

ZANICHELLI

David Sadava, David M. Hillis,
H. Craig Heller, May R. Berenbaum

La nuova biologia.blu

Le cellule e i viventi

ZANICHELLI

Capitolo A1

La biologia è la scienza della vita

ZANICHELLI

La biologia studia i viventi



La **biologia** è lo studio scientifico degli esseri viventi, che si distinguono dalla materia inanimata in base ad alcune caratteristiche comuni.

Gli organismi sono fatti di cellule

La **cellula** è l'unità strutturale e funzionale degli organismi viventi vegetali e animali.



È la struttura più semplice dell'organismo, ma è capace di svolgere tutte le funzioni vitali.

Gli organismi sono fatti di cellule: sono **unicellulari** se sono formati da una sola cellula, **pluricellulari** se sono composti da più cellule.

ZANICHELLI

Nonostante siano molto diversi tra loro, i viventi condividono sette caratteristiche che li distinguono dalla materia inanimata:

1. tutti gli organismi sono fatti di cellule;
2. le cellule contengono informazioni ereditarie scritte in un linguaggio genetico universale (cioè comune a tutte le forme di vita), che trasmettono alla loro discendenza;
3. le cellule ricavano dall'ambiente energia e nutrienti;
4. gli organismi rispondono ai cambiamenti dell'ambiente esterno regolando il proprio ambiente interno;
5. la vita è organizzata in livelli gerarchici;
6. gli esseri viventi interagiscono gli uni con gli altri;
7. tutti i viventi sono comparsi per evoluzione a partire da un antenato comune.

Questo punto costituisce la base della **teoria cellulare** che, nella forma moderna, afferma:

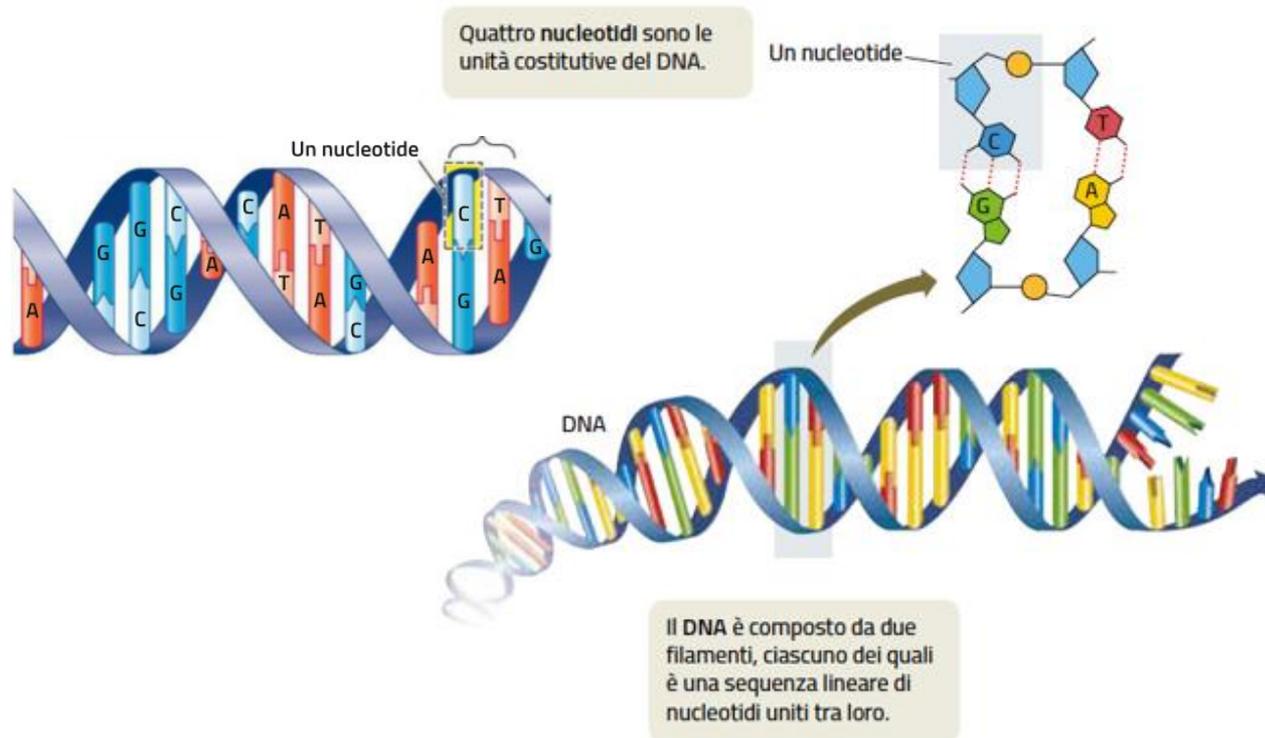
- le cellule sono le unità strutturali e funzionali di tutti gli organismi viventi;
- tutte le cellule hanno origine da cellule preesistenti;
- le cellule sono simili per composizione chimica;
- tutte le cellule sono delimitate dalla *membrana plasmatica*, che seleziona le sostanze in entrata e in uscita;
- l'ambiente interno alla membrana è costituito da una miscela di acqua e di altre sostanze chiamata *citoplasma*, in cui avvengono moltissime reazioni chimiche;
- tutte le cellule possiedono un proprio materiale genetico, che contiene le informazioni ereditarie necessarie alla cellula per svilupparsi, accrescersi e riprodursi.

Gli organismi *unicellulari* sono formati da una sola cellula; gli organismi *pluricellulari* sono composti da numerose cellule specializzate in funzioni diverse. 

Tutte le cellule del tuo corpo sono costituite da molecole che a loro volta sono formate da atomi. Gli atomi sono le particelle di cui è costituita la materia. In natura esistono diversi tipi di atomi: una molecola è formata da due o più atomi, uguali o diversi, legati insieme. Atomi e molecole presenti nelle cellule obbediscono alle stesse leggi della fisica e della chimica che governano la materia

Le cellule tuttavia posseggono due caratteristiche peculiari che le distinguono dai sistemi inanimati: si riproducono e si sviluppano secondo un «progetto interno» archiviato sotto forma di informazione genetica. Una cellula batterica, per esempio, si accresce fino a che, raggiunta una certa dimensione, si divide in due cellule identiche alla cellula madre. Ciò è possibile grazie a due tipi di molecole: il **DNA** (o acido desossiribonucleico) e le proteine.

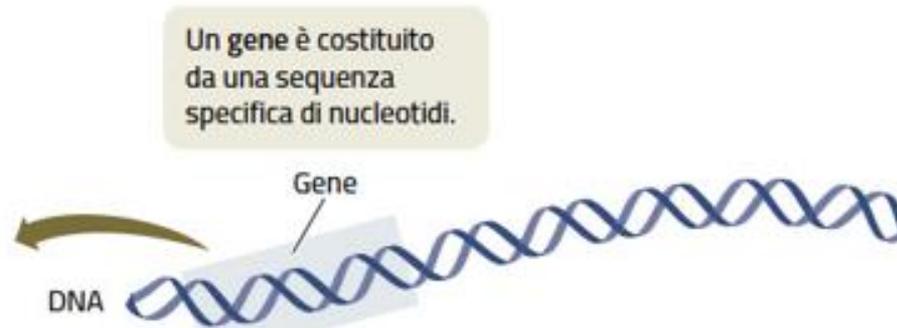
Ogni molecola di DNA (**Figura 3**) è una lunga sequenza di molecole più piccole chiamate **nucleotidi**, legate tra loro come le perle che formano una collana.



Il compito del DNA è duplice:

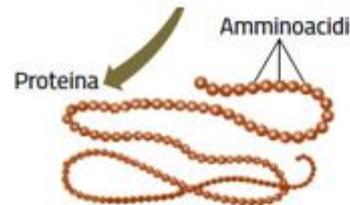
1. contiene le informazioni necessarie per costruire e far funzionare correttamente la cellula;
2. permette all'organismo di trasmettere le proprie caratteristiche alla discendenza.

Tratti specifici del DNA, chiamati **geni**, contengono l'informazione usata dalla cellula per fabbricare le proteine.



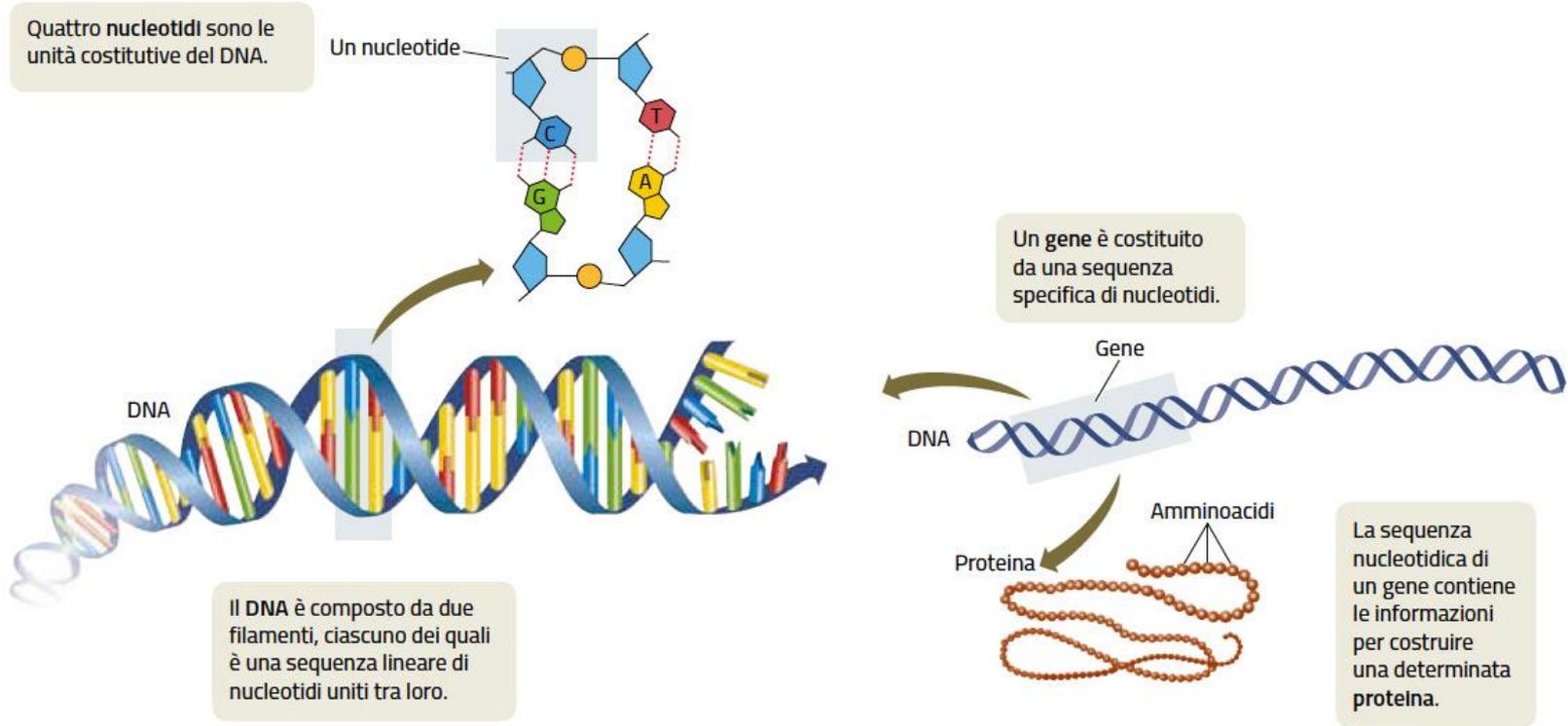
Allo

stesso modo, una **proteina** è una sequenza di molecole più piccole dette **amminoacidi**.



I tipi di nucleotidi e di amminoacidi sono uguali in tutte le cellule di tutti gli organismi ma sono organizzati in sequenze diverse per produrre molecole con funzioni differenti, come le lettere dell'alfabeto che formano le parole.

Le cellule contengono informazioni ereditarie



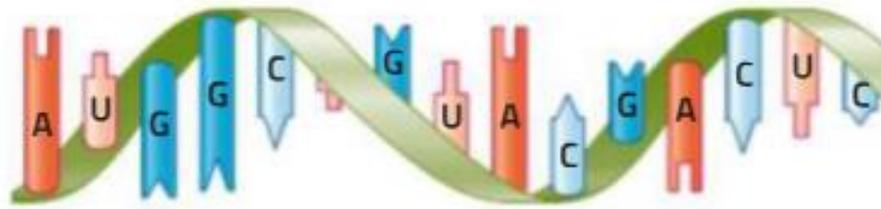
Il **genoma** di un organismo è l'insieme di tutti i suoi geni.

ZANICHELLI

Il codice genetico chiarisce come queste sequenze di nucleotidi sono tradotte in sequenze di aminoacidi, che formano le proteine. Questo processo prevede una prima fase (la *trascrizione*) che «riscrive» l'informazione contenuta nel DNA di un gene nella struttura di un'altra molecola ancora più piccola, l'**RNA** o acido ribonucleico. L'RNA è la molecola che guida attivamente la *traduzione*, cioè la sintesi di una proteina.



Una molecola di RNA è formata a partire da un filamento di DNA di riferimento.



La sequenza dei nucleotidi dell'RNA esplicita la sequenza di amminoacidi di una proteina specifica.



Catene di amminoacidi si ripiegano per conferire alla **proteina** la sua tridimensionalità.



Le proteine svolgono numerose funzioni all'interno degli organismi: regolano le reazioni chimiche che avvengono nelle cellule, formano i muscoli e altre strutture del corpo, ci difendono dalle malattie e trasportano vari tipi di sostanze. Ogni essere vivente possiede geni specifici e quindi produce proteine specifiche.

L'insieme di tutte le molecole di DNA presenti in una cellula costituiscono il suo patrimonio ereditario o **genoma**, composto da migliaia di geni. Se si altera la sequenza di un gene è facile che cambi anche la proteina da esso codificata. Le alterazioni dei geni si chiamano *mutazioni*. Le mutazioni si verificano spontaneamente o possono essere indotte da fattori esterni, come le radiazioni o certe sostanze chimiche. Perlopiù le mutazioni sono dannose, ma ogni tanto il cambiamento di una proteina ne altera la funzione positivamente. Come vedremo, le mutazioni vantaggiose sono la materia prima dell'evoluzione.

Le cellule ricavano energia e nutrienti dall'ambiente

Gli **autotrofi fotosintetici** sfruttano l'energia solare, l'acqua e il diossido di carbonio per produrre zuccheri e altri nutrienti; gli **eterotrofi** si nutrono delle sostanze prodotte da altri organismi.



ZANICHELLI

In ecologia gli organismi eterotrofi sono chiamati anche *consumatori*: i consumatori primari (come gli erbivori) si nutrono di organismi autotrofi, mentre i consumatori secondari, terziari o di ordine superiore (come i carnivori) si nutrono di altri eterotrofi.

Gran parte del lavoro cellulare consiste nella trasformazione di un tipo di molecola in un altro. Per esempio, i carboidrati potranno essere immagazzinati sotto forma di grassi. Un altro tipo di lavoro svolto dalle cellule è quello meccanico, come spostare molecole da un punto all'altro della cellula o muovere intere cellule o tessuti, come nel caso della contrazione muscolare.

I viventi rispondono ai cambiamenti

Ogni cellula è capace di adattarsi ai cambiamenti dell'ambiente esterno grazie a reazioni chimiche che modificano il suo ambiente interno.

Il complesso di queste reazioni chimiche viene chiamato **metabolismo**.

L'ambiente interno della cellula, determinato dal suo metabolismo, è regolato dall'**omeostasi** cellulare.

Gli organismi pluricellulari, che sono formati da molte cellule, possiedono un ambiente interno costituito dai liquidi extracellulari (come sangue, linfa e liquido interstiziale). Da qui le singole cellule ricavano i nutrienti e qui riversano i loro scarti. Nel corso dell'evoluzione, le cellule degli organismi pluricellulari sono diventate via via più specializzate a svolgere compiti specifici e hanno perso gran parte delle funzioni che un organismo unicellulare è in grado di svolgere da solo. Un neurone, per esempio, non è in grado di muoversi rapidamente, perché si è specializzato nel compito di generare e trasmettere gli impulsi nervosi. Ogni cellula del nostro corpo quindi dipende, per i suoi bisogni vitali, da quell'ambiente che tutte le cellule insieme contribuiscono a mantenere.

In altre parole, le cellule degli organismi pluricellulari hanno pagato la loro specializzazione nelle varie funzioni vitali con la perdita della capacità di condurre una vita autonoma. Molto spesso le cellule di uno stesso tipo collaborano tra loro per svolgere i compiti specifici: questi gruppi di cellule simili si chiamano **tessuti**

(**Figura 6A**). Per esempio, una singola cellula muscolare non può sviluppare molta forza; ma quando più cellule muscolari si uniscono per formare il tessuto muscolare si può generare una forza considerevole. In moltissimi organismi pluricellulari, i vari tessuti si organizzano in **organi**, preposti a svolgere una precisa funzione. Esempi di organi sono il cuore, il cervello e lo stomaco.

Infine, gli organi che svolgono funzioni interconnesse possono essere raggruppati in **sistemi** o **apparati**. Gli esseri viventi possiedono quindi una **gerarchia interna** che va dalla cellula all'intero organismo.

Le **molecole** sono costituite da **atomi** e le cellule sono fatte di molecole.

Cellule di tipo diverso sono le componenti operative degli organismi viventi.

Un **tessuto** è un raggruppamento di molte cellule dotate di funzioni simili e coordinate (come la percezione degli odori).

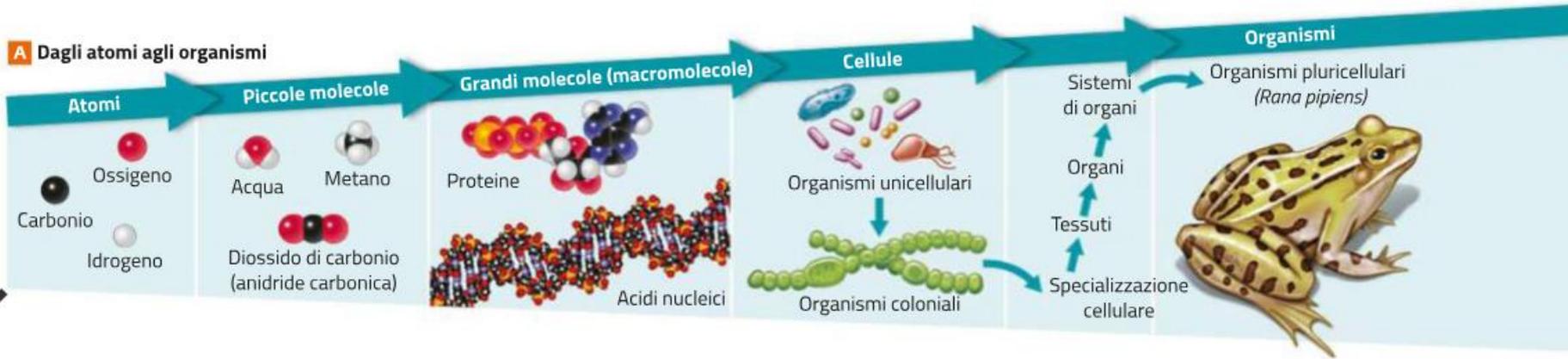


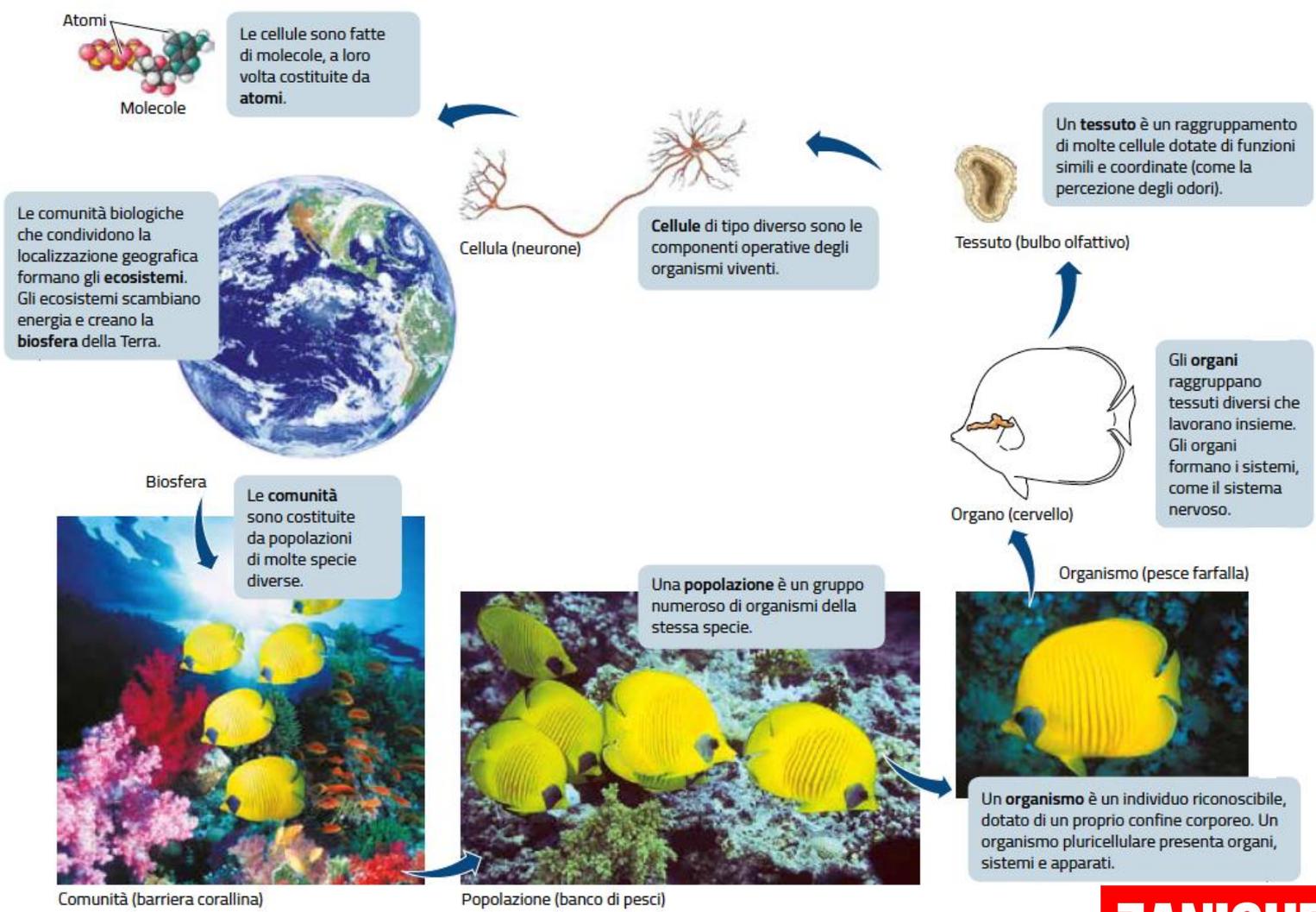
Figura 6 La vita è organizzata gerarchicamente

(A) Le proprietà della vita emergono quando il DNA, le proteine e le altre molecole sono organizzate in cellule. (B) Gli organismi formano le popolazioni e interagiscono con individui di altre popolazioni formando le comunità, che a loro volta interagiscono con l'ambiente formando gli ecosistemi che compongono la biosfera.

Gli **organi** raggruppano tessuti diversi che lavorano insieme. Gli organi formano i sistemi, come il sistema nervoso.

Un **organismo** è un individuo riconoscibile, dotato di un proprio confine corporeo. Un organismo pluricellulare presenta organi, sistemi e apparati.

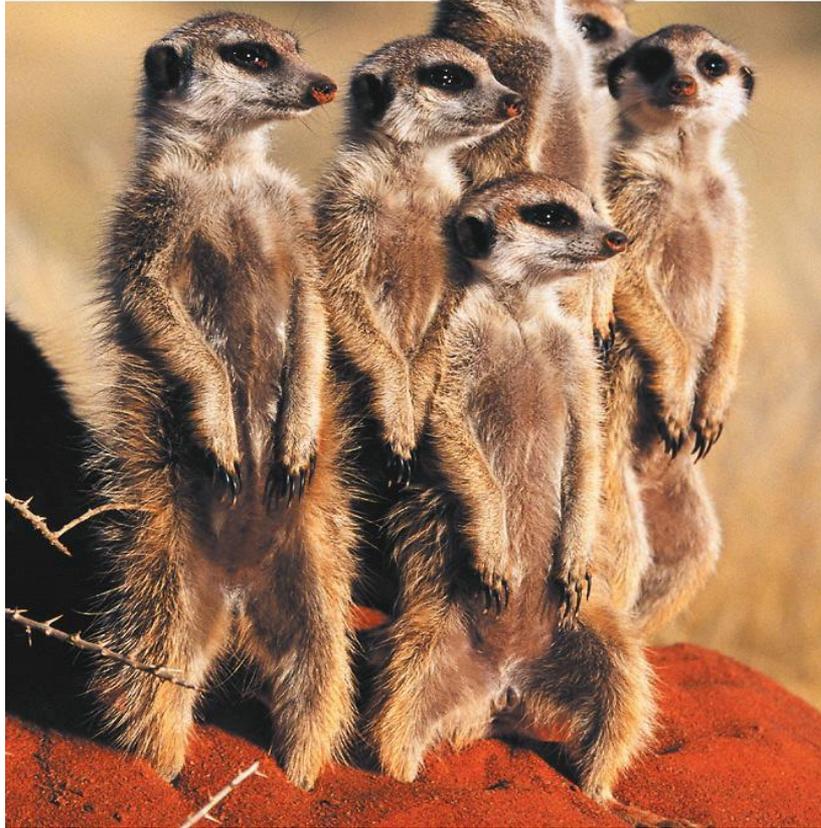
L'organizzazione dei livelli gerarchici



Gli organismi non vivono isolati: alla gerarchia interna del singolo organismo si affianca una **gerarchia esterna** dell'intero mondo biologico. Gli organismi che appartengono a una determinata specie (per esempio gli esemplari di *Rana pipiens*) e che vivono nella stessa regione geografica costituiscono una **popolazione** (**Figura 6B**).

Tra i membri di una popolazione possono esistere **interazioni** di vario tipo; per esempio, alcuni organismi sono territoriali, cioè difendono le risorse a disposizione come il cibo, i siti di riproduzione o i partner sessuali, cercando di impedirne lo sfruttamento da parte di altri animali della stessa specie (**Figura 7A**). In altre specie gli animali possono cooperare tra loro formando unità sociali come, per esempio, le colonie di formiche, i banchi di pesci o i branchi di lupi. Interazioni di questo tipo hanno portato all'evoluzione di comportamenti sociali come la comunicazione (**Figura 7B**).

Gli esseri viventi interagiscono tra loro



Gli organismi della stessa specie, che vivono nella stessa zona geografica, formano una **popolazione**.

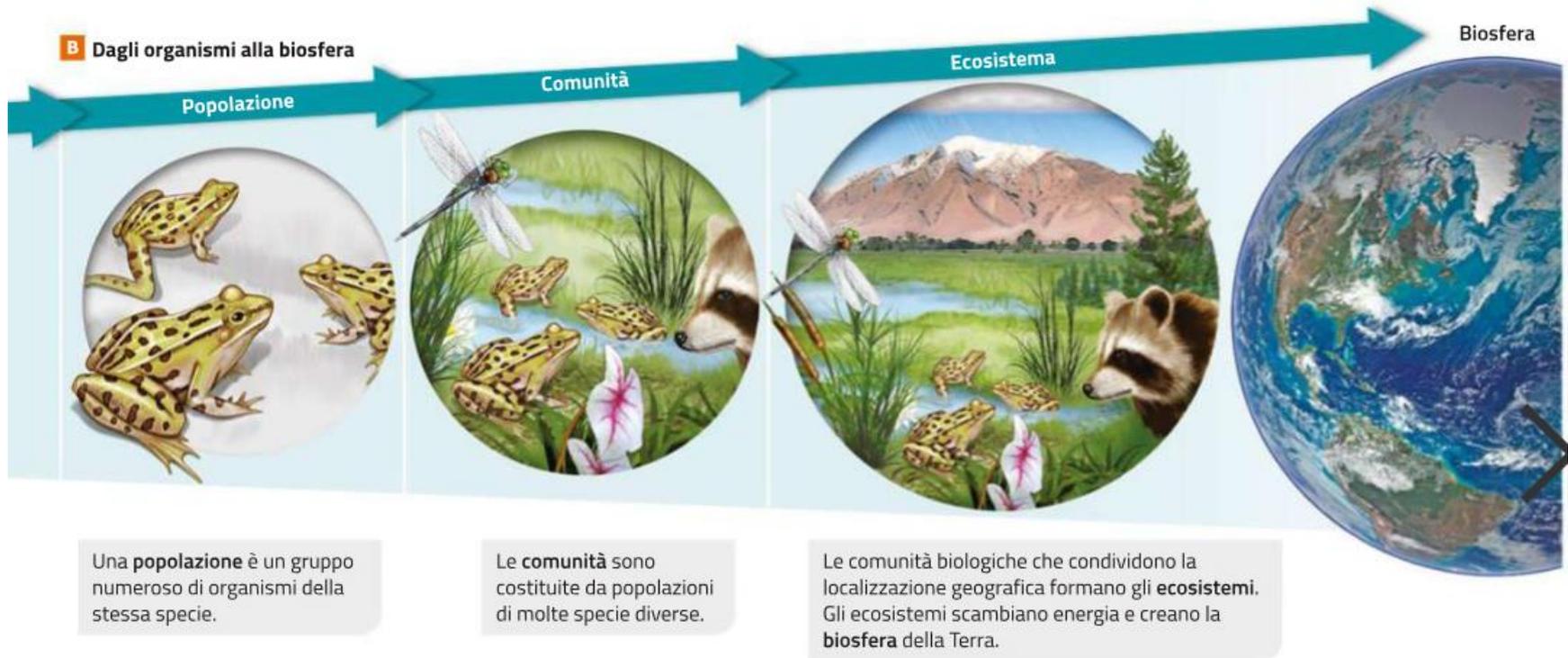
La **comunità** è l'interazione tra le popolazioni.

L'interazione tra comunità e ambiente esterno forma un **ecosistema**.

Le interazioni tra popolazioni diverse danno origine a una **comunità**. Un esempio di comunità è costituito da tutti gli organismi che vivono in uno stagno (erba, rane, libellule, canneti, ninfee, procioni). Come in una popolazione, anche all'interno di una comunità può esistere competizione tra individui appartenenti a specie diverse: per esempio, tutti gli animali erbivori che abitano lo stagno competono tra loro per il cibo. In altri casi, gli individui di una specie (i procioni) si nutrono dei membri di un'altra specie (le rane).

L'interazione tra le comunità viventi e l'ambiente in cui esse vivono forma un **ecosistema**. Gli organismi di un ecosistema, come lo stagno del nostro esempio, possono modificare l'ambiente influenzando così la vita degli altri

B Dagli organismi alla biosfera



Infine, la **biosfera** comprende l'insieme di tutti gli organismi e delle zone della Terra in cui si sviluppa la vita: le terre emerse, i mari e gli oceani, le acque dolci e gli strati più bassi dell'atmosfera. Si può immaginare la biosfera come una specie di «pellicola» che riveste il nostro pianeta a partire da 10 km di altitudine nell'atmosfera fino a 300 m di profondità nel sottosuolo e a 8 km negli oceani.

Tutti i viventi sono frutto dell'evoluzione



L'**evoluzione** è un insieme di cambiamenti che si verificano in una popolazione nel corso del tempo, dovuto all'accumularsi di caratteristiche ereditabili.

ZANICHELLI

La selezione naturale favorisce gli organismi più adatti



Gli **adattamenti** sono tutte quelle caratteristiche strutturali, fisiologiche o comportamentali che potenziano la probabilità di un organismo di sopravvivere e riprodursi

La teoria dell'evoluzione per selezione naturale elaborata da Charles Darwin è il principio unificante della biologia.

ZANICHELLI

Ma come funziona la selezione in natura? Darwin ipotizzò che ad agire fosse una diversa probabilità di sopravvivere e riprodursi con successo. Egli rifletté sul fatto che il potenziale riproduttivo delle piante e degli animali, se non fosse tenuto sotto controllo, provocherebbe una crescita illimitata delle popolazioni; in natura però tale crescita illimitata non si osserva mai, perché soltanto una piccola percentuale della progenie riesce a sopravvivere e a riprodursi. Perciò qualsiasi caratteristica che conferisca un aumento, anche modesto, della probabilità di sopravvivere e riprodursi, sarà favorito e si diffonderà nella popolazione. Darwin chiamò il fenomeno **selezione naturale**.

Poiché, in determinate condizioni, gli organismi provvisti di certe caratteristiche sopravvivono più a lungo e si riproducono con maggior successo, la selezione naturale fa sì che una popolazione si adatti all'ambiente: gli **adattamenti** sono tutte quelle caratteristiche strutturali, fisiologiche o comportamentali che potenziano la probabilità di un organismo di sopravvivere e riprodursi nel proprio ambiente (**Figura 8**).



Figura 8

Adattamenti all'ambiente

Gli arti delle rane mostrano adattamenti all'ambiente.

(A) Questa rana terricola si sposta sul terreno con piccole zampe dalle lunghe dita.

(B) Le zampe posteriori palmate sono tipiche nelle rane a vita acquatica.

(C) Questa specie arboricola ha zampe con cuscinetti adesivi.

(D) Alcune specie arboricole hanno zampe con dita palmate che consentono di planare da un albero all'altro.

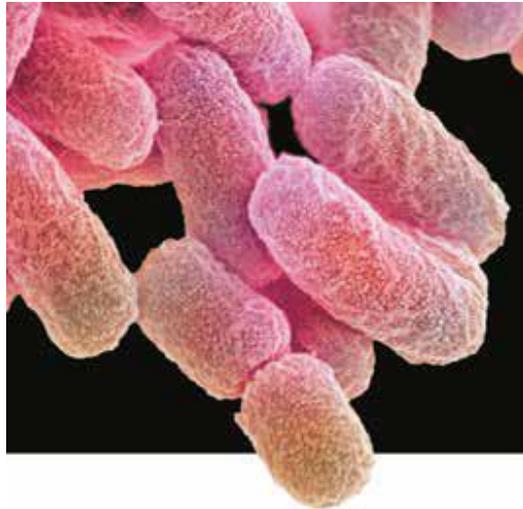
La varietà degli esseri viventi

Gli esseri viventi si suddividono in tre domini:

archei



batteri



eucarioti

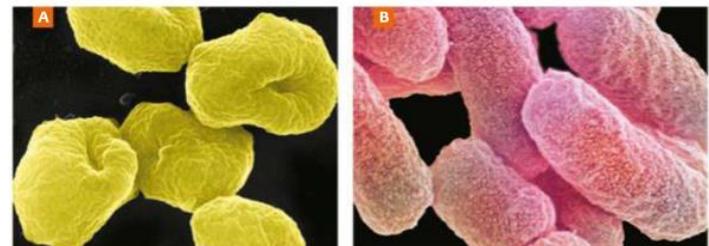


ZANICHELLI

Archèi e batteri presentano metabolismi assai differenti, ma condividono una caratteristica fondamentale: sono costituiti da cellule piccole e dalla struttura molto semplice, priva di comparti interni. Questo tipo di cellula è detta **cellula procariote**.

I **procarioti** (**Figura 9A-B**) sono organismi unicellulari microscopici, ma talvolta possono formare colonie cioè piccoli raggruppamenti di più individui singoli.

Vivono in quasi tutti gli ambienti terrestri, anche i più ostili; molti si sviluppano all'interno di piante o animali, con effetti talvolta positivi e talvolta negativi.

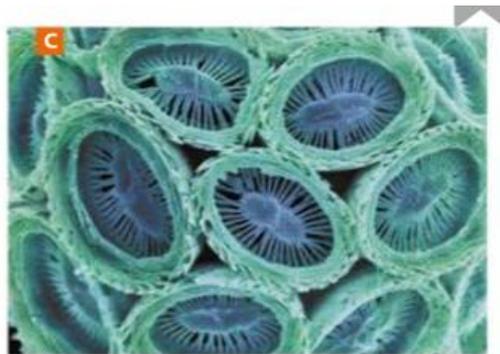


Il dominio degli **eucarioti** comprende organismi formati da **cellule eucariote**, che differiscono da quelle procariote per diversi aspetti:

- il DNA degli eucarioti è custodito in un nucleo delimitato da una membrana;
- nel citoplasma sono presenti diversi organuli, anch'essi delimitati da membrane, che svolgono specifiche funzioni;
- la cellula eucariote è più grande di quella procariote.

Gli organismi eucarioti sono suddivisi in quattro *regni*: animali, piante, funghi e protisti (**Figura 9C-F**).

1. Il regno dei **protisti** comprende le alghe, i protozoi e numerosi organismi che non rientrano negli altri regni. Si tratta di forme di vita unicellulari o pluricellulari con metabolismi diversi: molti sono fotosintetici, altri invece sono eterotrofi.



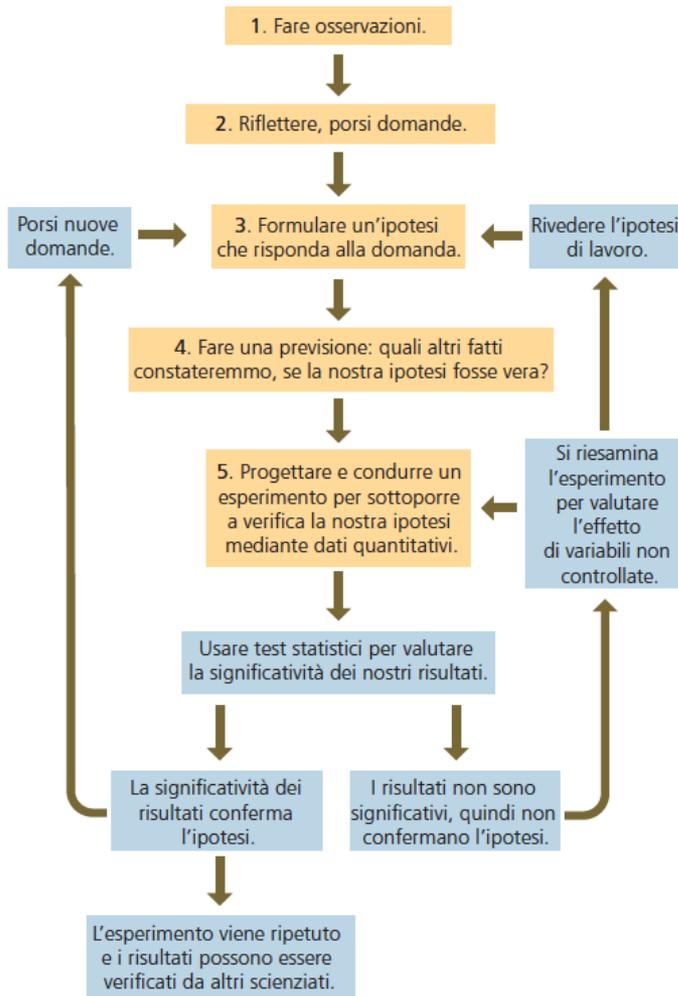
2. Le **piante** sono organismi pluricellulari autotrofi. Grazie alla fotosintesi, esse sono in grado di produrre autonomamente i propri nutrienti partendo da molecole semplici che trovano nell'ambiente (acqua e diossido di carbonio).



3. I **funghi** sono organismi eterotrofi che si nutrono per assorbimento. Dapprima il fungo secerne all'esterno sostanze che demoliscono il materiale da digerire, come legno morto o resti di animali; poi le cellule fungine assorbono i prodotti della digestione. I funghi comprendono sia specie unicellulari sia specie pluricellulari.
4. Gli **animali** sono organismi pluricellulari eterotrofi che si nutrono ingerendo e digerendo il cibo.



Il metodo scientifico



Il procedimento che parte dall'osservazione, prevede la formulazione di ipotesi e previsioni, e infine verifica la correttezza delle previsioni e costituisce il **metodo scientifico**.

Le fasi del metodo scientifico

La ricerca scientifica si basa sull'osservazione e sulla **raccolta di dati** qualitativi e quantitativi.

In seguito all'osservazione, gli scienziati lavorano per induzione formulando ipotesi per spiegare ciò che hanno osservato. Le **ipotesi** servono a dedurre previsioni.

I risultati degli **esperimenti** controllati o comparativi possono confermare oppure smentire le ipotesi iniziali.

L'**osservazione** è il primo passo del metodo scientifico: di fronte al fenomeno che si deve analizzare, il ricercatore compie una serie di osservazioni e raccoglie i **dati** in modo ordinato, per esempio in una tabella.

I dati possono essere di due tipi: i dati qualitativi sono basati sulla percezione che il ricercatore ha del fenomeno in esame; i dati quantitativi sono ottenuti da misurazioni ottenute utilizzando specifici strumenti di misura.

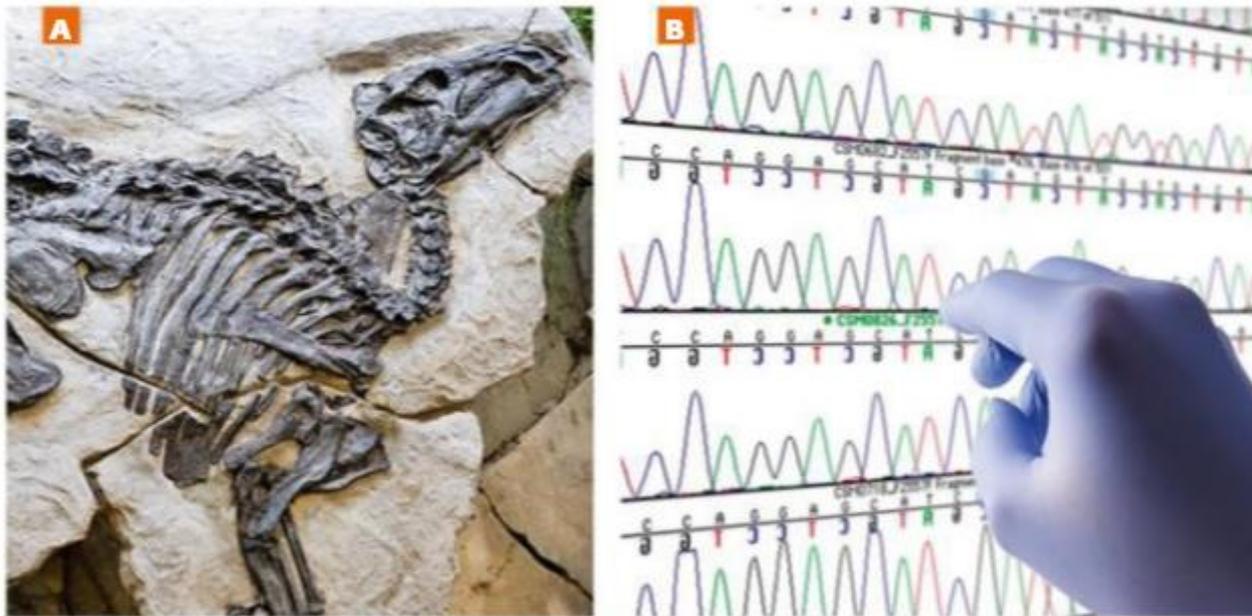


Figura 13 Dati qualitativi e quantitativi

(A) In passato gli scienziati potevano fare affidamento solo su osservazioni morfologiche dei fossili per studiare l'evoluzione; (B) oggi invece le analisi del DNA e i modelli matematici consentono di studiare il processo evolutivo con dati quantitativi.

Dopo essersi posto una domanda, lo scienziato spesso usa la **logica induttiva** per proporre una risposta. Il ragionamento induttivo parte dalle osservazioni e crea una nuova affermazione, compatibile con le osservazioni e con i dati iniziali. Questa affermazione provvisoria prende il nome di **ipotesi**.

Il passo successivo del metodo scientifico consiste nell'adottare un tipo diverso di ragionamento, la **logica deduttiva**, che permette di formulare **previsioni** nel caso in cui l'ipotesi fosse corretta: partendo da un'affermazione generale considerata vera (l'ipotesi), si cerca di prevedere quali altri fatti dovrebbero verificarsi in coerenza con tale ipotesi.

Una volta formulate previsioni sulla base di un'ipotesi, si possono progettare degli esperimenti per verificarle.

Esistono due tipi di esperimento, che mettono a confronto dati provenienti da campioni sperimentali diversi: gli esperimenti controllati e quelli comparativi. In un **esperimento controllato** si confrontano campioni simili tra loro. Sulla base dell'ipotesi di partenza, si pone l'attenzione su un certo fattore critico, detto *variabile*, che potrebbe avere qualche effetto sul fenomeno che stiamo studiando. A questo punto, si allestiscono degli esperimenti in cui si modifica artificialmente soltanto quella determinata variabile.

I risultati ottenuti nei campioni chiamati «sperimentali» si confrontano con i dati provenienti da un campione detto «di controllo», che non subisce alcuna modifica. La variabile su cui si interviene si chiama **variabile indipendente**; la risposta misurata costituisce la **variabile dipendente**. Negli esperimenti controllati quindi si interviene soltanto sulla variabile indipendente; tutte le altre devono essere mantenute costanti. Non è facile progettare un buon esperimento controllato, perché le variabili biologiche possono essere così tante e così interconnesse tra loro da rendere difficile modificarne soltanto una alla volta.

Negli **esperimenti comparativi**, invece, si raccolgono i dati di campioni diversi e poi li si mette a confronto. Se l'ipotesi è giusta, tra i campioni si riscontreranno delle differenze che concorderanno con le previsioni fatte. Che si conducano esperimenti controllati o comparativi, alla fine bisogna stabilire se vi sono differenze significative tra i campioni che sono stati oggetto del nostro studio. Come facciamo a essere certi che la differenza che abbiamo misurato sia significativa?

La significatività dei dati si valuta utilizzando **metodi statistici** che ci dicono qual è la probabilità di ottenere gli stessi risultati in maniera casuale: in questo modo saremo certi che le differenze che abbiamo osservato non siano il risultato di variazioni casuali nei campioni esaminati.

Essendo tutti imparentati fra loro, gli esseri viventi sono costituiti da molecole simili; perciò le conoscenze ricavate dallo studio di un tipo di organismo si possono generalizzare, con le dovute cautele, ad altri organismi. Nella ricerca, i biologi si servono di **organismi modello**, sapendo che potranno estendere la validità delle loro scoperte da questi ad altri organismi.

Per esempio, abbiamo cominciato a capire le reazioni chimiche cellulari grazie alle ricerche svolte sui batteri, ma i risultati sono poi stati applicati a tutte le cellule, comprese quelle umane. Analogamente, le reazioni della fotosintesi, il processo attraverso il quale tutte le piante si servono dell'energia solare per produrre zuccheri, sono state scoperte attraverso esperimenti sulla *Chlorella*, un'alga unicellulare. Gran parte di ciò che sappiamo sui geni che controllano lo sviluppo di una pianta è il risultato del lavoro su *Arabidopsis thaliana*, una parente della senape (**Figura 14**).

Quando un'ipotesi viene confermata dagli esperimenti, lo scienziato formula una **teoria** generale capace di spiegare non solo il fenomeno osservato, ma anche altri fenomeni dello stesso tipo.

La storia della scienza insegna che le teorie scientifiche non sono mai definitive, ma vanno incontro a continue trasformazioni, rivisitazioni e verifiche. Il fatto stesso che le teorie derivino da osservazioni ed esperimenti comporta che esse debbano sempre essere sottoposte a nuove prove sperimentali, e che possano essere messe in discussione da altre osservazioni.

Quando poi una teoria non viene mai contraddetta, ma consolidata da nuove prove sperimentali, la si può considerare un **fatto scientifico**, cioè una spiegazione che non ha senso mettere in discussione. La teoria cellulare, per esempio, si è imposta a tal punto che oggi noi consideriamo l'esistenza delle cellule come un fatto scientifico. Sulla base di tale fatto, noi compiamo nuove osservazioni e formuliamo teorie più dettagliate, come quella della comunicazione cellulare. Lo stesso avviene

Attualmente le conoscenze scientifiche sono vastissime e molto specialistiche, quindi è difficile che un solo studioso possa eccellere in più campi di ricerca, come accadeva per i filosofi naturali o per i primi scienziati. Questo ha una conseguenza importante: gli scienziati non possono più lavorare da soli, ma devono unire gli sforzi e condividere il sapere. Gli scienziati, infatti, si organizzano in gruppi di ricerca i cui membri condividono l'obiettivo di studio e cercano di approfondire la conoscenza di un sistema o di sviluppare insieme nuove tecnologie (**Figura 15**). Per esempio, per studiare lo stato di salute e l'inquinamento del mare servirà integrare competenze diverse. Sarà importante la presenza di un chimico, che sappia raccogliere e analizzare i campioni d'acqua; di un biologo marino, che conosca le specie che popolano il mare e gli effetti degli inquinanti; di un meteorologo, che studi le correnti atmosferiche e marine.

La biologia è una scienza utile in svariati settori: le conoscenze scientifiche servono a migliorare aspetti legati alla salute, alla società e alle politiche ambientali.

Gli esseri umani vivono in un mondo di organismi da cui dipendono: l'ossigeno che respiriamo deriva dalla fotosintesi operata da piante, alghe e batteri; il cibo che mangiamo proviene da altri organismi; anche la maggior parte dei carburanti che fanno funzionare le nostre automobili, gli aerei o le nostre centrali elettriche sono costituiti da varie forme di molecole di carbonio prodotte da organismi vissuti milioni di anni fa.

Dentro e fuori, il nostro corpo è ricoperto di comunità complesse di microrganismi, che ci aiutano a mantenerci sani. Queste interazioni con altre specie non riguardano solo gli esseri umani: la Terra ospita milioni di specie, connesse tra loro da migliaia di relazioni, da cui dipende il funzionamento degli ecosistemi.

In altre parole, capire i principi biologici è essenziale per la nostra vita e per mantenere l'equilibrio funzionale della Terra che conosciamo e da cui dipendiamo.