separa da una popolazione di grandi dimensioni per originarne una nuova; la nuova popolazione può essere geneticamente rappresentativa di quella da cui deriva oppure no: alcuni alleli rari, per esempio, potrebbero essere molto rappresentati o del tutto assenti. Un esempio è dato dagli Amish, un gruppo fondato da poche persone che circa 200 anni fa emigrarono dalla Svizzera negli Stati Uniti. Nel gruppo dei fondatori era presente una coppia portatrice di un allele rarissimo che allo stato omozigote determina nanismo e dita soprannumerarie.

Attualmente questo allele è presente nel 13% dei circa 17 000 Amish che compongono la colonia, una percentuale molto superiore a quella della popolazione americana.



■ Che cos'è una specie?

La definizione di specie biologica ha interessato gli scienziati per molto tempo in quanto non è univoca ed è ancora oggetto di discussione.

Una delle definizioni più largamente accettate è la seguente: *le specie sono gruppi di popolazioni naturali che, concretamente o potenzialmente, sono in grado di incrociarsi tra loro e di produrre una prole a sua volta fertile.*

Tra due specie diverse esiste un **isolamento riproduttivo** cioè una serie di barriere che impediscono la formazione e lo sviluppo dello zigote.

A seconda che queste barriere intervengano prima o dopo la fecondazione si distinguono **barriere pre-zigotiche** e **barriere post-zigotiche**.

Le barriere riproduttive pre-zigotiche comprendono tutti i meccanismi che impediscono il corteggiamento, l'accoppiamento o la fusione dei gameti e che pertanto rendono impossibile la formazione dello zigote.

BARRIERE PRE-ZIGOTICHE (impediscono la fecondazione)

Isolamento spaziale o ecologico Le popolazioni vivono o si riproducono in ambienti diversi e pertanto non possono incontrarsi.

Isolamento temporale Le popolazioni si riproducono in periodi diversi dell'anno o in momenti differenti della giornata.

Isolamento comportamentale Gli individui non si riconoscono come partner riproduttivi per differenze nei rituali di corteggiamento.

Isolamento anatomico o meccanico L'anatomia degli organi genitali o dei fiori impedisce l'accoppiamento o l'unione dei gameti.

Isolamento gametico I gameti maschili e femminili non si fondono a causa di barriere di tipo chimico.

Le barriere post-zigotiche agiscono dopo che i gameti si sono uniti e si è formato lo zigote. Esse rappresentano un rafforzamento delle barriere pre-zigotiche. Nella maggior parte dei casi, lo zigote che si forma non si sviluppa correttamente, e ciò è dovuto alle differenze nel patrimonio genetico che si riscontrano in specie diverse. In alcuni casi però lo zigote può svilupparsi e portare alla formazione di un individuo.

Gli individui che derivano dall'incrocio di due specie differenti sono chiamati **ibridi**. Gli ibridi spesso sono deboli e sterili.

BARRIERE POST-ZIGOTICHE

(impediscono il normale sviluppo embrionale e la maturazione dell'individuo)

Zigote anomalo La cellula uovo fecondata non si sviluppa.

Ibridi non vitali Gli ibridi che si generano non si sviluppano completamente o risultano deboli e con scarse possibilità di sopravvivenza.

Ibridi sterili Gli ibridi sono sterili e non producono gameti in grado di garantire la riproduzione.

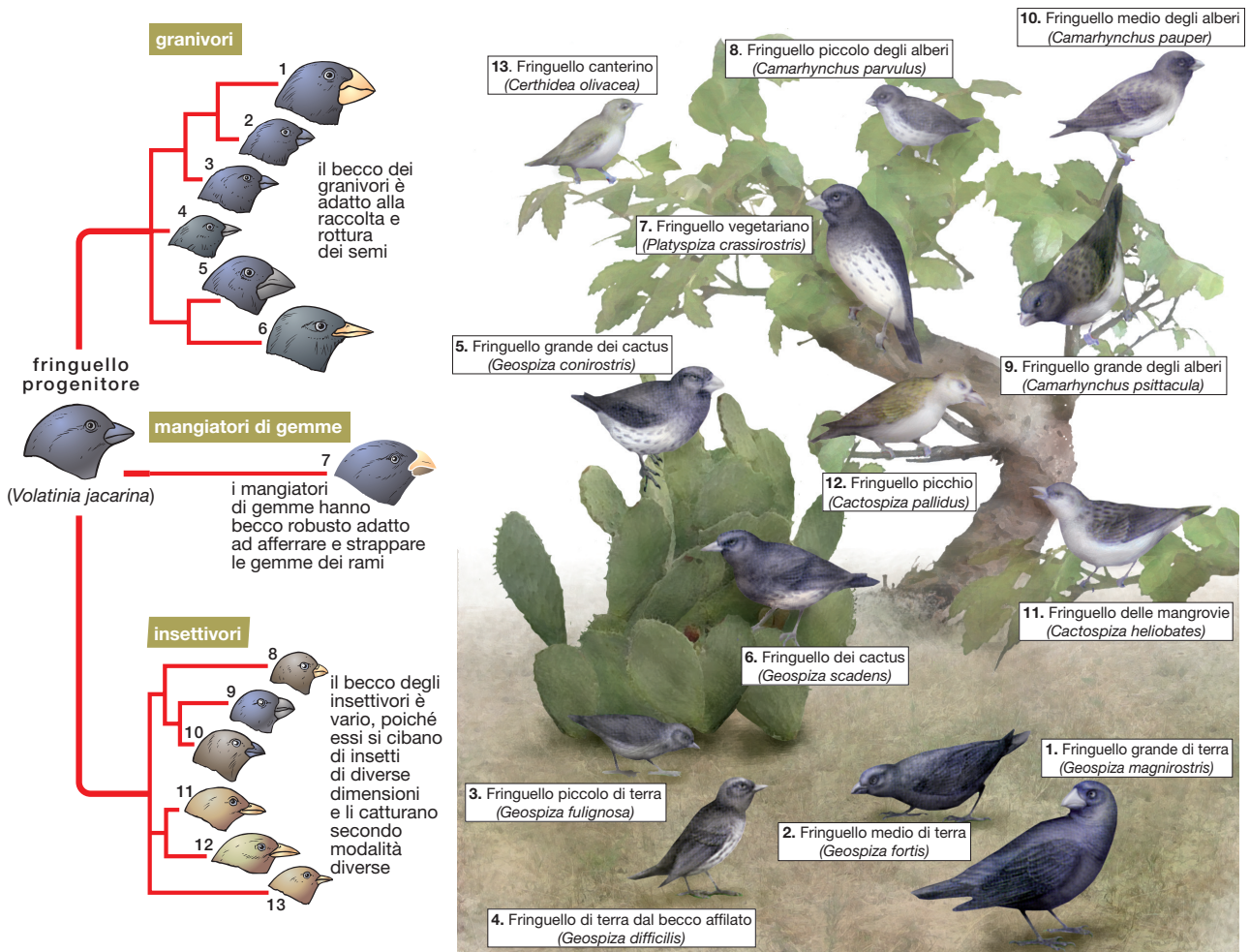
La speciazione

Una specie è costituita da un gruppo di individui isolati dal punto di vista riproduttivo dagli individui di altre specie.

Il fenomeno della **speciazione**, cioè della formazione di una nuova specie, si realizza pertanto attraverso la formazione di una *barriera riproduttiva* tra due popolazioni di una stessa specie. La speciazione può avvenire sia quando due popolazioni sono separate geograficamente (*speciazione allopatrica*) sia quando esse continuano a vivere nella medesima area geografica (*speciazione simpatica*). La modalità più frequente che porta alla speciazione simpatica è la **poliploidia**, cioè l'aumento del numero di cromosomi rispetto al normale assetto diploide ($2n$). A seguito della formazione della barriera riproduttiva, le popolazioni risultano separate e il mescolamento dei geni è impedito; ciascuna delle due popolazioni prosegue quindi il proprio cammino evolutivo in maniera indipendente.

Un particolare caso di speciazione si verifica quando numerose specie si originano a partire da un antenato comune che colonizza un ambiente relativamente disabitato. Questo tipo di evoluzione viene chiamato **radiazione adattativa** e il caso più famoso venne descritto da Darwin per i fringuelli delle isole Galápagos.

I fringuelli non percorrono grandi distanze in volo, pertanto le isole dell'arcipelago delle Galápagos sono sufficientemente distanti tra loro da impedire il rimescolamento genetico tra le popolazioni. L'isolamento geografico ha portato alla formazione di varie specie di fringuello, che hanno assunto abitudini alimentari differenti.



■ Gli sviluppi della teoria evolutiva

Dopo la pubblicazione, a metà dell'Ottocento, dell'*Origine delle specie* di Charles Darwin, la teoria dell'evoluzione per selezione naturale si è affermata a tal punto che già alcuni anni fa un biologo americano ha scritto che «niente in biologia ha senso se non alla luce dell'evoluzione».

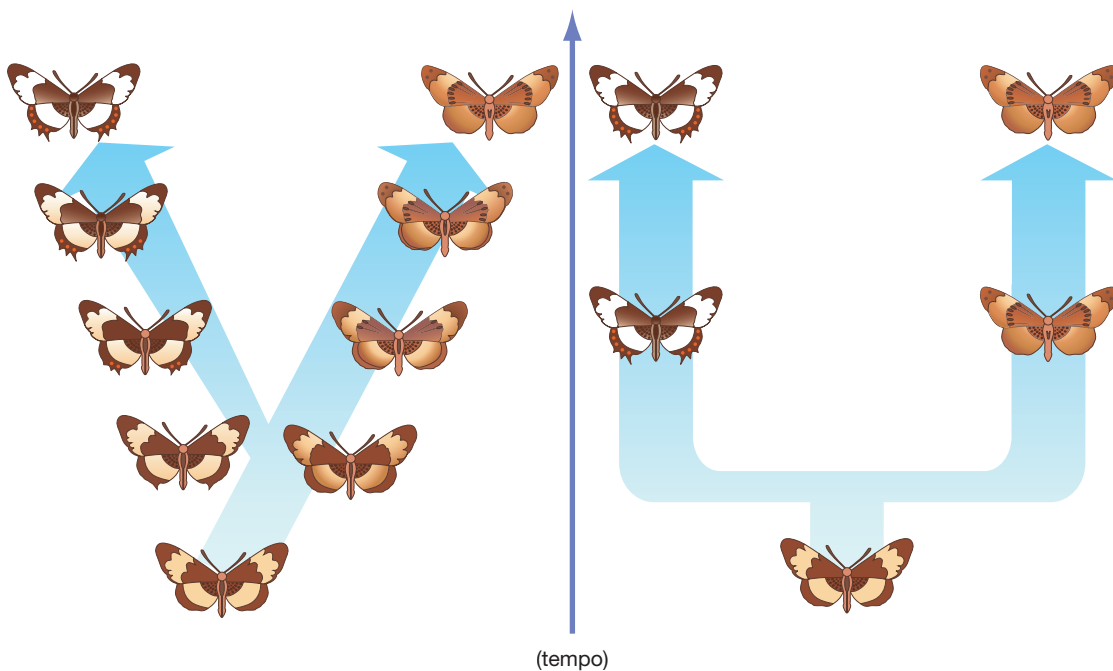
Durante tutto il Novecento, il dibattito sui meccanismi di azione della selezione naturale è rimasto aperto e vivace.

I biologi evolucionisti si sono divisi in **gradualisti** – sostenitori della teoria come formulata da Darwin e pertanto detti neodarwinisti – e in **saltazionisti** – così chiamati in quanto ritengono che l'evoluzione possa procedere «a salti».

Secondo quest'ultima teoria, detta degli *equilibri punteggiati*, le specie evolverebbero rapidamente, cioè nell'arco di una o di poche generazioni. Dopo questa fase di improvvisa e rapida evoluzione seguirebbe un lungo periodo di stasi durante il quale la specie resterebbe immutata.

1. Modello del gradualismo filetico

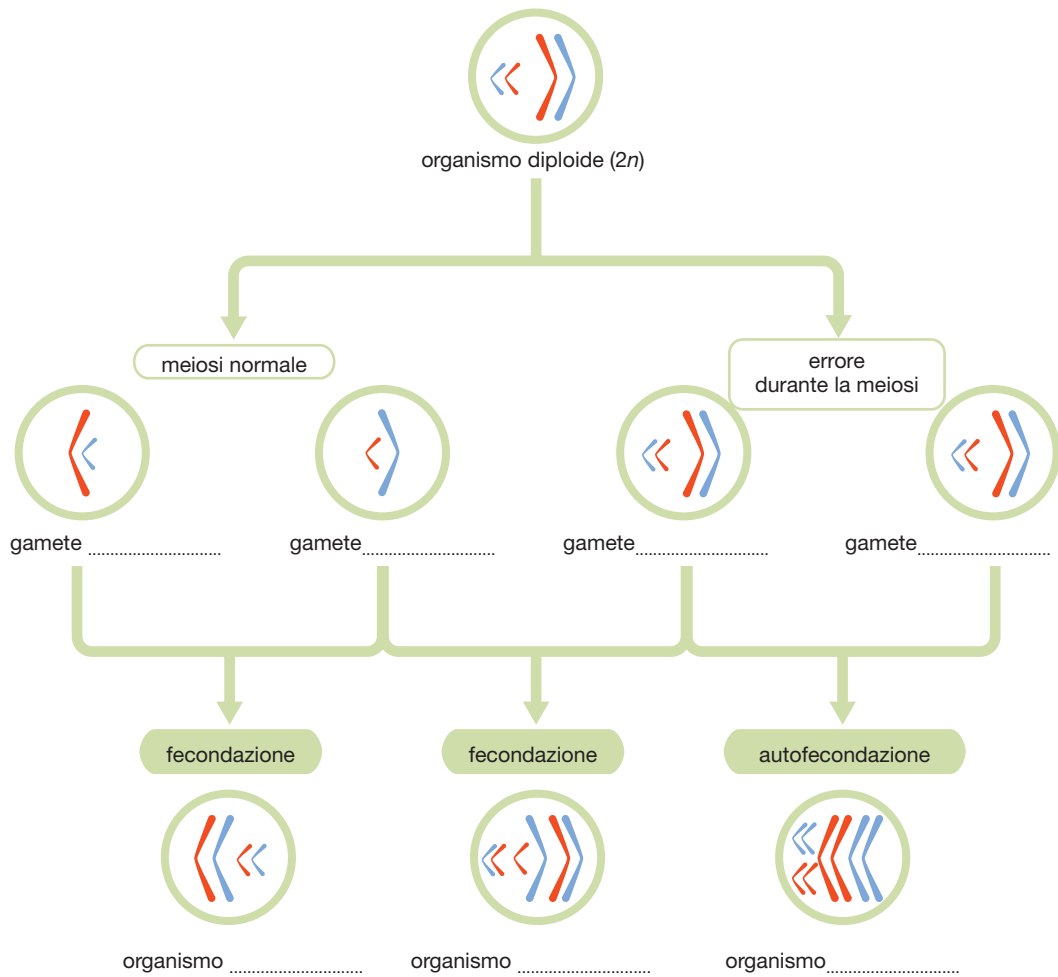
2. Modello degli equilibri punteggiati



Un posto di rilievo tra i biologi del Novecento è occupato da Stephen J. Gould, che ha dimostrato che l'evoluzione agisce senza precisi obiettivi a partire dalle strutture biologiche esistenti, in maniera che, talvolta, può apparire imperfetta e grossolana.

UNITÀ 17. Le teorie sull'evoluzione

1 Completa il disegno indicando il tipo di gameti (aploide o diploide) e in quale caso l'organismo che proviene dalla fecondazione è diploide, triploide o tetraploide.



2 Completa le seguenti frasi scegliendo i termini corretti tra quelli indicati nei corrispondenti riquadri.

A. La teoria secondo cui le specie sono e plasmate da un ente creatore viene chiamata

Immutabili, in trasformazione, creazionismo, teoria dell'evoluzione

B. Le strutture che hanno diverso aspetto, diversa funzione e origine, vengono dette strutture

Differente, comune, omologhe, analoghe

C. La selezione è un meccanismo che porta ad un successo riproduttivo, in cui gli individui che meglio riescono ad adattarsi all'ambiente si riproducono di

Artificiale, naturale, differenziato, costante, più, meno

D. Le specie sono naturali che, concretamente o potenzialmente, sono in grado di incrociarsi tra loro e di produrre una prole

Individui, popolazioni, simile, fertile, isolata

E. La speciazione si verifica quando una popolazione viene separata da un'altra da una barriera geografica.

Simpatrica, allopatrica

F. La si verifica quando numerose specie si originano a partire da un che colonizza un ambiente relativamente disabitato.

Speciazione simpatrica, radiazione adattativa, speciazione allopatrica, antenato comune, gruppo isolato