

# La teoria evuzionistica

# Introduzione

La definizione di evoluzione in biologia è **discendenza con modificazioni**. Questa definizione comprende sia le piccole modifiche che si hanno nei cambiamenti nella frequenza di un gene in una popolazione da una generazione a quella successiva che quelli su larga scala come la discendenza di specie diverse da un antenato comune in varie generazioni. **L'evoluzione ci aiuta a capire la storia della vita.** L'evoluzione biologica non è semplicemente una questione di cambiamento nel tempo. Molte cose cambiano nel tempo: gli alberi perdono le foglie, le catene montuose si formano, si innalzano e vengono erose, ma non sono esempi di evoluzione biologica, perché non comportano un cambiamento attraverso il patrimonio genetico.

**L'idea centrale dell'evoluzione biologica è che tutta la vita sulla Terra condivide un antenato comune.**

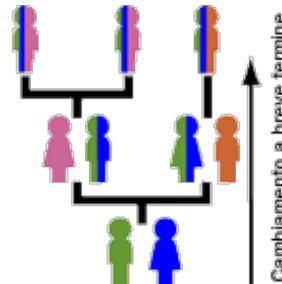
Attraverso il processo di discendenza con modificazioni, l'antenato comune della vita sulla Terra ha dato origine alla diversità che si vede documentata nei reperti fossili e oggi attorno a noi. Evoluzione significa che siamo tutti lontani cugini: gli esseri umani e le querce, i colibrì e le balene.



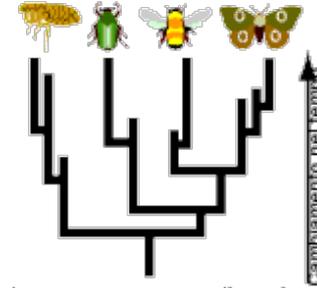
Le foglie sugli alberi cambiano colore e cadono in molte settimane



Le catene montuose vengono erose in milioni di anni.



Una genealogia illustra il cambiamento ereditario in un piccolo numero di anni.



In un gran numero di anni, l'evoluzione produce un'enorme diversità di forme di vita

# L'antichità e il medioevo

**Anassimandro** (610 – 546 a. C.) formulò alcune idee che richiamano l'evoluzione, immaginando che gli organismi si fossero formati attraverso una metamorfosi simile a quella degli insetti.

**Aristotele** (384 - 322 a. C.), il primo grande biologo della storia umana, credeva che tutti gli esseri viventi potessero essere disposti in una scala gerarchica. In questa gerarchia, detta "scala della natura" (*Scala Naturae*), gli organismi più semplici occupavano lo scalino più basso, l'uomo occupava lo scalino più alto e tutti gli altri organismi avevano una propria collocazione in mezzo. Per Aristotele gli organismi viventi erano sempre esistiti.

**Lucrezio** (99 – 55 a. C.) nel poema *De rerum natura*, postulò l'origine spontanea di ogni genere di creature, uomo compreso, in una trascorsa età dell'oro.

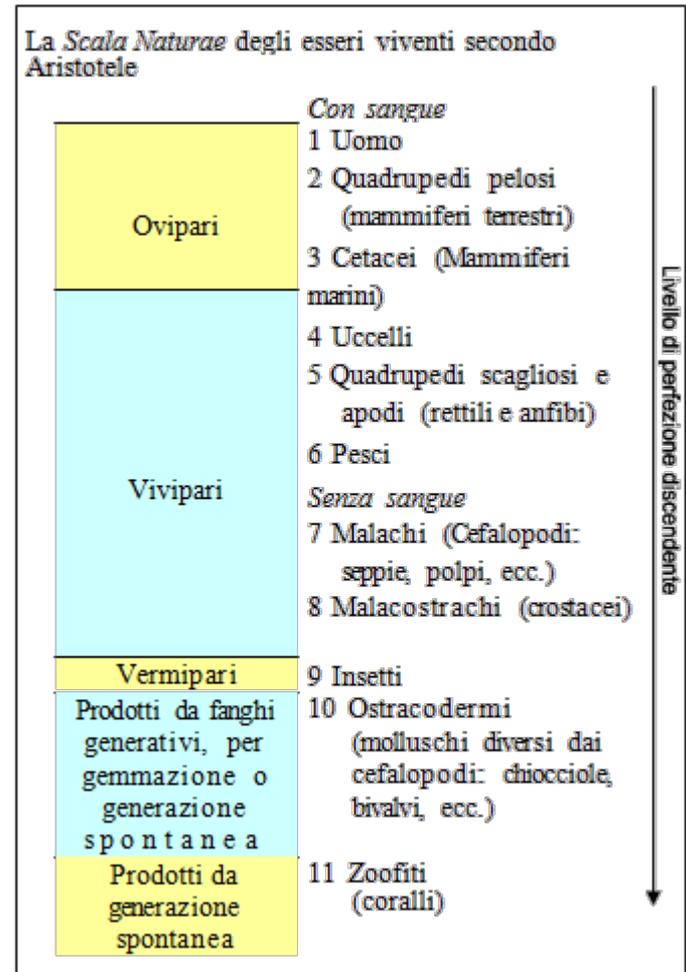
Nel **medioevo** prevale la dottrina fondata sul racconto biblico della creazione, secondo cui tutti gli organismi viventi sono stati creati da Dio nei sei giorni narrati nella Genesi.

L'età della terra fu calcolata in 4000 anni.

Nella dottrina della Chiesa e nella filosofia naturale prende posto anche la *Scala naturae* proposta da Aristotele.

L'idea della creazione permane fino all'avvento dell'evoluzionismo con Darwin e si basa su due tesi:

- l'universo è stato progettato in ogni particolare da un creatore intelligente (Dio);
- il mondo è statico, non subisce cambiamenti ed è di breve durata.



# L'età moderna e il '700

## ***Cosmologia***

Con le opere di Copernico (1473 – 1543) e Keplero (1571 – 1630) la terra non è più al centro dell'universo ma diviene un pianeta che ruota attorno al sole. Il filosofo Kant (1724 – 1804) ipotizzò che il sistema solare si fosse formato da una nebulosa che, ruotando su se stessa, diede origine al Sole e ai pianeti, attraverso un processo evolutivo graduale (per Kant l'età della Terra poteva essere di 168 000 anni o addirittura a 500 000). Il filosofo pensava che stelle e galassie avrebbero continuato sempre ad evolversi.

## ***La storia naturale***

I principi su cui si basa la classificazione delle specie animale e vegetali è dovuta a **Linneo** (1707 – 1778) il quale descrisse ogni specie di pianta allora conosciuta. Egli inventò il sistema binomio di nomenclatura per il quale il nome scientifico di un organismo è costituito da due parti: il nome del genere più un termine che lo specifica (di solito un aggettivo). Il sistema di classificazione linneano che raggruppava le specie in generi, i generi in famiglie, le famiglie in ordini, gli ordini in classi e le classi in phylum o tipo, gettò le basi del concetto di discendenza comune. Questo è il sistema attualmente usato per denominare gli organismi viventi.



## ***Classificazione dell'uomo secondo Linneo***

Specie *Homo sapiens*

Genere *Homo*

Famiglia *Ominidi*

Ordine *Primati*

Classe *Mammiferi*

Subphylum *Vertebrati* (Sottotipo)

Phylum *Cordati* (Tipo)

Regno *Animale*

# L'età moderna e il '700

## ***Geologia e paleontologia***

Lo studio delle formazioni rocciose e delle forze che agiscono sulla superficie terrestre portarono i geologi a formulare nuove teorie sull'origine e le cause dei cambiamenti a cui questa è sottoposta. Secondo **James Hutton** (1726 – 1797), geologo inglese, la Terra sarebbe stata modellata non da eventi catastrofici e improvvisi, come si pensava ma da processi lenti e gradualisti (l'azione dei venti, l'erosione dell'acqua, ecc) che agiscono anche ora (teoria dell'attualismo). Questa teoria implicava che l'età della Terra fosse molto più antica di quanto si pensava all'epoca.

Alla fine del 1700 si rinnovò l'interesse per i fossili soprattutto per la classificazione degli strati rocciosi. **William Smith** (1769 – 1839), agrimensore inglese, studiò in modo sistematico la distribuzione dei fossili negli strati rocciosi, stabilendo che ogni strato, in qualunque parte dell'Inghilterra si trovasse, conteneva tipi caratteristici di fossili. Strati sovrapposti contenevano fossili diversi e caratteristici. Questi studi suggerirono l'idea che l'attuale superficie terrestre si fosse formata, nel corso del tempo, dall'accumularsi di uno strato sull'altro.

La paleontologia dei vertebrati, lo studio delle testimonianze fossili di questi, fu fondata da **George Cuvier** (1769 – 1832), studioso francese di anatomia e zoologia. Cuvier riuscì a ricostruire la forma di molti animali estinti partendo da pochi frammenti ossei. Pur essendo uno studioso di fossili lo scienziato non fu un evoluzionista ma formulò una propria teoria, la teoria delle catastrofi, per spiegare l'estinzione delle specie. Cuvier postulava una serie di catastrofi (l'ultima delle quali era il Diluvio); dopo ogni catastrofe le specie estinte venivano sostituite da nuove specie.



# I precursori

**Benoît de Maillet** (1659-1738) - Diplomatico francese che scrisse un'opera, *Telliamed*, in cui ipotizzava che la terra sia stata un tempo completamente sommersa dall'acqua, da cui sta gradualmente riemergendo con un processo che dura da di milioni di anni. In origine esistevano, secondo de Maillet, solo piante ed animali acquatici che, spostandosi sulla terraferma, si trasformarono in loro equivalenti terrestri.

**Pierre-Louis Moreau de Maupertuis** (1698 – 1759) - Per Maupertuis il mondo organico era il risultato di un massiccio intervento della generazione spontanea che era in grado di produrre nuove forme di piante ed animali. Le forme che presentavano dei difetti venivano eliminate.

**George - Louis Leclerc de Buffon** (1707 – 1788) - Buffon, scienziato francese, fu direttore del Jardin du Roi, l'Orto botanico di Parigi. Scrisse un'opera, *l'Histoire naturelle*, in cui si occupa di temi naturali che vanno dai minerali all'uomo. Buffon riteneva che le specie potessero subire dei cambiamenti nel corso del tempo. Oltre alle specie fatte nascere per creazione divina, all'inizio del mondo, la natura ne aveva prodotte altre nel corso del tempo; questi cambiamenti erano il risultato di un processo di degenerazione.

Le considerazioni presentate nell'*Histoire* influenzarono in modo notevole tutto il pensiero naturalistico successivo.



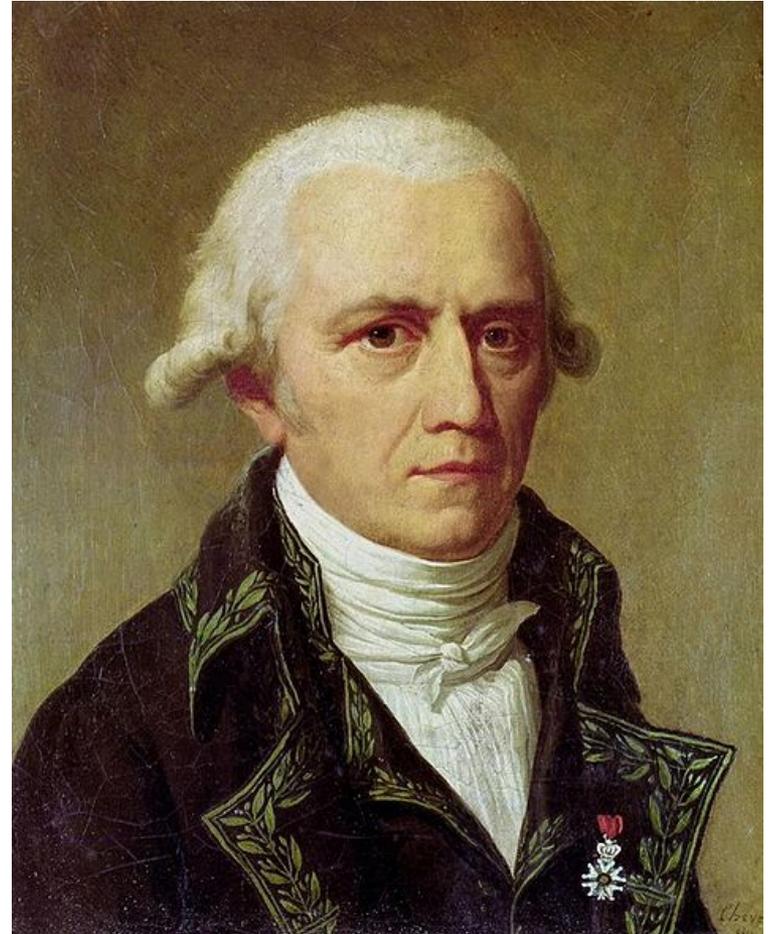
BENOÎT DE MAILLET - *Gentilhomme Lorrain - Consul Général de France en Egypte et en Tunisie depuis l'année 1724. Il est l'auteur de l'ouvrage intitulé "Telliamed" et de plusieurs autres ouvrages sur l'Égypte et sur l'Asie.*



# Jean-Baptiste Lamarck

Botanico e naturalista francese. Ricevuta un'educazione classica, alla morte del padre (1759) si arruolò nell'esercito. Dal 1768, abbandonata la carriera militare, prese a interessarsi di medicina, meteorologia, chimica, geologia, paleontologia, botanica e zoologia. Nel 1778 pubblicò un libro intitolato *Flore française*, che ebbe molto successo e che fu uno dei primi tentativi di classificazione delle piante basato su chiavi dicotomiche. Membro dell'Accademia delle scienze, nel 1789 iniziò a lavorare presso il Jardin du Roi a Parigi e nel 1795 divenne professore di zoologia degli invertebrati al Museo di storia naturale. Tra il 1815 e il 1822 scrisse "*Histoire naturelle des animaux sans vertèbres*" (7 volumi,) in cui si trova la prima suddivisione dettagliata degli invertebrati in più classi. Le sue ipotesi sull'evoluzione furono pubblicate per la prima volta nella *Philosophie zoologique* (1809) e poi rieste in molti scritti successivi. Lamarck morì povero e cieco nel 1829.

Lamarck fu il primo scienziato che sviluppò una teoria coerente dell'evoluzione degli organismi, ipotizzando che tutte le specie, uomo compreso, discendessero da altre specie

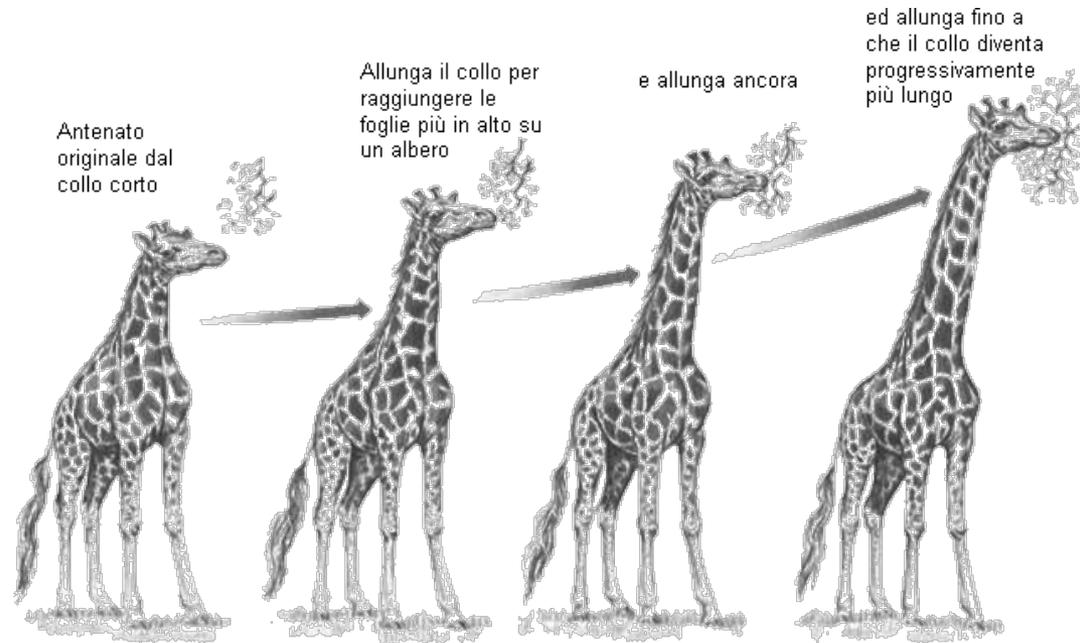


# Jean-Baptiste Lamarck

Egli aveva osservato che generalmente le rocce più antiche contenevano fossili di forme più semplici e interpretò questo fatto nel senso che le forme più complesse sarebbero derivate da quelle più semplici mediante un'evoluzione. I cambiamenti evolutivi, secondo Lamarck sono regolati da due principi fondamentali.

- Il primo principio è *l'eredità dei caratteri acquisiti*: gli organi degli animali diventano più o meno sviluppati, più o meno importanti per la vita dell'organismo, in seguito all'uso o al disuso, e questi mutamenti sono trasmessi dai genitori a i figli.
- Il secondo principio consisteva in un *impulso inconscio* che spingeva ogni essere vivente verso una maggiore complessità. In alcuni casi si può verificare, a causa di un ambiente sfavorevole, una deviazione ma l'impulso rimane sempre presente.

Lamarck pensava che la vita, nelle sue forme più semplici, si originava continuamente per generazione spontanea.



L'esempio più famoso che illustra il principio dell'ereditarietà dei caratteri acquisiti è quello dell'evoluzione della giraffa. La giraffa moderna si è evoluta da antenati che dovettero allungare il collo per raggiungere le foglie poste sui rami più alti. Questi antenati trasmisero ai discendenti il collo lungo, acquisito mediante l'allungamento, i quali, a loro volta, allungarono il collo ancor di più trasmettendo la nuova dimensione del collo ai figli e così via.

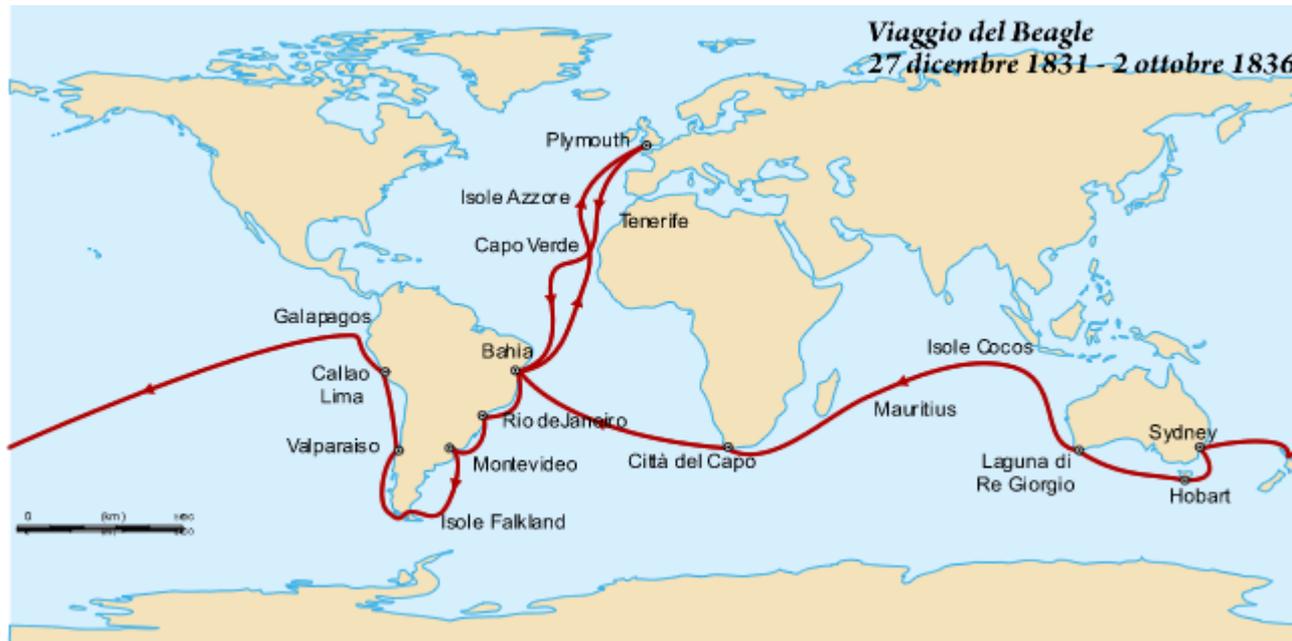
# Charles Darwin

Darwin nacque a Shrewsbury (Inghilterra) nel 1809 da una famiglia agiata e impegnata in campo culturale.

Si iscrisse a medicina all'Università di Edimburgo, senza tuttavia portare a termine gli studi poiché nel 1827 si trasferì a Cambridge, dove frequentò l'Università con l'intenzione di intraprendere la carriera ecclesiastica. Qui Darwin incontrò il geologo Adam Sedgwick e il naturalista John Stevens Henslow, i quali contribuirono a rafforzare i suoi interessi per l'osservazione dei fenomeni naturali.

Grazie alla raccomandazione di Henslow, nel 1831 Darwin riuscì a imbarcarsi sul Beagle, un brigantino britannico in partenza per una spedizione di ricognizione scientifica intorno al mondo, in qualità di naturalista non stipendiato.

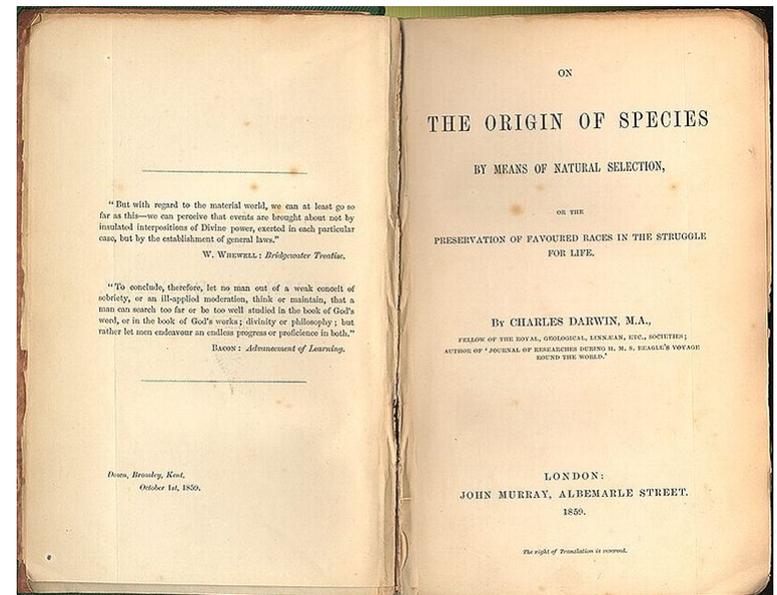
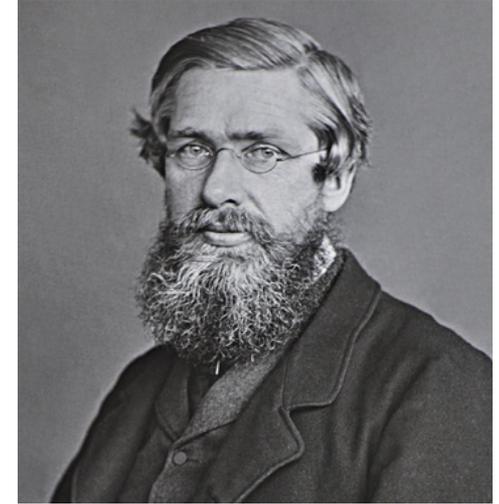
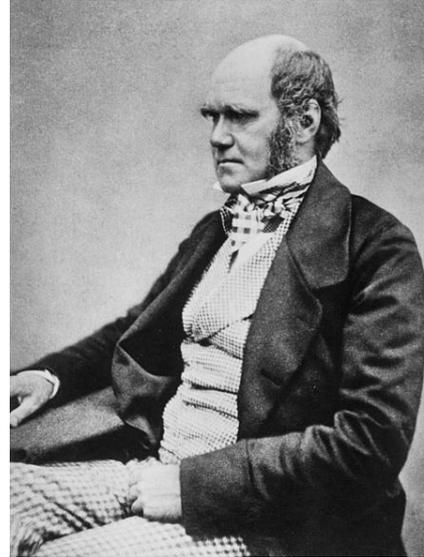
La nave salpò dall'Inghilterra nel dicembre del 1831 e arrivò in Brasile nel febbraio del 1832. Per tre anni e mezzo navigò lungo le coste del Sud America, fermandosi in varie località ed esplorando anche le zone interne del continente. Sostò alle isole Galapagos per più di un mese. Il resto del viaggio durò un altro anno, in cui la nave toccò la Nuova Zelanda e l'Australia, attraversò l'Oceano Indiano e, doppiando il Capo di Buona Speranza, fece un'altra tappa a Bahia (Brasile). Ritornò in Inghilterra nel 1836.



# Charles Darwin

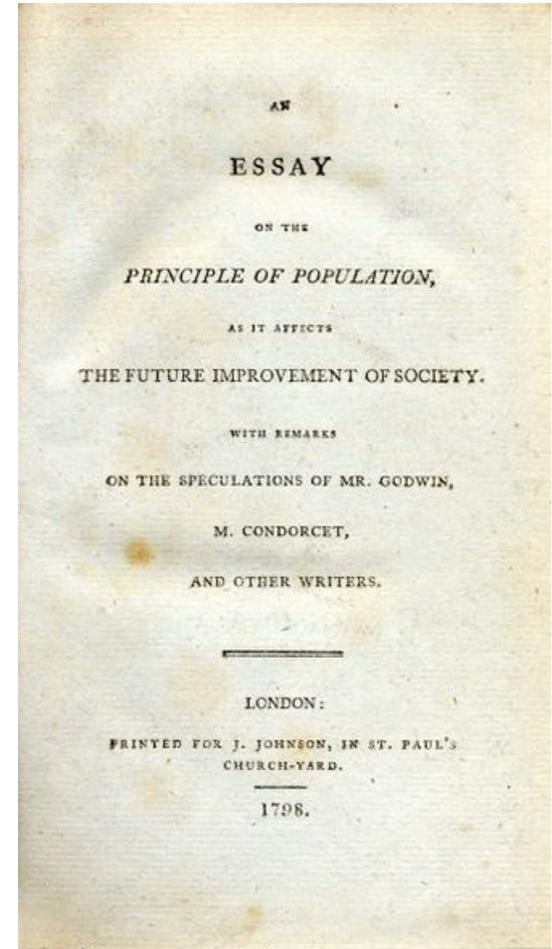
Al suo ritorno in Gran Bretagna nel 1836, Darwin si stabilì a Londra e iniziò a mettere per iscritto le sue idee sulla variazione delle specie. Nel 1839 sposò una cugina, Emma Wedgwood, e poco dopo si trasferì in una piccola proprietà nel Kent (Down House), dove rimase fino alla morte. Nel 1858, presentò un articolo in cui esponeva le sue idee sui meccanismi evolutivi in concomitanza con un altro articolo di **Alfred Russel Wallace** che era giunto in modo indipendente alle stesse conclusioni. Nel 1859 pubblicò il famoso "*The origin of species*" che ebbe un grande successo editoriale, in cui esponeva in modo completo la sua teoria dell'evoluzione per selezione naturale.

Il testo suscitò reazioni diverse sia nell'ambiente scientifico che in quello sociale e culturale: dall'adesione incondizionata all'opposizione più feroce. Darwin non partecipò direttamente al dibattito che le sue idee avevano avviato, ma lasciò ai suoi sostenitori questo compito. Pubblicò altre opere in cui espose in maggiore dettaglio alcuni argomenti che nell'opera maggiore erano stati solo accennati: *Variation of Animals and Plants Under Domestication* (1868), *The Descent of Man* (1871) e *The Expression of the Emotions in Man and Animals* (1872). Morì nel 1882 e fu sepolto nell'abbazia di Westminster.



# Influenze nella formulazione della teoria

Darwin fu influenzato, nella formulazione delle sue teorie, anche dalle numerose letture fatte. In particolare la lettura del trattato di sociologia di Thomas Malthus, *Essay on the Principle of Population*, lo influenzò nella comprensione del ruolo della selezione naturale come agente del mutamento evolutivo. Secondo Malthus, *la popolazione tende a crescere più velocemente delle risorse alimentari necessarie per la sua sopravvivenza*. Ogni incremento nella produzione di cibo rispetto alla crescita demografica tende comunque a stimolare un ulteriore aumento del tasso di crescita della popolazione stessa; perciò, quando la popolazione cresce eccessivamente rispetto alle risorse alimentari disponibili, intervengono a "ridurla" fame, malattie e guerre ristabilendo una situazione di equilibrio.



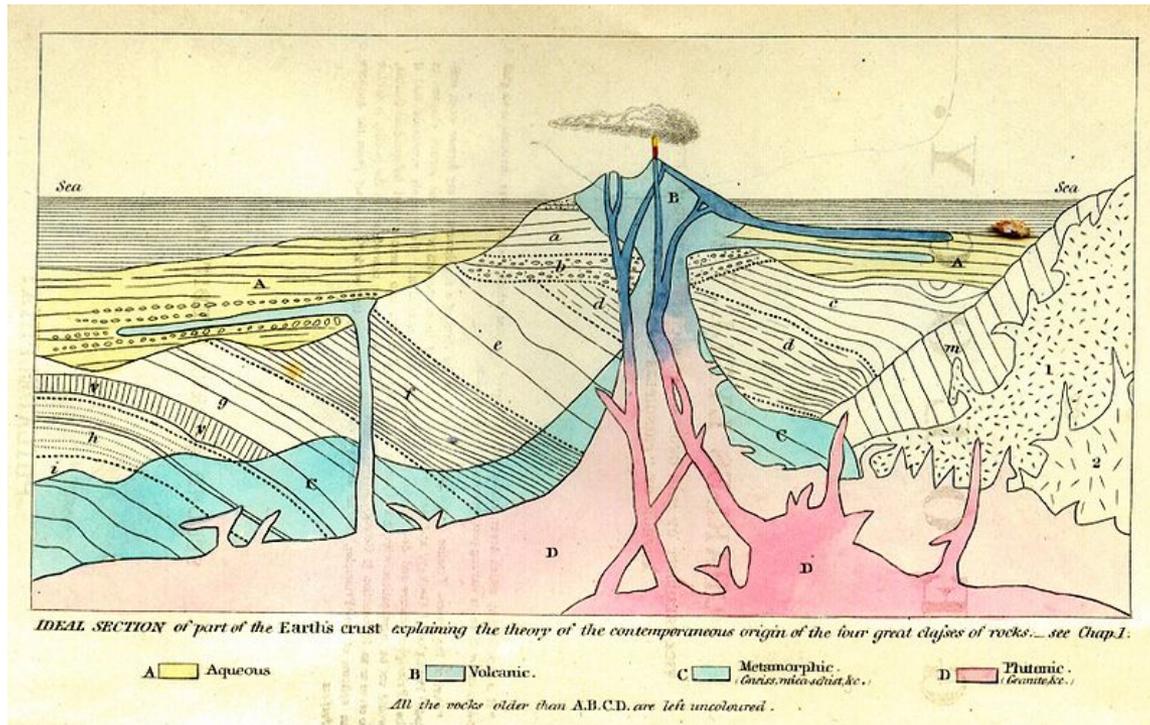
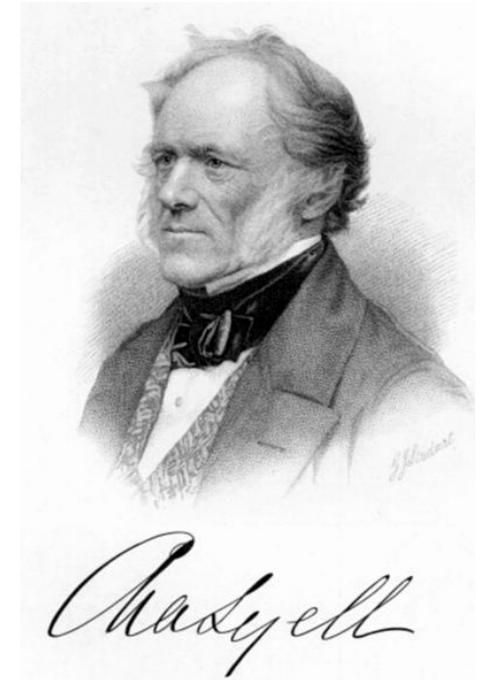
# Influenze nella formulazione della teoria

Un altro libro che influenzò Darwin nella formulazione della sua teoria fu “*Principi di Geologia*” del geologo **Charles Lyell** (Uno dei libri che Darwin portò con sé nel viaggio attorno al mondo).

In questo testo veniva ripresa la teoria dell’attualismo di Hutton. Secondo Lyell, la lenta e costante azione delle forze naturali aveva prodotto continui e graduali cambiamenti nel corso della storia della Terra (teoria dell’**uniformismo**).

Questi processi mostrano i loro effetti su tempi molto lunghi per cui il mondo deve essere molto antico.

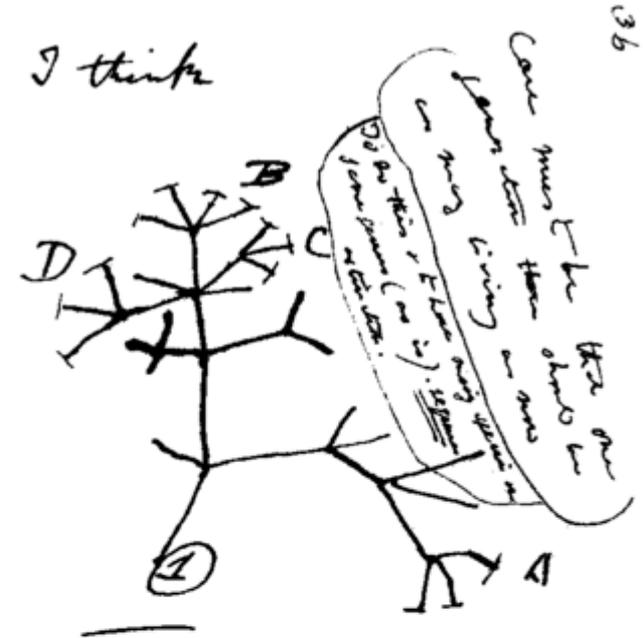
Questa teoria permetteva a Darwin di considerare tempi molto lunghi nella storia della vita sulla terra.



# I principi fondamentali della teoria

La teoria darwiniana dell'evoluzione per selezione naturale si basa su questi punti fondamentali:

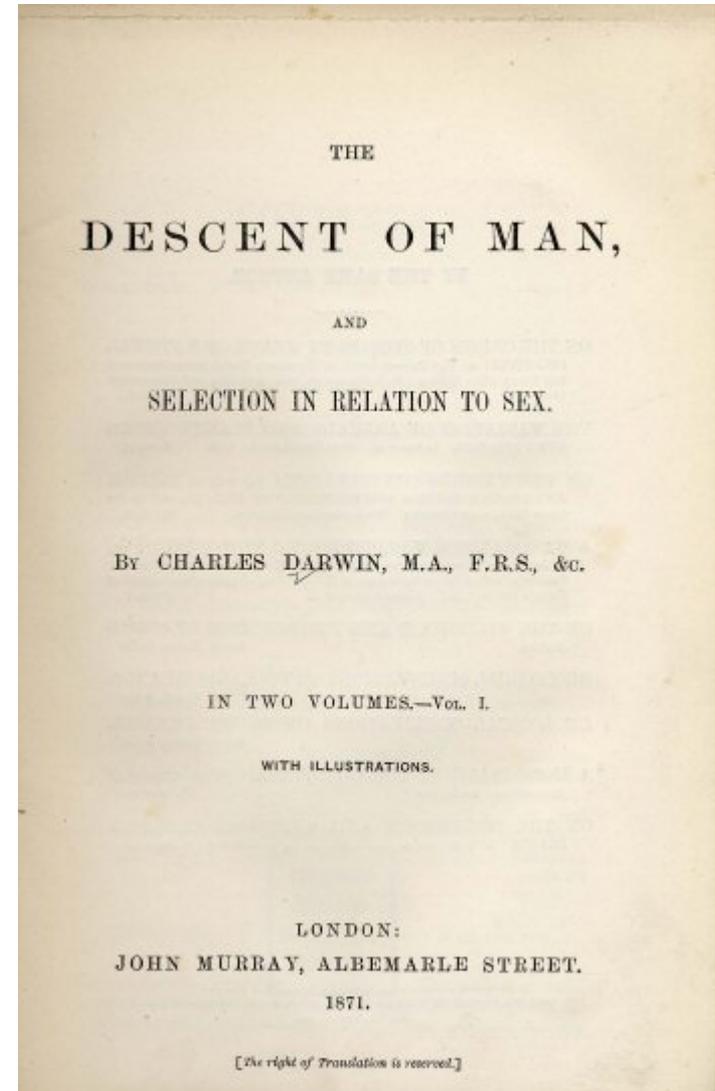
- Gli organismi generano organismi simili, cioè i figli sono simili ai genitori;
- Nella maggior parte delle specie *sopravvive e si riproduce un numero di individui minore di quello prodotto inizialmente*;
- ogni popolazione consiste di *individui diversi tra loro* (non esistono due organismi perfettamente identici) per qualche caratteristica e questa diversità *non è dovuta all'azione dell'ambiente ma è casuale*. Alcune di queste variazioni sono *ereditabili*;
- quali individui riusciranno a sopravvivere e a riprodursi dipende *dall'interazione di essi con l'ambiente in cui vivono*; organismi dotati di certe caratteristiche *sopravvivono di più di altri, generando più discendenti*. Le variazioni che permettono una sopravvivenza maggiore sono dette "favorevoli" e tendono a diventare più frequenti da una generazione all'altra. Questo processo venne definito da Darwin **selezione naturale**; dato un periodo di tempo sufficientemente lungo, la selezione naturale porta ad un *accumulo di cambiamento tale che si forma una nuova specie*, diversa da quella d'origine.
- Darwin riteneva che l'evoluzione fosse un processo lento e graduale: "Poiché la selezione naturale *agisce solo accumulando variazioni leggere, successive e favorevoli*, essa non può produrre modificazioni grandi o improvvise; può agire soltanto con *passi brevi e lenti*."



There between A & B. various  
sort of selection. C + B. The  
first predation, B & D  
rather greater distinction  
then genus would be  
formed. - binary selection

# I principi fondamentali della teoria

Oltre alla selezione naturale, che tende a “premiare” gli organismi che mostrano caratteristiche tali da renderli più adatti all’ambiente in cui vivono, Darwin si rese conto dell’esistenza di un altro fattore, che, apparentemente, non sempre agisce in modo favorevole all’organismo: la **selezione sessuale**. Questo tipo di selezione premia quelle strutture (come la vistosa coda del pavone o le grandi corna dei cervi) che *consentono ai maschi di una specie di mettersi in mostra o lottare con altri maschi nel periodo dell’accoppiamento, venendo così accolti più favorevolmente dalle femmine*. Questo tipo di selezione spiega la comparsa di organi che sembrano non favorire la vita di un individuo. Darwin riteneva che uomo e scimmie antropomorfe avessero un antenato in comune e poneva l’origine dell’uomo in Africa.



# Riepilogo della teoria

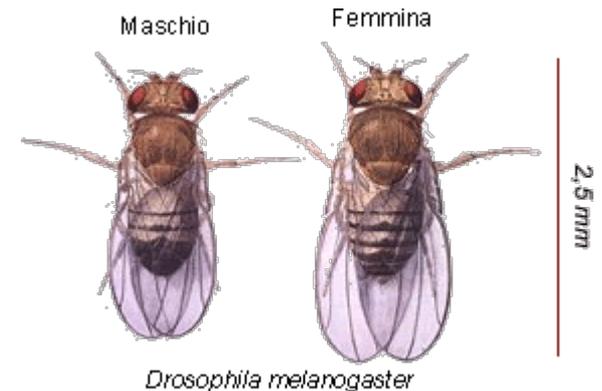
- *Le specie si evolvono.* In contrapposizione con la credenza nella fissità delle specie, create recentemente o ciclicamente dopo eventi catastrofici (catastrofismo di Cuvier), Darwin riteneva che gli organismi si trasformino nel corso del tempo.
- *Antenato comune.* Tutti gli organismi, vegetali e animali, discendono da un antenato comune attraverso un processo di ramificazione.
- *Le specie si moltiplicano.* Le specie si moltiplicano suddividendosi in specie figlie o producendo popolazioni che attraverso l'isolamento geografico divengono nuove specie.
- *L'evoluzione è un processo graduale.* Il cambiamento evolutivo avviene in modo lento e graduale e non attraverso salti improvvisi.
- *L'evoluzione è regolata dalla selezione naturale.* Ad ogni generazione si produce, all'interno di una popolazione, un elevato numero di variazioni sulle quali agirà la selezione. Gli individui che mostreranno una combinazione di caratteristiche ereditarie che consentono un maggior adattamento all'ambiente, avranno più probabilità degli altri di sopravvivere e raggiungere l'età riproduttiva e queste novità si propagheranno nella generazione successiva.

# La riscoperta di Mendel

Agli inizi del '900 venne riscoperto da Hugo De Vries , Erich von Tschermak e Carl Correns, in modo indipendente, il lavoro di Mendel aprendo così la strada alla genetica moderna. Gli studi sulla trasmissioni dei caratteri ereditari che si svilupparono dopo la riscoperta degli esperimenti mendeliani fornirono la base per spiegare la variazione all'interno di una popolazione.

La produzione delle varianti di un carattere è dovuto alla **mutazione**, un processo che si verifica in modo improvviso e imprevedibile e comporta la modificazione della normale struttura di un gene (mutazione genica) o di un cromosoma (mutazione cromosomica). **Le mutazioni forniscono la base su cui agisce la selezione naturale e contribuiscono ad allargare la variabilità di una popolazione.**

Negli anni venti del '900 nacque e si consolidò un ramo della genetica, la **genetica di popolazione**, che si occupava di studiare da un punto di vista matematico, i cambiamenti nella frequenza dei geni all'interno di una popolazione. Nel campo della genetica Thomas Hunt Morgan compì ricerche fondamentali sul moscerino da frutta (*Drosophila melanogaster*) che permisero di identificare i cromosomi come portatori dei geni.



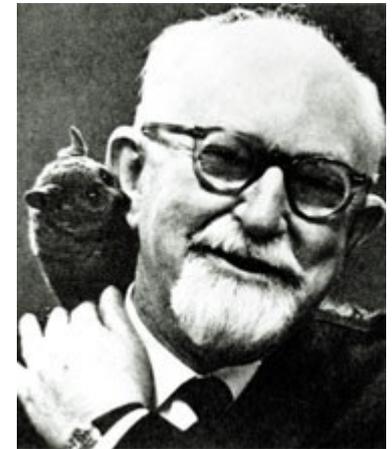
# La Sintesi moderna

Tra gli anni '30 e '40 del '900 la teoria di Darwin della selezione naturale, le scoperte della genetica e della paleontologia furono fuse insieme per dare origine a una nuova visione dell'evoluzione: la sintesi moderna.

I protagonisti principali di questa nuova visione furono: Theodosius Dobzhansky (24/01/1900 – 8/12/1975 genetista), Ernst Mayr (5/7/1904 – 3/2/2005 zoologo), Julian Huxley (22/6/1887 – 14/2/1975 biologo), e George G. Simpson (16/6/1902 – 6/10/1984 paleontologo)

I punti fondamentali di questo nuovo modo di vedere l'evoluzione sono:

- le variazioni nelle popolazioni sono prodotte da piccole mutazioni che si verificano casualmente senza rapporto con i bisogni adattativi degli organismi e non alterano in modo improvviso il fenotipo;
- l'evoluzione è un processo graduale;
- le popolazioni evolvono attraverso cambiamenti nelle frequenze relative dei geni presenti in esse. Questo cambiamento è dovuto soprattutto alla selezione naturale.
- le specie sono aggregati riproduttivamente isolati di popolazioni e una nuova specie nasce quando una popolazione di questa rimane isolata riproduttivamente dalle altre.
- la maggior parte delle volte l'isolamento riproduttivo è dovuto all'isolamento geografico della popolazione interessata.
- tutte le specie esistenti sono derivate da un unico antenato comune attraverso ramificazioni successive.



# Il punto di vista moderno

## La genetica di popolazioni

Uno dei punti fondamentali della Sintesi moderna è quello in cui come soggetto degli studi sull'evoluzione non viene considerato un singolo organismo o un genotipo particolare ma una popolazione.

*Una popolazione è definita come un gruppo di organismi della stessa specie che si riproducono tra loro in un determinato luogo e in un determinato tempo e sono isolati riproduttivamente dalle altre popolazioni, di specie diversa, che vivono nello stesso luogo e nel medesimo tempo.*

Una popolazione è caratterizzata dal proprio pool genico che è dato dalla somma di tutti gli alleli di tutti i geni presenti negli individui che la compongono.

In una popolazione ideale ad ogni generazione vi è una ricombinazione dei geni che non modifica la composizione globale del pool genico.

I fattori che possono modificare questo equilibrio sono: la mutazione, il flusso genico, la deriva genetica e gli accoppiamenti non casuali



$$p^2 + 2pq + q^2 = 1$$



# Il punto di vista moderno

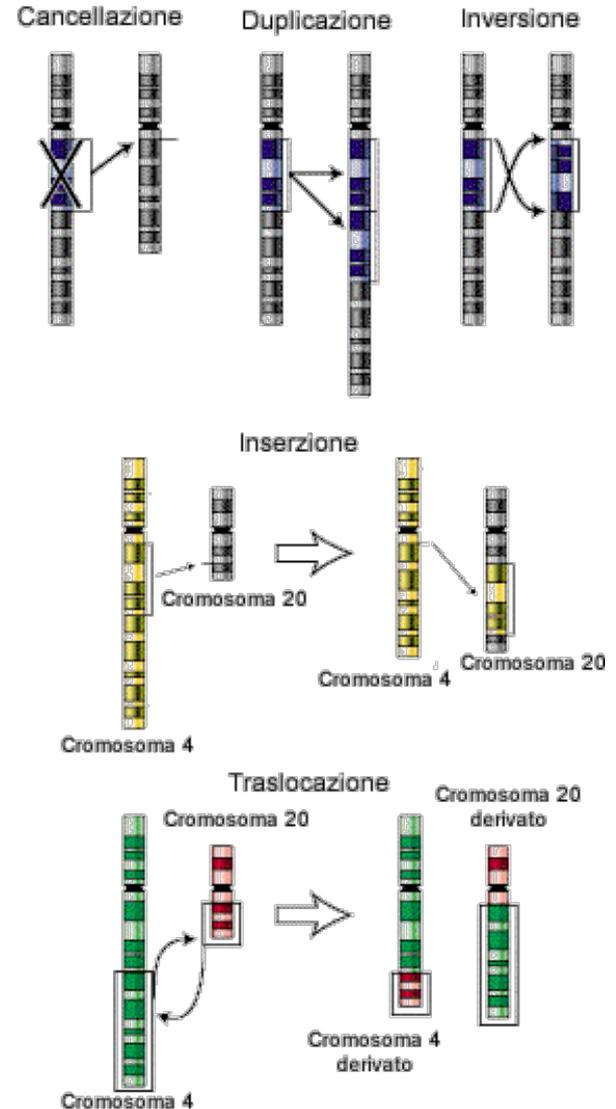
## La mutazione

Le mutazioni sono dei cambiamenti ereditari che coinvolgono la molecola del DNA, modificando i geni. Queste modificazioni si verificano *independentemente dall'ambiente e da vantaggio o svantaggio che possono dare all'organismo e ai suoi discendenti*. La frequenza con cui si verificano le mutazioni può essere aumentata da agenti quali i raggi X, gli ultravioletti o da sostanze chimiche.

Le mutazioni sono il materiale sul quale agisce la selezione naturale ma si ritiene che non siano loro che determinano la direzione del cambiamento evolutivo.

Queste mutazioni possono riguardare grosse porzioni di DNA (macromutazioni) o qualche nucleotide (mutazioni puntiformi).

## Tipi di mutazione

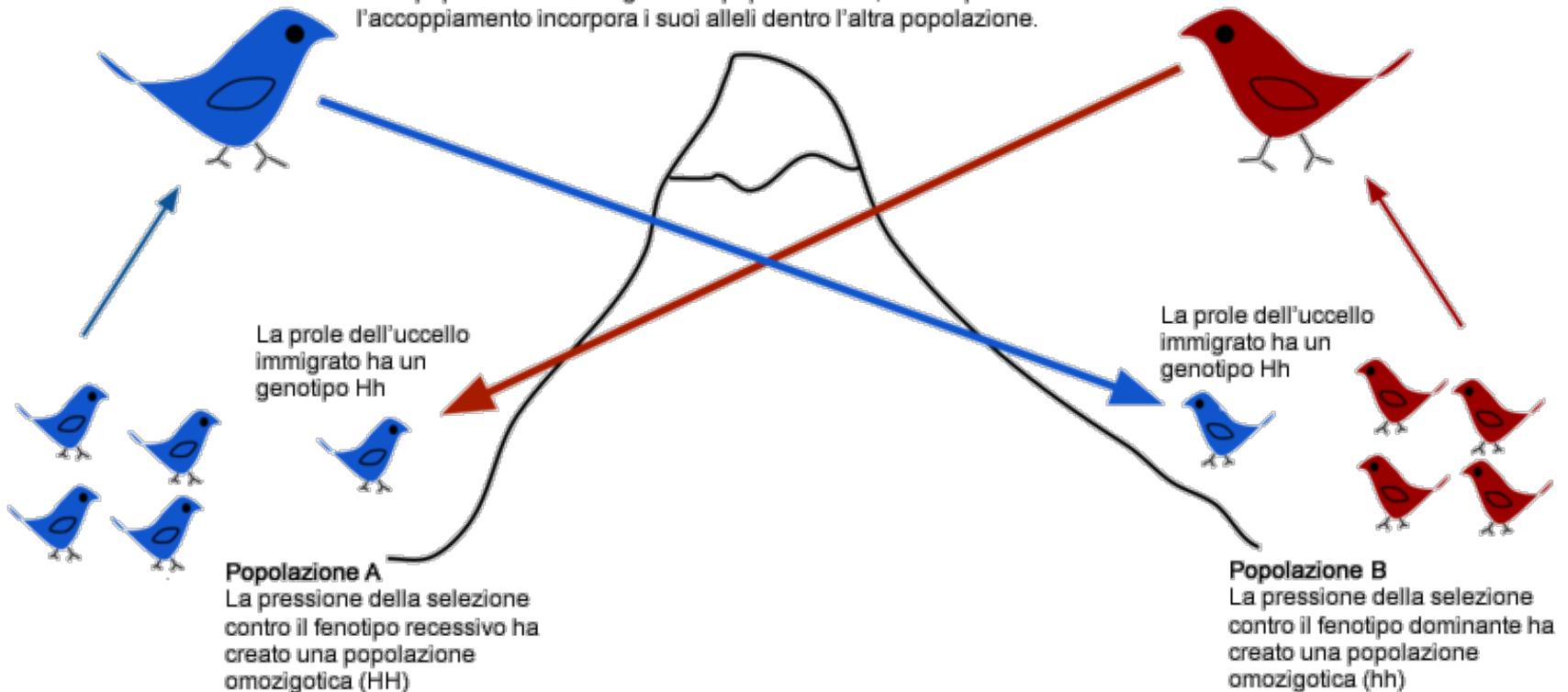


# Il punto di vista moderno

## Il flusso genico

È dovuto all'emigrazione o immigrazione di individui da una popolazione all'altra. Questo provoca un mescolamento di geni tra popolazioni della stessa specie che vivono in luoghi contigui ed ha come effetto la diminuzione delle differenze tra queste. Le barriere geografiche che impediscono questo flusso sono importanti per la formazione di nuove specie.

Il flusso genico è il trasferimento degli alleli da una popolazione in un'altra popolazione con l'immigrazione degli individui. In questo esempio, uno degli uccelli dalla popolazione A immigra nella popolazione B, che ha pochi alleli dominanti e con l'accoppiamento incorpora i suoi alleli dentro l'altra popolazione.



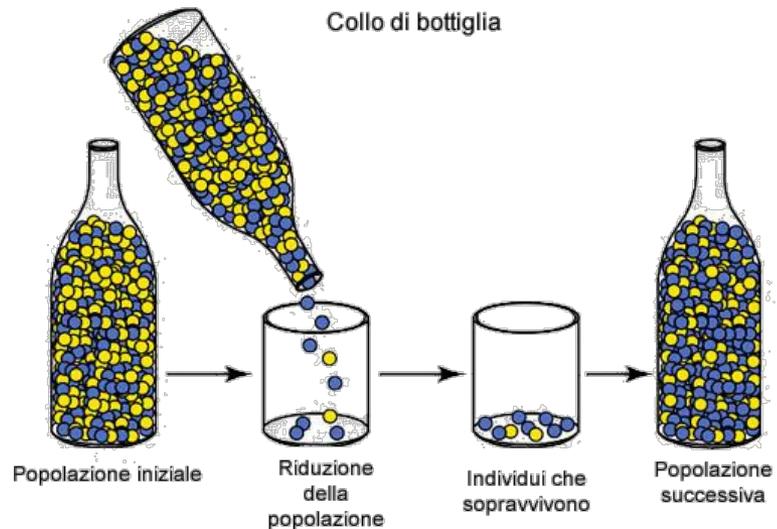
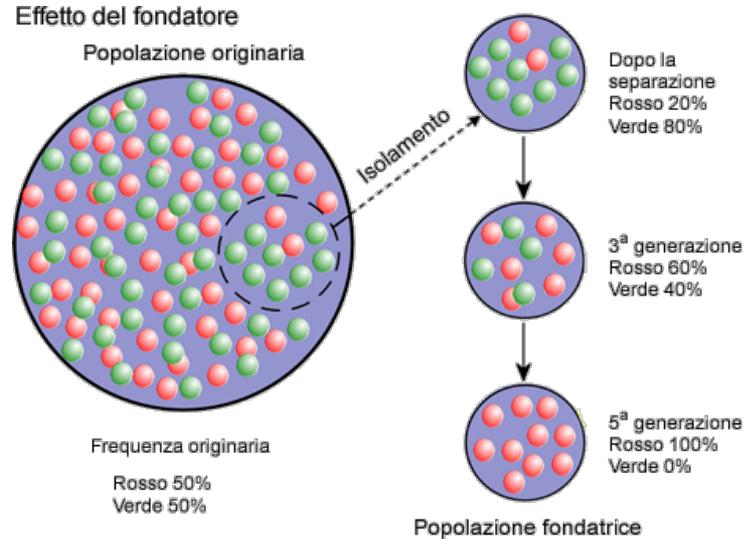
# Il punto di vista moderno

## La deriva genetica

Il cambiamento che interviene nel pool genetico di una popolazione a causa di una riduzione notevole del numero di individui ad opera di eventi casuali (terremoti, eruzioni vulcaniche, inondazioni, ecc.) possono modificare pesantemente la frequenza dei singoli alleli nella popolazione (alcuni potrebbero addirittura scomparire). Due particolari tipi di deriva sono: l'effetto del fondatore e il "collo di bottiglia".

L'effetto del fondatore si verifica quando un piccolo numero di individui rimane isolato dalla popolazione principale a causa di un isolamento geografico. Questa piccola popolazione potrebbe presentare un insieme di geni molto diverso da quello della popolazione d'origine e, col trascorrere del tempo, diventare isolata anche riproduttivamente.

Il "collo di bottiglia" si verifica quando una popolazione viene decimata da eventi non dovuti alla selezione naturale come, ad esempio, un'eruzione vulcanica che uccida molti individui; quelli sopravvissuti possono presentare un insieme di alleli diverso da quello della popolazione originaria.



# Il punto di vista moderno

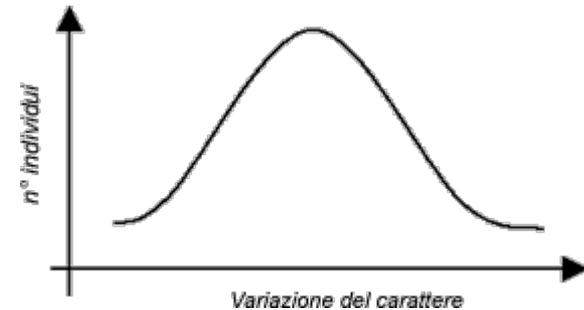
## La selezione naturale

La selezione naturale si manifesta come una differenza nel tasso di riproduzione degli organismi di una popolazione in un determinato ambiente: gli organismi che presentano caratteristiche migliori di adattamento sono in grado di riprodursi più a lungo (lasciando una discendenza più numerosa) degli altri. Essa non agisce direttamente sul genotipo ma sul fenotipo che questo esprime.

La selezione può agire in diversi modi all'interno di una popolazione, può essere *stabilizzante*, *divergente*, *direzionale*, *dipendente dalla frequenza* e *sessuale*.

Per illustrare queste modalità di selezione possiamo rappresentare la frequenza di un carattere all'interno di una popolazione con un grafico di questo tipo (curva a campana o di Gauss): nell'asse orizzontale si collocano i vari gradi di un carattere con i valori estremi a destra e a sinistra e quelli intermedi al centro.

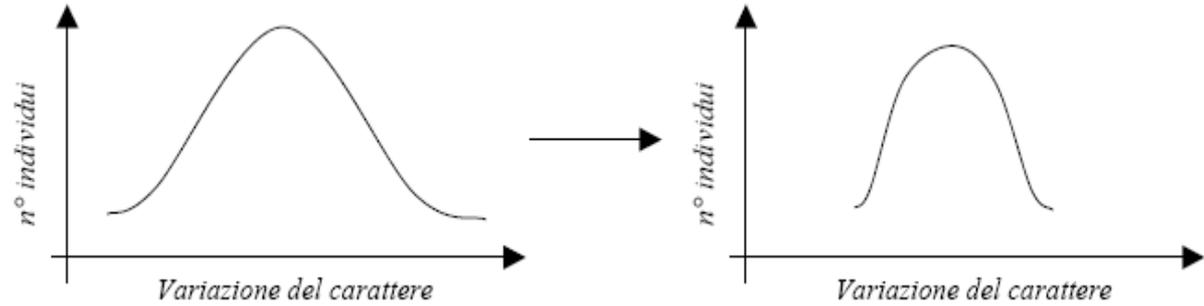
Dal grafico si deduce che la maggior parte degli individui di quella popolazione, rispetto a quel carattere, si trovano nella zona intermedia. Ad esempio questo grafico potrebbe rappresentare l'altezza di una popolazione umana in una determinata località e in un determinato tempo: la maggior parte di individui avrà un'altezza vicina al valore medio mentre agli estremi ci saranno pochi individui molto piccoli o molto alti.



# Il punto di vista moderno

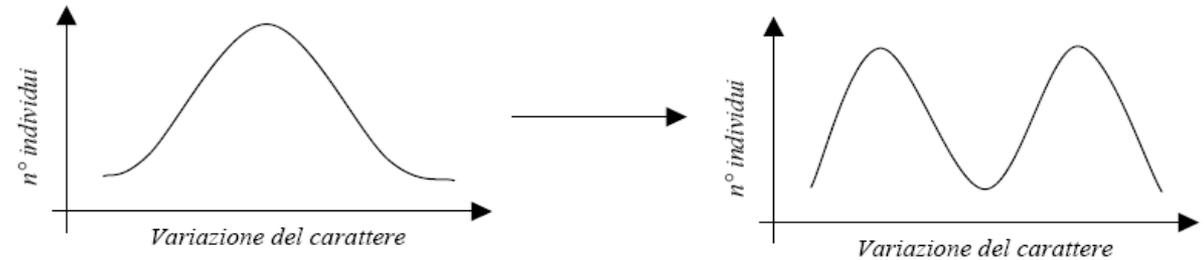
## **Selezione stabilizzante**

È un processo che opera continuamente in una popolazione, eliminando gli individui che presentano caratteristiche estreme e favorendo quelli che presentano caratteristiche intermedie. Con il passare del tempo la curva si trasforma in questo modo:



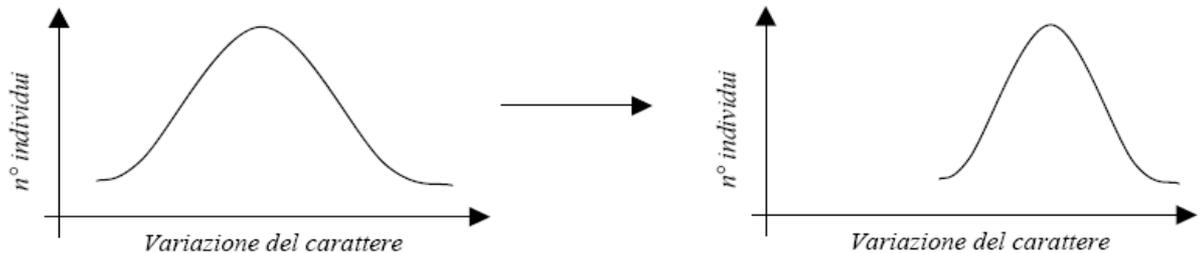
## **Selezione divergente**

È quel tipo di selezione che favorisce i tipi più estremi di una popolazione a scapito di quelli intermedi. Il risultato sarà la formazione di due popolazioni che divergono.



## **Selezione direzionale**

In questo caso la selezione agisce facendo aumentare la proporzione di individui che portano una caratteristica estrema. In questo modo un allele viene sostituito da un altro. Questa selezione produrrà un cambiamento adattativo, favorendo quella caratteristica che permette di rispondere meglio ai cambiamenti dell'ambiente.



# Il punto di vista moderno

## ***Selezione dipendente dalla frequenza***

È una selezione che favorisce i fenotipi meno comuni rispetto a quelli più comuni. In questo modo diminuisce la frequenza degli alleli più diffusi e aumenta quella dei meno comuni. Un esempio di questa selezione lo si ha nel rapporto preda – predatore: se le prede differiscono per il colore, quello più comune sarà oggetto di predazione maggiore di quelli meno comuni, favorendo la diffusione di quest'ultimi; quando il colore che era più diffuso diminuirà la sua frequenza, i predatori si rivolgeranno verso prede di altri colori, che saranno diventate più numerose e quindi più comuni.

## ***Selezione sessuale***

La selezione sessuale può presentarsi sotto due forme: la selezione intrasessuale e intersessuale. Nel primo tipo di selezione i membri dello stesso sesso competono per potersi accoppiare con l'altro sesso mentre nell'altro tipo sono entrambi i sessi che agiscono nella scelta del compagno. Esempio di competizione intrasessuale sono i combattimenti tra maschi per il possesso delle femmine che avvengono in molte specie animali.

La selezione intersessuale si verifica in tutti quei casi in cui è la femmina che effettua una scelta attiva del proprio compagno



Un esempio è il mancinismo negli umani: dato che la maggioranza delle persone è destrimane, i mancini godono di notevoli vantaggi nella lotta e negli sport come il tennis



# Il punto di vista moderno

## L'adattamento

*Il risultato finale di questi tipi di selezione naturale è l'adattamento della popolazione all'ambiente in cui vive.* Le differenze che si riscontrano in popolazioni della stessa specie che vivono in ambienti diversi sono dovuti all'azione della selezione. Per esempio le popolazioni che vivono in ambienti più freddi hanno il corpo più grande di quello delle loro conspecifiche che abitano in climi più temperati o caldi, perché un corpo più voluminoso conserva meglio il calore. Popolazioni che vivono in ambienti caldi mostrano estremità come coda e orecchie, più lunghe di quella delle corrispondenti popolazioni che vivono in ambienti più freddi, perché questo favorisce la dispersione del calore e quindi il raffreddamento.

Le popolazioni possono mostrare anche un *adattamento biologico rispetto a gruppi di organismi di altre specie che vivono, contemporaneamente, nello stesso territorio quando interagiscono in maniera molto stretta.* Ad esempio molte specie di piante con fiori mostrano adattamenti particolari atti a favorire l'impollinazione di particolari specie di insetti che, a loro volta, rivelano modificazioni atte allo scopo. Questo fenomeno è noto come *coevoluzione*.

*La selezione naturale agisce su quando è disponibile, a livello di popolazione, e i risultati non sono sempre ottimali per cui l'adattamento non è mai perfetto.* La selezione consente alle popolazioni di risolvere nel miglior modo possibile i problemi di adattamento che si presentano ma essa può agire solo sul materiale che ha a disposizione per cui è necessario che sia presente una sufficiente varietà genetica all'interno di queste



# L'origine delle specie

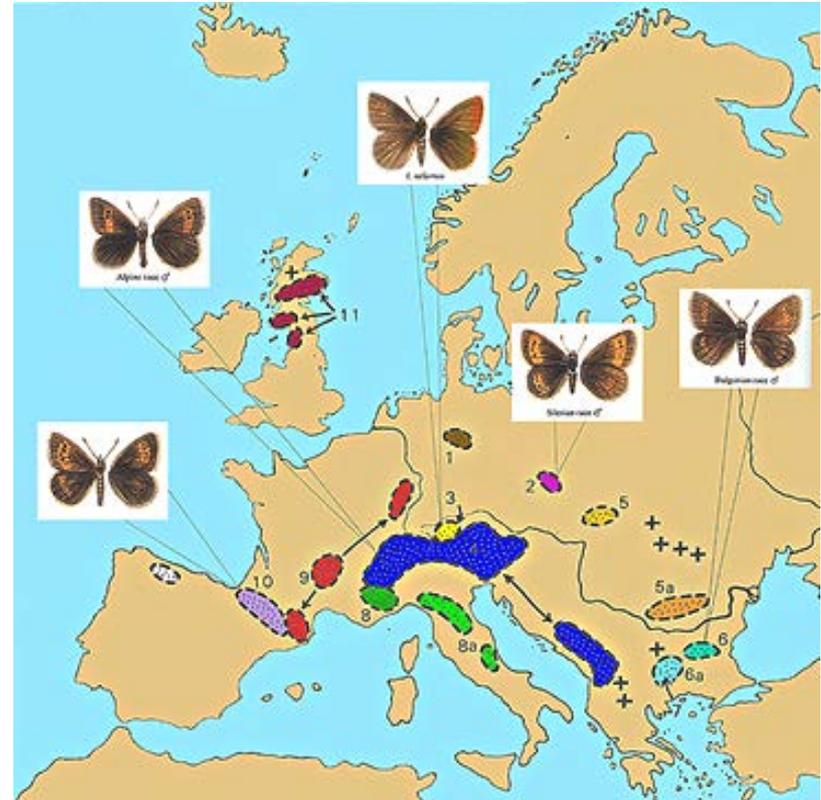
Uno dei problemi principali della teoria evolutivista è quello di spiegare come possono aver origine le specie, cioè il processo di speciazione. La *microevoluzione* (i cambiamenti graduali che si verificano all'interno delle popolazioni di una specie) può spiegare la *macroevoluzione* (la diversità tra generi, famiglie, ordini, classi e tipi)?

Una specie è definita come un gruppo di popolazioni naturali i cui membri possono incrociarsi tra loro ma non con membri di gruppi diversi. Ciò che distingue una specie è l'isolamento riproduttivo.

Attualmente si ritiene che la formazione di nuove specie sia causata, la maggior parte delle volte, alla separazione geografica di una popolazione (speciazione allopatrica).

Le barriere geografiche possono essere di tipo differente: le isole sono un esempio di luogo in cui si possono sviluppare nuove specie. Anche barriere come quelle tra stagni o l'isolamento tra le cime di montagne oppure tra boschi possono essere causa di separazione geografica.

La popolazione che si isola da quella principale è spesso composta da un numero ridotto di organismi ed è probabile che il pool genico sia diverso da quello della popolazione "madre". Se viene sottoposta a forze di selezione diverse può modificarsi a tal punto da sviluppare un isolamento riproduttivo che non permetterà il reincontro, se questa popolazione dovesse venir di nuovo in contatto con quella originaria.



Esempio di speciazione allopatrica: la farfalla, *Erebia epiphron*, presente nelle montagne europee, si è diversificata in tutta una serie di varietà a causa dell'isolamento geografico dovuto a fenomeni di glaciazione

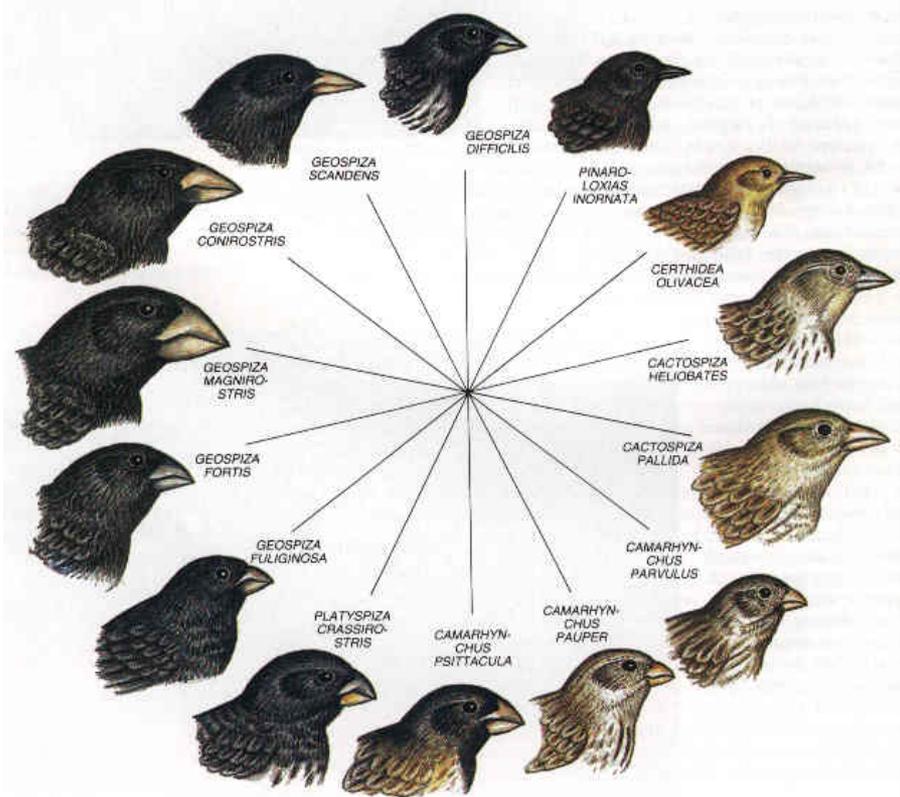
# L'origine delle specie

## La macroevoluzione

La macroevoluzione, cioè come si sono differenziate le famiglie, gli ordini, le classi, ecc, la si può osservare solo attraverso i reperti fossili. Questi sembrano mostrare tre modelli di origine di specie: il *cambiamento filetico*, la *cladogenesi* e la *radiazione adattativa*. Il *cambiamento filetico* si osserva quando, all'interno di una singola linea di discendenza, si accumulano una serie di differenziazioni graduali che fanno sì che gli organismi più recenti, mostrano differenze tali da essere considerati una specie diversa da quelli più antichi.

I dati paleontologici mostrano che più specie possono derivare da un antenato comune e convivere nello stesso periodo di tempo. Questo modello in cui si evidenzia l'origine di nuove specie attraverso la "ramificazione" da una specie antenata viene detta *cladogenesi*. Questo modello è legato alla speciazione allopatrica: *la formazione di nuove specie avviene per scissione di piccole popolazioni (a causa soprattutto dell'isolamento geografico) da una grossa popolazione originale*. In queste piccole popolazioni le combinazioni genetiche favorevoli possono svilupparsi rapidamente senza essere diluite dal flusso genetico proveniente dalla popolazione principale, fino ad arrivare all'isolamento riproduttivo. Secondo questo schema non c'è una trasformazione graduale di una specie in un'altra ma a salti.

Un altro modello che si osserva nei reperti fossili è la radiazione adattativa consistente nella rapida diversificazione di un gruppo di organismi con un antenato in comune. Un esempio di questo modello è la rapida diversificazione dei mammiferi dopo la scomparsa dei dinosauri.



Un esempio classico è quello dei fringuelli delle Galapagos: i primi fringuelli giunti alle Galapagos, circa 100.000 anni fa, si sono diffusi via via nelle varie isole occupando in esse nuove nicchie; le loro popolazioni si sono via via adattate ai vari ambienti, fino a pervenire a una grande specializzazione nel tipo di alimentazione.

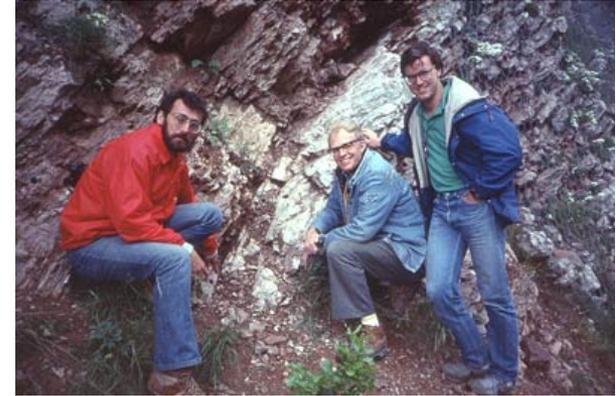
# L'origine delle specie

## L'estinzione

L'estinzione è una caratteristica che si ritrova frequentemente nei fossili; si calcola che le specie esistenti rappresentino meno dell'uno per mille (o l'uno per diecimila) di quelle che sono comparse nella storia della Terra. Due studiosi americani, analizzando l'estinzione degli organismi marini negli ultimi 250 milioni di anni hanno calcolato un tasso costante d'estinzione di 180 – 300 specie ogni milione di anni e estinzioni di massa intervallate di 26 milioni di anni.

Una grande estinzione si verificò alla fine del Permiano (248 milioni di anni) che portò alla scomparsa dell'80 – 85% di tutte le specie. La più famosa di tutte le estinzioni è quella dei dinosauri che si verificò alla fine del Cretaceo, 65 milioni di anni fa. La causa di questa estinzione fu imputata da un gruppo di scienziati, nel 1977, alla caduta di un gigantesco meteorite che avrebbe sollevato una nube di polvere e detriti tale da oscurare per parecchi mesi la luce solare, impedendo la fotosintesi e quindi la fonte di nutrimento dei dinosauri erbivori. Gli studi più recenti trovano parecchi punti deboli in questa teoria e la questione è ancora aperta.

Alcuni ricercatori ritengono che l'impatto del meteorite sarebbe avvenuto almeno 300.000 anni dopo l'estinzione dei dinosauri. Secondo loro la fine dei grandi rettili fu causata, invece, da una serie incredibilmente violenta di eruzioni vulcaniche avvenute nel Deccan, una regione dell'India. Queste enormi eruzioni avrebbero provocato quegli sconvolgimenti climatici che determinarono l'estinzione di massa. L'enorme quantità di gas, e altre sostanze emesse dai vulcani, avrebbero provocato, quasi sicuramente, gli effetti che oggi i paleontologi possono osservare nelle rocce sedimentarie risalenti a circa 65 milioni di anni fa



Walter Alvarez, con due studenti, di fronte all'affioramento dello strato ricco in Iridio di Gubbio

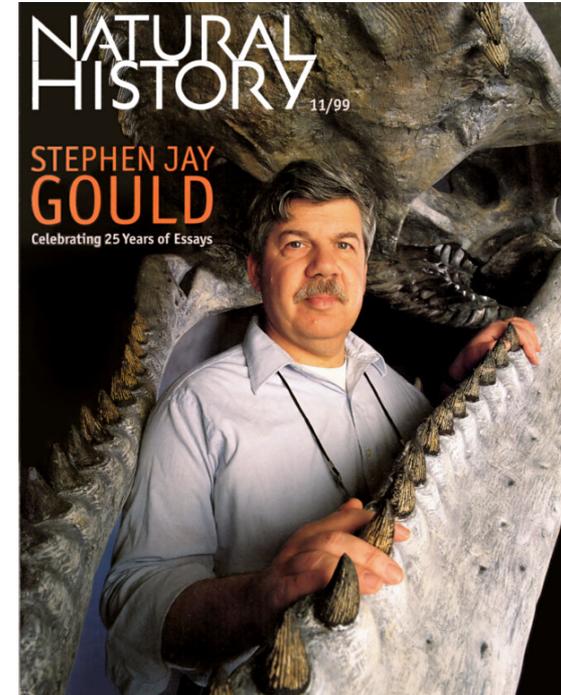


# L'origine delle specie

## La teoria degli equilibri punteggiati

Questa teoria fu proposta, nel 1972, da Niles Eldredge e Stephen Jay Gould per spiegare il fatto, riscontrato nello studio dei reperti fossili, che una specie rimaneva sostanzialmente invariata per 5 – 10 milioni di anni poi scompariva “improvvisamente” per venir sostituita altrettanto “improvvisamente” da una specie affine ma diversa per alcune caratteristiche, la quale subiva la stessa trafila evolutiva. Improvvisamente, per un paleontologo, significa qualche migliaia di anni.

Per spiegare le osservazioni sulla successione dei fossili Gould e Eldredge si basarono sulla speciazione allopatrica per proporre una nuova ipotesi sulla macroevoluzione: *nuove specie si formano da piccole popolazioni che si trovano alla periferia geografica di distribuzione della specie e che restano isolate prima geograficamente poi riproduttivamente (se la popolazione è piccola questi cambiamenti avvengono rapidamente).* Successivamente la nuova specie può venire in contatto con la specie genitrice, soppiantandola e provocandone l'estinzione.



Stephen Jay Gould (New York, 10 settembre 1941 – New York, 20 maggio 2002)



Niles Eldredge (Brooklyn, 1943)

# L'origine delle specie

Ecco un confronto tra l'ipotesi di evoluzione graduale e quella da equilibri punteggiati

## **Gradualismo**

Le nuove specie si originano per trasformazione di tutta la popolazione antica in discendenti modificati.

L'evoluzione è lenta e graduale.

Il cambiamento riguarda tutta o gran parte della popolazione originaria anche se non è concentrata in una precisa area geografica

I fossili di transizioni sono costituiti da forme poco modificate rispetto a quella madre.

Le forme intermedie sono numerose

## **Equilibri punteggiati**

Le nuove specie derivano da una separazione dalla linea evolutiva principale.

Le nuove specie si originano improvvisamente e rapidamente.

Le nuove specie derivano da piccole popolazioni isolate che si trovano ai margini dell'area geografica di distribuzione di quella principale.

I fossili presentano bruschi cambiamenti rispetto alla forma originale. e sono molto diversi nella forma finale.

Le forme intermedie sono rare e non presentano caratteri di gradualità.