

Unità didattica

1

**LE BASI DELL'ORGANIZZAZIONE
BIOLOGICA E MOLECOLARE
DELLA VITA**



INTRODUZIONE ALLA BIOLOGIA

Introduzione alla biologia cellulare e molecolare

Biologia è un termine che, dal greco "βίος" [bíos] + "λόγος" [lógos], significa "discorso sulla vita". La vita sulla Terra è estremamente varia ed eterogenea: nonostante ciò, si possono identificare sempre delle organizzazioni simili in termini di strutture e funzioni.

Questo è dimostrato dalla **teoria evolutiva**, secondo la quale ogni forma di vita:

- è generata da un antenato comune o **L.U.C.A.** → Last Universal Common Ancestor;
- ha analogie con altre forme di vita per quanto riguarda le molecole e l'unità fondamentale, che è la **cellula**.

Biologia cellulare

La biologia cellulare è la branca della biologia che si occupa dello studio delle strutture e delle funzioni della cellula.

Biologia molecolare

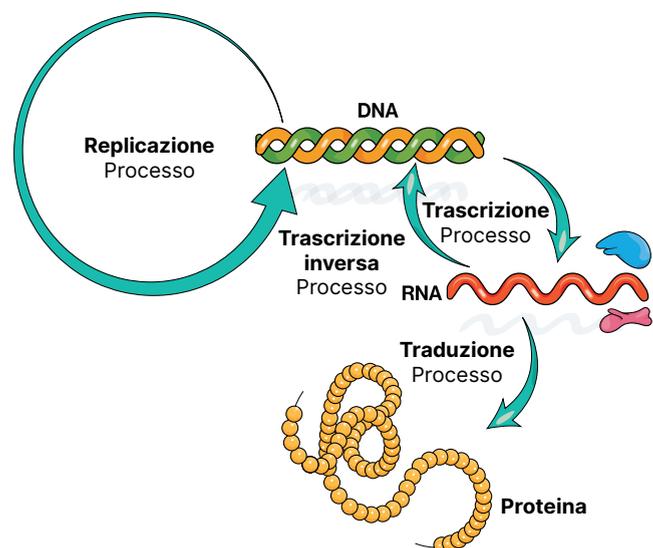
Numerosi studi condotti durante il secolo scorso sono stati decisivi nel definire il *dogma fondamentale della biologia molecolare*, secondo il quale il materiale genetico è contenuto nel DNA, il DNA è trascritto in RNA, e l'RNA è tradotto in proteine:

DNA → RNA → proteine

L'interazione tra queste molecole è al centro dello studio e della ricerca nell'ambito della **biologia molecolare**.

Biologia sperimentale

La *biologia sperimentale* è la scienza che si occupa della comprensione dei fenomeni che si verificano nei viventi; è contrapposta alla *biologia teorica*, la quale si occupa di teorizzare tutte le informazioni sui viventi già note alla comunità scientifica.



Dogma fondamentale della biologia molecolare

Le caratteristiche degli organismi viventi

In base a come interagiscono gli organismi viventi con l'ecosistema, si distinguono esseri viventi:

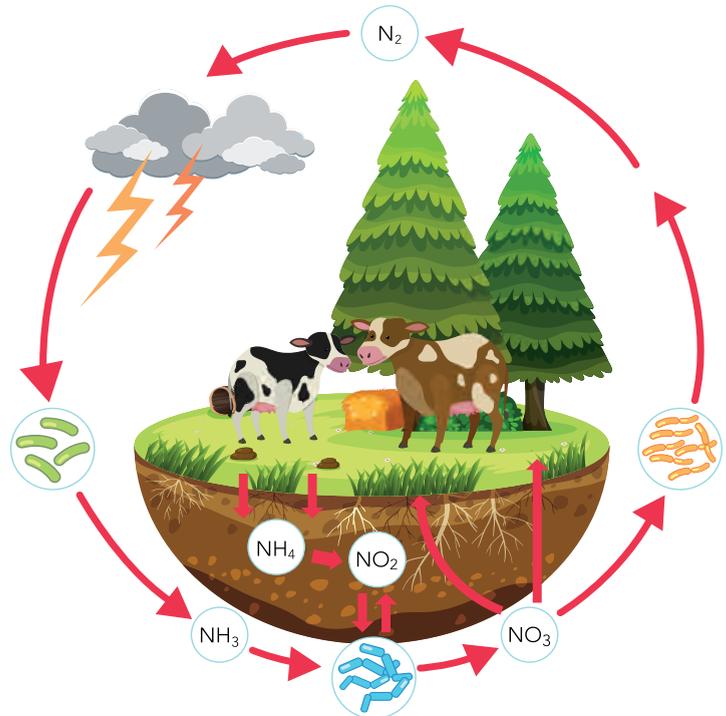
- **produttori** → come le piante (organismi autotrofi), che convertono composti inorganici in composti organici, fonte di energia;
- **consumatori** → chiamati anche eterotrofi, si cibano del nutrimento proveniente dai produttori. Di questa categoria fanno parte erbivori, carnivori e onnivori;
- **decompositori** → come muffe e funghi, decompongono i resti di organismi morti e li convertono in composti inorganici.

Produttori, consumatori e decompositori sono i protagonisti della catena alimentare, tuttavia, poiché ogni organismo può essere parte di più livelli della catena, è più corretto parlare di **rete alimentare**.

L'interazione tra viventi e ambiente

I viventi interagiscono, oltre che con altri viventi, anche con la natura circostante attraverso quelli che sono definiti **cicli vitali**.

- **Ciclo del carbonio.** Attraverso questo ciclo, il carbonio viene scambiato tra geosfera, idrosfera, biosfera e atmosfera della Terra.
- **Ciclo dell'azoto.** L'azoto è l'elemento più abbondante nell'atmosfera (78%); tuttavia, nella forma molecolare N_2 non può essere sfruttato da organismi come l'uomo, i quali però ne necessitano, in quanto è fondamentale per costituire amminoacidi o basi azotate per i nucleotidi. Esistono dei batteri, definiti **azotofissatori**, che vivono in simbiosi con le piante e sono in grado di convertire N_2 nella forma biodisponibile NH_3 (che a pH fisiologico, nell'uomo, è convertita in ione ammonio NH_4^+) attraverso gli enzimi **nitrogenasi**.
- **Ciclo del fosforo.** Il fosforo è un elemento scarsamente reperibile nell'ambiente: si trova prevalentemente nelle rocce fosfatiche sotto forma di fosfati. Gli organismi autotrofi possono introdurlo in composti organici.



Ciclo dell'azoto

La teoria cellulare

Secondo la **teoria cellulare**, la **cellula** è l'unità costitutiva di tutti gli esseri viventi, siano essi unicellulari o pluricellulari. Ogni cellula è autonoma e autosufficiente nella sua organizzazione.

A oggi, la comunità scientifica riconosce la **teoria cellulare moderna**. Tutte le ipotesi formulate in passato costituiscono la **teoria cellulare classica**.

Teoria cellulare classica

Vide il contributo di tre scienziati, **Schleiden**, **Schwann** e **Virchow**:

- Schleiden asserì che tutte le piante fossero composte da cellule;
- Schwann diede un contributo alla teoria formulata da Schleiden, sostenendo che anche tutti gli animali fossero costituiti da cellule;
- Virchow, pur non avendo dimostrato la sua ipotesi, pensò che ogni cellula nascesse da un'altra cellula.

Le basi dell'organizzazione biologica e molecolare della vita

Tutto ciò non sarebbe stato possibile senza le scoperte di **Robert Hooke**, il quale identificò al microscopio, in una fettina di midollo di sambuco, delle strutture che chiamò "cellule" (poiché somigliavano a delle piccole cellette). In realtà, ciò che Hooke aveva osservato, ai suoi tempi, non erano altro che dei residui di parete cellulare di cellule morte.

Fu nel 1674 che venne osservata la prima cellula viva al microscopio, da **Antoni van Leeuwenhoek**. Egli osservò batteri e alghe *Spirogyra*.



Teoria cellulare moderna

Le basi della teoria cellulare moderna furono gettate a seguito della diffusione delle idee evoluzionistiche di Darwin. Fondamentale, in particolare, fu il contributo di **August Weismann**:

- tutti i viventi sono costituiti da una o più cellule;
- le reazioni chimiche avvengono nelle cellule;
- ogni cellula origina da processi di divisione che avvengono da un'altra cellula;
- le cellule custodiscono il materiale genetico ereditario.

I livelli di organizzazione della materia vivente

Tutto ciò che è visibile all'occhio umano è composto da **materia**. La materia è organizzata in modo estremamente distinto e rigoroso, secondo un ordine ben preciso.

Particelle fondamentali

Sono quark e leptoni, che rispettivamente costituiscono protoni e neutroni, e elettroni.

Protoni, neutroni e elettroni

Protoni, neutroni e elettroni sono le particelle responsabili dell'identità e delle proprietà di ciascun atomo. I protoni hanno carica positiva, gli elettroni carica negativa, i neutroni sono privi di carica. Mentre neutroni e protoni sono nel nucleo dell'atomo, gli elettroni orbitano attorno a esso.

Atomi

Gli atomi non sono altro che il ferro, lo zolfo, l'ossigeno, il sodio, che si possono trovare sulla tavola periodica. In base alla loro funzione sono distinti in:

- **bioelementi primari** → hanno una funzione strutturale: sono ossigeno, zolfo, fosforo, carbonio, idrogeno, che costituiscono le membrane biologiche, oltre che molecole proteiche e lipidiche;
- **bioelementi secondari** → hanno una funzione strutturale e catalitica: sono iodio, calcio, sodio, cloro, magnesio;
- **oligoelementi** → hanno una funzione essenzialmente catalitica, sono presenti in concentrazioni molto ridotte negli organismi: sono zinco e cobalto.

Gruppo IA (1)																		Gas nobili VIIIA (18)																																																																																																																																																																																																																																																														
1	H																	2	He																																																																																																																																																																																																																																																													
1 ^o	Idrogeno 1.0079 2.1 -1.1 1s ¹																	Elio 4.00260 1s ²																																																																																																																																																																																																																																																														
2 ^o	3	Li Be																10	Ne																																																																																																																																																																																																																																																													
	6.941	9.01218																20.179	18.99840																																																																																																																																																																																																																																																													
	1.0	1.5																2.0	4.0																																																																																																																																																																																																																																																													
	1s ² 2s ¹	1s ² 2s ²																1s ² 2s ² 2p ⁶	1s ² 2s ² 2p ⁶																																																																																																																																																																																																																																																													
3 ^o	11	Na Mg																18	Ar																																																																																																																																																																																																																																																													
	22.98977	24.305																39.948	39.948																																																																																																																																																																																																																																																													
	0.9	1.2																1.5	2.0																																																																																																																																																																																																																																																													
	[Ne]3s ¹	[Ne]3s ²																[Ne]3s ² 3p ¹	[Ne]3s ² 3p ⁶																																																																																																																																																																																																																																																													
Metalli di transizione																			III A (13)																			IVA (14)																			VA (15)																			VIA (16)																			VII A (17)																																																																																																																																																																																	
4 ^o	19	K Ca																	29	Cu Zn																	31	Ga Ge																	33	As Se																	35	Br Kr																																																																																																																																																																																																						
	39.0983	40.08																	63.546	65.39																	69.72	72.61																	74.9216	78.96																	79.904	83.80																																																																																																																																																																																																						
	0.8	1.0																	1.8	2.1																	2.2	2.5																	2.4	2.6																	2.8	3.0																																																																																																																																																																																																						
	[Ar]4s ¹	[Ar]4s ²																	[Ar]3d ¹ 4s ¹	[Ar]3d ¹⁰ 4s ¹																	[Ar]3d ¹⁰ 4s ²	[Ar]3d ¹⁰ 4s ²																	[Ar]3d ¹⁰ 4s ² 4p ¹	[Ar]3d ¹⁰ 4s ² 4p ⁶																																																																																																																																																																																																																								
5 ^o	37	Rb Sr																	47	Ag Cd																	51	Sb Te																	53	I Xe																																																																																																																																																																																																																								
	85.4678	87.62																	107.868	112.41																	121.75	127.60																	126.9045	131.29																																																																																																																																																																																																																								
	0.8	1.0																	1.7	2.1																	1.9	2.4																	2.5	2.6																	2.8	3.0																																																																																																																																																																																																						
	[Kr]5s ¹	[Kr]5s ²																	[Kr]4d ¹ 5s ¹	[Kr]4d ¹⁰ 5s ¹																	[Kr]4d ¹⁰ 5s ²	[Kr]4d ¹⁰ 5s ²																	[Kr]4d ¹⁰ 5s ² 5p ¹	[Kr]4d ¹⁰ 5s ² 5p ⁶																																																																																																																																																																																																																								
6 ^o	55	Cs Ba																	71	Lu Hf																	75	Re Os																	77	Ir Pt																	79	Au Hg																	81	Tl Pb																	83	Bi Po																	85	At Rn																																																																																																																																																
	132.9054	137.33																	183.85	186.207																	192.22	195.08																	196.9665	200.59																	204.383	207.2																	208.9804	(209)																	(210)	(222)																																																																																																																																																																		
	0.7	1.1																	1.3	1.5																	1.9	2.2																	2.2	2.4																	2.4	2.4																	2.4	2.4																	2.4	2.4																	2.4	2.4																																																																																																																																																
	[Xe]6s ¹	[Xe]6s ²																	[Xe]4f ¹ 6s ¹	[Xe]4f ¹⁴ 6s ¹																	[Xe]4f ¹⁴ 6s ²	[Xe]4f ¹⁴ 6s ²																	[Xe]4f ¹⁴ 6s ² 6p ¹	[Xe]4f ¹⁴ 6s ² 6p ⁶																																																																																																																																																																																																																								
7 ^o	87	Fr Ra																	103	Nh Fl																	107	Bh Hs																	111	Rg Cn																	113	Nh Uu																	115	Uup Uuq																	117	Uus Uuo																																																																																																																																																																		
	(223)	226.0254																	(261)	(262)																	(263)	(262)																	(266)	(271)																	(277)	(285)																	Ununtrio*	Flerovio																	Ununpentio*	Livermorio																	Ununseptio*	Ununoctio*																																																																																																																																																
	0.7	1.0																	1.1	1.3																	1.1	1.3																	1.2	1.3																	1.2	1.3																	1.2	1.3																	1.1	1.2																	1.1	1.2																	1.1	1.2																																																																																																																														
	[Rn]7s ¹	[Rn]7s ²																	[Rn]5f ¹⁴ 7s ¹	[Rn]5f ¹⁴ 7s ¹																	[Rn]5f ¹⁴ 7s ²	[Rn]5f ¹⁴ 7s ²																	[Rn]5f ¹⁴ 7s ² 7p ¹	[Rn]5f ¹⁴ 7s ² 7p ⁶																																																																																																																																																																																																																								
III B Lantanidi (terre rare)																			6 ^o																			7 ^o																																																																																																																																																																																																																																										
58	Ce Pr																	60	Nd Pm																	62	Sm Eu																	64	Gd Tb																	66	Dy Ho																	68	Er Tm																	70	Yb Lu																																																																																																																																																																			
	140.12																	140.9077																	144.24																	158.9254																	162.50																	167.26																	173.04																	174.967																																																																																																																																																								
	1.1																	1.1																	1.2																	1.1																	1.2																	1.2																	1.2																	1.1																	1.2																	1.1																	1.2																	1.1																	1.2																	1.1																	1.2																																	
	[Xe]4f ¹ 6s ²																	[Xe]4f ¹ 6s ²																	[Xe]4f ¹ 6s ²																	[Xe]4f ¹ 6s ²																	[Xe]4f ¹ 6s ²																	[Xe]4f ¹ 6s ²																	[Xe]4f ¹ 6s ²																	[Xe]4f ¹ 6s ²																	[Xe]4f ¹ 6s ²																	[Xe]4f ¹ 6s ²																	[Xe]4f ¹ 6s ²																	[Xe]4f ¹ 6s ²																	[Xe]4f ¹ 6s ²																	[Xe]4f ¹ 6s ²																	[Xe]4f ¹ 6s ²																																	
III B Attinidi (transuranici)																			7 ^o																																																																																																																																																																																																																																																													
90	Th Pa																	92	U Np																	94	Pu Am																	96	Cm Bk																	98	Cf Es																	100	Fm Md																	102	No Lr																																																																																																																																																																			
	232.0381																	231.0359																	238.0289																	237.0482																	(244)																	(243)																	(247)																	(251)																	(252)																	(257)																	(258)																	(259)																	(262)																																																																			
	1.3																	1.3																	1.3																	1.3																	1.3																	1.3																	1.3																	1.3																	1.3																	1.3																	1.3																	1.3																	1.3																	1.3																	1.3																	1.3																
	[Rn]6d ¹ 7s ²																	[Rn]5f ¹⁴ 6d ¹ 7s ²																	[Rn]5f ¹⁴ 6d ¹ 7s ²																	[Rn]5f ¹⁴ 6d ¹ 7s ²																	[Rn]5f ¹⁴ 6d ¹ 7s ²																	[Rn]5f ¹⁴ 6d ¹ 7s ²																	[Rn]5f ¹⁴ 6d ¹ 7s ²																	[Rn]5f ¹⁴ 6d ¹ 7s ²																	[Rn]5f ¹⁴ 6d ¹ 7s ²																	[Rn]5f ¹⁴ 6d ¹ 7s ²																	[Rn]5f ¹⁴ 6d ¹ 7s ²																	[Rn]5f ¹⁴ 6d ¹ 7s ²																	[Rn]5f ¹⁴ 6d ¹ 7s ²																	[Rn]5f ¹⁴ 6d ¹ 7s ²																	[Rn]5f ¹⁴ 6d ¹ 7s ²																	[Rn]5f ¹⁴ 6d ¹ 7s ²																

Molecole

Derivano dall'associazione di più atomi, grazie all'instaurarsi di legami più o meno forti tra loro. Si parla di biomolecole quando si fa riferimento alle molecole essenziali nei processi biologici, come acidi nucleici, lipidi, proteine, carboidrati.

Strutture cellulari e organelli

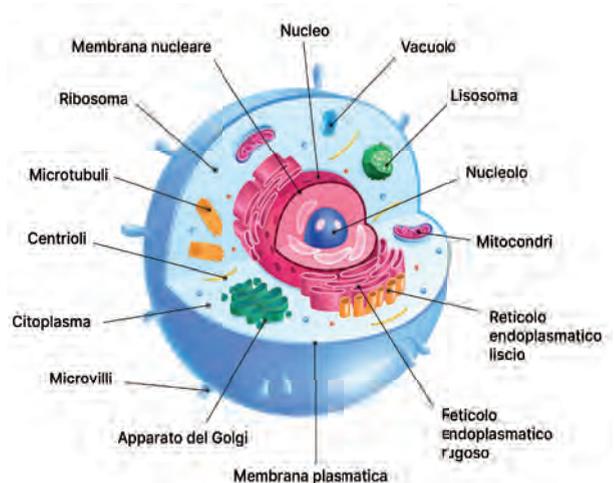
Sono contenuti nelle cellule, e derivano da un complesso assemblaggio di molecole differenti tra loro. Strutture cellulari, come i ribosomi, sono contenute in cellule eucariotiche e procariotiche; gli organelli (come il reticolo endoplasmatico, il nucleo, o l'apparato del Golgi), che richiedono un livello evolutivo cellulare maggiore, sono presenti unicamente nelle cellule eucariotiche.

Cellule

La cellula è l'unità funzionale dei viventi. Ogni tipologia di cellula presenta delle caratteristiche che la distinguono da una cellula che appartiene a un'altra popolazione cellulare: cellule dello stesso tipo generalmente si organizzano a formare un tessuto.

Tessuti

I tessuti sono il risultato dell'unione tra più cellule dello stesso tipo. Un esempio di tessuto è il tessuto epatico, caratterizzato da cellule parenchimali, ovvero gli epatociti.



Anatomia della cellula umana

Organi

Gli organi derivano dall'associazione di un unico tessuto o più tessuti differenti, volti a promuovere la funzione fisiologica di un sistema o di un apparato. Il tessuto epatico va a formare il fegato, per esempio.

Sistemi e apparati

Sono dati dall'associazione di più organi:

- un **sistema** è dato dall'insieme di organi composti dallo stesso tessuto e dalle medesime funzioni;
- un **apparato** è dato da un insieme di organi costituiti da tessuti differenti.

Organismi

Gli organismi non sono altro che tutti gli esseri viventi presenti in natura: l'uomo, i vegetali, ma anche microrganismi e batteri.

Ecosistema

I viventi che si adattano all'ambiente in cui vivono e che costruiscono delle interazioni creano un **ecosistema**. Ci sono diversi ecosistemi:

- zone polari;
- tundra;
- foreste di conifere (o taiga);
- foresta decidua;
- macchia mediterranea;
- savana;
- deserto;
- foresta tropicale.

Bioma

Si tratta di ecosistemi che vedono il prevalere di una specie di viventi rispetto alle altre, ma che sono accomunate da condizioni comuni di temperatura, irraggiamento e umidità.

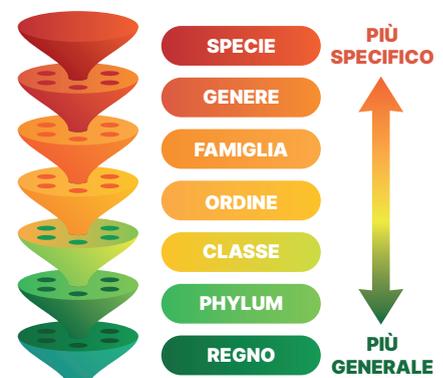
Biosfera

È il livello più avanzato di organizzazione della materia. Comprende tutti gli ecosistemi presenti sulla Terra.

I criteri di classificazione dei viventi

Classificare le specie viventi fino a oggi conosciute può essere utile per fornire un **modello identificativo** per ogni tipologia di organismo che viene studiata dai biologi.

La **tassonomia** è la scienza che si occupa di classificare, secondo un ordine gerarchico ben preciso, ogni forma vivente presente sulla Terra.



Classificazione

I criteri mediante i quali viene stilata la classificazione tengono conto di:

- **filogenesi.** L'influenza delle teorie darwiniane ha fatto sì che nello studio degli esseri viventi sia fondamentale considerare la **filogenesi**, ovvero la storia evolutiva di ciascun gruppo tassonomico;
- **sistemica cladistica.** La classificazione dei viventi prende in considerazione il **grado di parentela**, ossia il tempo che separa l'evoluzione di due specie differenti con un progenitore comune.

Sulla base della classificazione tassonomica, è possibile, con un esempio, categorizzare una specie vivente in ciascun gruppo:

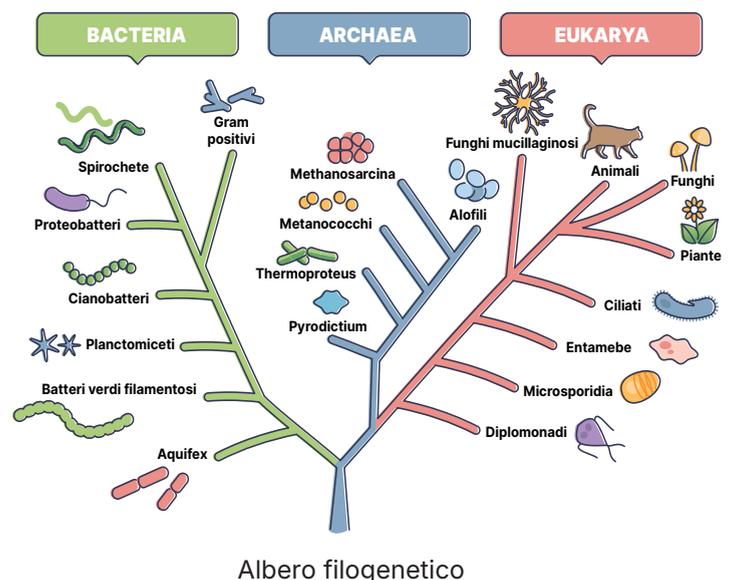
Uomo

- Dominio → Eukaryota
- Regno → Animalia
- Phylum → Chordata
- Subphylum → Vertebrata
- Superclasse → Tetrapoda
- Classe → Mammalia
- Sottoclasse → Placentati
- Infraclasse → Eutheria
- Ordine → Primates
- Sottordine → Haplorrhini
- Superfamiglia → Hominoidea
- Famiglia → Hominidae
- Sottofamiglia → Homininae
- Tribù → Hominini
- Sottotribù → Hominina
- Genere → Homo
- Specie → Sapiens

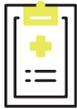


Si distinguono tre domini:

- **Bacteria** → contiene un unico regno, che è il regno degli *Eubacteria*. Ne fanno parte gli organismi procarioti, i batteri.
- **Archaea** → al dominio *Archaea* corrisponde un unico regno, chiamato *Archaeobacteria*, rappresentato da organismi che popolano ambienti spesso inospitali, come i ghiacciai, o che vivono a temperature estreme (come i batteri termofili), che, pertanto, sono definiti organismi estremofili.
- **Eukarya** → dal dominio *Eukarya* si diramano più regni: *Protista*, *Fungi*, *Plantae* e *Animalia*.



La definizione di specie



Per **specie** si intende l'**unità alla base della classificazione degli esseri viventi**. Tra i **livelli tassonomici** esistenti, la specie costituisce il primo livello.

Si può comprendere quanto sia difficile scegliere un criterio unico per classificare un numero elevatissimo, se non infinito, di individui; la scienza, infatti, fa riferimento a una specie collocandola in un **definito spazio temporale**, in accordo con la possibilità che possano verificarsi **eventi evolutivi** nel corso del tempo.

La cellula: tipologie e strategie evolutive

Esistono due tipologie di cellule:

- cellule **procariotiche**, tipiche dei batteri e degli *Archaea*;
- cellule **eucariotiche**, animali o vegetali.

Ognuna di esse è caratterizzata da elementi fondamentali:

- membrana plasmatica;
- genoma;
- ribosomi.

Per quanto possa essere grande la diversità tra esseri viventi, ognuno di questi è costituito da una o più cellule.

Più organismi che coesistono in uno stesso spazio o tempo, e che presentano medesime proprietà biologiche sono definiti **popolazione**.

Una popolazione, affinché resista ai cambiamenti dell'ambiente esterno, deve essere capace di evolversi. **Evoluzione** significa adattarsi a condizioni **mutevoli**: soprattutto nel lungo periodo, le specie viventi hanno perso o acquisito caratteristiche che hanno permesso loro di sopravvivere.



- La lingua lunga della rana è il risultato di un adattamento per catturare gli insetti.
- Le ossa leggere degli uccelli permettono loro di volare.
- La pelliccia folta di lupi e orsi è utile per contrastare il freddo.

L'organizzazione molecolare della vita

Le cellule procariotiche ed eucariotiche hanno degli elementi comuni e non:

1. l'**acqua** rappresenta ben il 70% del contenuto delle cellule in entrambe le tipologie. Senza non ci sarebbe vita;



L'**acqua** o H_2O è una molecola bipolare, contiene delle cariche positive e negative. Quelle positive sono date dai due idrogeni mentre la polarità negativa è dovuta all'ossigeno. Questo le permette di unirsi a altre molecole sia di H_2O , formando l'acqua fluida, sia a molecole di natura diversa, dette **idrofiliiche** perché riescono a interagire con l'acqua.

2. gli **ioni inorganici**, positivi o negativi, (Na^+ , K^+ , Mg^{2+} , Ca^{2+} , Cl^- , ecc.) spesso vengono utilizzati nei processi enzimatici, quindi sono presenti in ugual misura nelle cellule;
3. **zuccheri, amminoacidi, nucleotidi, acidi grassi e piccole molecole** hanno uguale rapporto (3:3) in entrambe le cellule. Queste piccole molecole, per lo più monomeriche, si possono unire per formare delle molecole più grandi come per esempio i lipidi, molecole con un livello di organizzazione più grande;
4. i **fosfolipidi** sono lipidi che formano le membrane citoplasmatiche. Sono presenti sia nella cellula eucariotica che nella procariotica, ma si trovano al 3% negli eucarioti (perché le cellule eucarioti che hanno un sistema membranoso molto più rappresentato) e al 2% nei procarioti;
5. **altre tipologie di lipidi** si trovano solo al 2% negli eucarioti e non ne troviamo nei procarioti;
6. i **polisaccaridi** appartengono ai carboidrati/zuccheri, dove il quantitativo riscontrato è di 2 e 2 nelle due cellule.
7. gli **acidi nucleici** (DNA e RNA), delle molecole grandi:
 - l'**RNA** è presente al 6% nei procarioti e all'1.1% negli eucarioti;
 - il **DNA** è presente all'1% nei procarioti e allo 0,25% negli eucarioti. Il quantitativo nel batterio sembra più alto perché la cellula è molto più piccola quindi il rapporto cambia all'interno della cellula;
8. le **proteine**, anch'esse molecole particolarmente grandi, presenti al 15% nei procarioti e al 18% negli eucarioti.

I polisaccaridi, gli acidi nucleici (DNA e RNA) e le proteine prendono il nome di **macromolecole biologiche** e rappresentano circa l'80-90% del peso secco delle cellule. In biologia sono definite come quelle molecole che, oltre a essere grandi, sono formate da unità monomeriche che si ripetono tantissime volte.

Per questo motivo i lipidi non vengono annoverati fra queste: nonostante siano macromolecole che possono raggiungere dimensioni notevoli, non presentano un motivo monomerico che si ripete. Nei polisaccaridi l'unità monomerica che si ripete è il monosaccaride, negli acidi nucleici (DNA e RNA) è il nucleotide e nelle proteine è l'amminoacido.

Le teorie sull'origine della vita

■ Teoria del creazionismo

Secondo questa teoria, l'intero Universo è frutto di una *creazione divina*, come si racconta nella Bibbia.

■ Teoria della generazione spontanea

Precursore di questa teoria fu Aristotele: la vita può essere prodotta *da materia inerte*. Per esempio, le anatre provengono dai frutti di alcune piante e le mosche derivano dalla spazzatura.

■ Teoria della panspermia

Questa teoria suggerisce che la vita possa aver avuto origine dal materiale biologico proveniente *da altri pianeti o luoghi nello spazio*. Questo in seguito, attraverso scontri con asteroidi o meteoriti, è stato trasportato sulla Terra.

■ Teoria dell'abiogenesi primaria

Anche chiamata teoria di Oparin-Haldane, asserisce che la vita sulla Terra è emersa a seguito di particolari circostanze ambientali, a partire da *molecole che si sono combinate tra loro* per dar vita a organismi viventi.

■ Teoria del Miller-Urey

Si tratta della teoria del brodo primario, per la quale la vita si è sviluppata a seguito di condizioni in cui, per mancanza di ossigeno e abbondanza di idrogeno, si è creata un'atmosfera gassosa che si è riversata su un liquido, per formare l'oceano: questo ambiente fu definito, da Miller e Urey, come il *brodo primordiale* da cui è nato tutto.

■ Teoria dell'RNA

I sostenitori di questa teoria credono che sia l'RNA a avere un ruolo chiave per lo sviluppo dei viventi, agendo sia come catalizzatore sia come materiale genetico.

■ Teoria delle fonti idrotermali

Secondo questa ipotesi, la vita ha avuto origine dalle *profondità degli oceani*, in prossimità di sorgenti idrotermali che, essendo ricche di calore e specifiche sostanze, potrebbero aver generato le condizioni ideali per la vita.