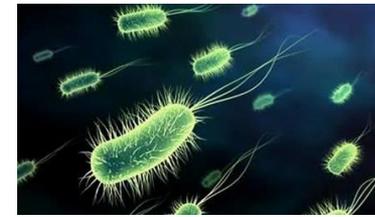


# **Microbiologia con laboratorio**



Prof. Vincenzo **PASQUALE**

[vincenzo.pasquale@uniparthenope.it](mailto:vincenzo.pasquale@uniparthenope.it)

Studio 425a, 4° piano N

Tel. 081 5476533 - 338 4195062

**Testi consigliati:  
a scelta dello studente tra**

**Dehò, Galli – “Biologia dei microrganismi” 3<sup>a</sup> ed. – CEA**

**Madigan, Bender, Buckley, Sattley, Stahl, - Brock – “Biologia dei microrganismi -  
Microbiologia generale, ambientale e industriale” 16<sup>a</sup> ed. - Pearson, 2022**

**Prescott 1 – Willey, Sherwood, Woolverton – “*Microbiologia generale*” 7<sup>a</sup> ed. – McGraw-  
Hill, 2009.**

**Prescott 2 - Willey, Sherwood, Woolverton – “*Microbiologia sistematica, ambientale,  
industriale*” 7/ed – McGraw-Hill, 2009**

**Wessner, Dupont, Charles – *Microbiologia* – CEA, 2015**



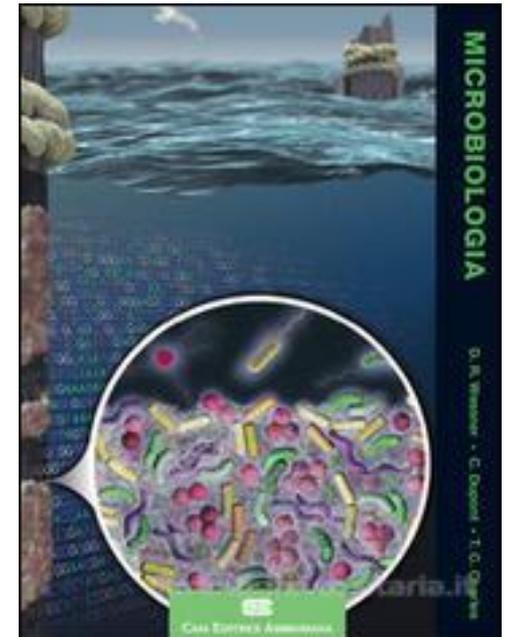
Per conseguire una preparazione idonea a sostenere l'esame di *Microbiologia con laboratorio* è assolutamente necessario integrare le slide con uno dei testi consigliati.



Possono essere utilizzati anche testi o fonti diversi da quelli consigliati, purchè gli argomenti affrontati durante il corso siano trattati in modo esauriente.



Le slide devono essere considerate come guida nello studio degli argomenti trattati durante il corso.



## Sostenere l'esame di Microbiologia dopo aver superato gli esami di **chimica generale, chimica organica e BIOCHIMICA**

- Durante lo studio evitare un apprendimento meramente mnemonico degli argomenti; **figure e tabelle**, inoltre, contribuiscono alla comprensione degli argomenti trattati, non servono solo a rendere più gradevole la veste grafica di testi e slide ma vanno interpretate.
- Impegnarsi nella **rappresentazione grafica** delle strutture dei microrganismi.
- Organizzarsi in gruppi di studio per acquisire scioltezza e proprietà di linguaggio nell'esposizione degli argomenti studiati.

Qualora qualche argomento non fosse stato trattato in maniera sufficientemente chiara, chiedere **chiarimenti al docente** prima dell'esame.

Per i **periodi di tirocinio** attivarsi con sufficiente anticipo: in molte strutture esistono liste di attesa. È preferibile, durante il tirocinio, cominciare ad acquisire manualità e competenze necessarie per svolgere eventuali tesi di tipo sperimentale.

### **Tesi**

Per le tesi sperimentali in Microbiologia sono previste attività di laboratorio, durante le quali devono essere prodotti dati analitici da descrivere e discutere nel corso della stesura dell'elaborato.

Evitare di richiedere la tesi al docente qualche mese prima della seduta di laurea; già verso la fine del secondo anno bisogna cominciare a pensare a quale potrebbe essere la disciplina ed, eventualmente, l'argomento di interesse.

Gli studenti che intendono effettuare la tesi in Microbiologia devono manifestare interesse per la disciplina.

# **MICROBIOLOGIA (generale)**

**di cosa si occupa?**

**perché studiarla?**

I microrganismi (batteri, funghi, virus) costituiscono la maggiore quota di biomassa presente sulla terra!

Si stima che il numero totale di cellule batteriche (*Bacteria* ed *Archaea*) sulla terra sia dell'ordine di  $2,5 \times 10^{30}$ !!!

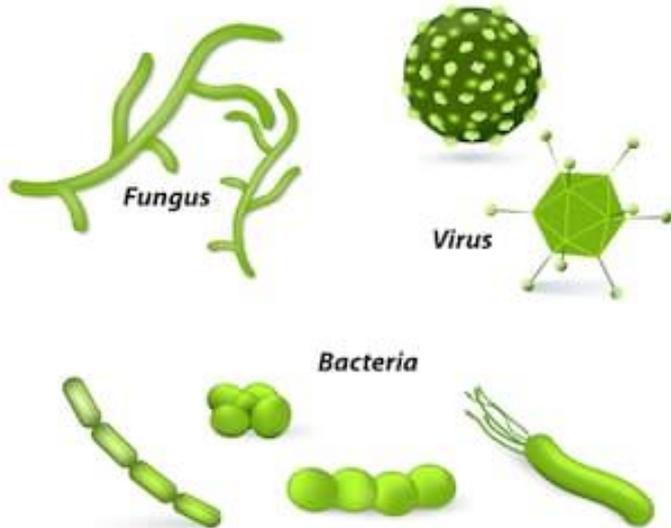


**~2.500.000.000.000.000.000.000.000.000**

L'oceano contiene  $10^4$ - $10^7$  batteri/mL di acqua.

Il carbonio presente nei procarioti è pari a quello contenuto nelle piante.

Il contenuto di azoto e fosforo della **biomassa microbica** è 10 volte superiore a quello della **biomassa vegetale**.



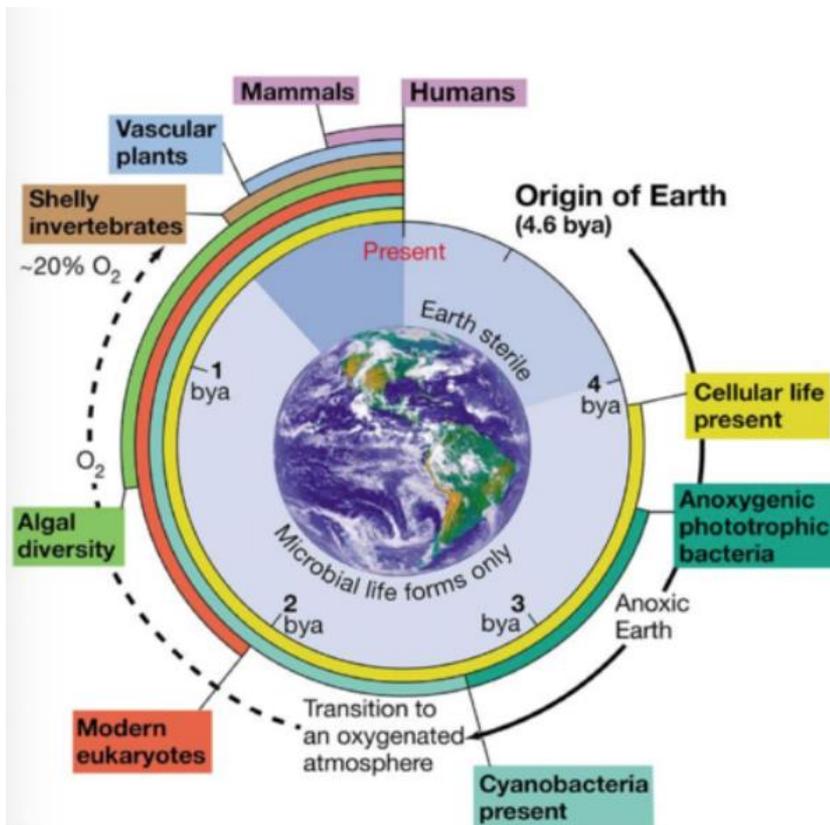
I funghi, dopo batteri e piante, rappresentano il terzo più importante contributo alla biomassa della Terra.

The Earth is 4.6 billion years old and microbial life is thought to have first appeared between 3.8 and 3.9 billion years ago; in fact, 80% of Earth's history was exclusively microbial life.

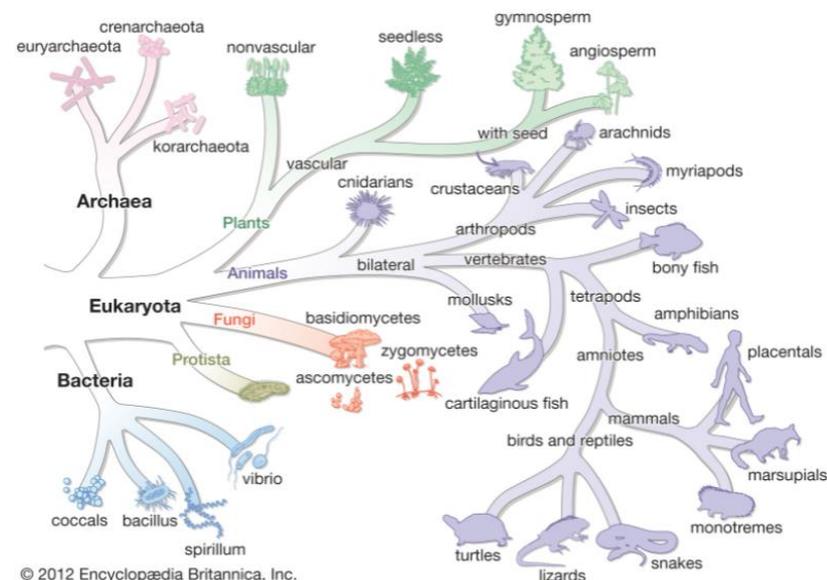
Microbial life is still the dominant life form on Earth.

It has been estimated that the total number of microbial cells on Earth on the order of  $2.5 \times 10^{30}$  cells, making it the major fraction of biomass on the planet.

[https://bio.libretexts.org/Bookshelves/Microbiology/Book%3A\\_Microbiology\\_\(Kaiser\)/Unit\\_1%3A\\_Introduction\\_to\\_Microbiology\\_and\\_Prokaryotic\\_Cell\\_Anatomy/1%3A\\_Fundamentals\\_of\\_Microbiology/1.3%3A\\_Classification\\_-\\_The\\_Three\\_Domain\\_System](https://bio.libretexts.org/Bookshelves/Microbiology/Book%3A_Microbiology_(Kaiser)/Unit_1%3A_Introduction_to_Microbiology_and_Prokaryotic_Cell_Anatomy/1%3A_Fundamentals_of_Microbiology/1.3%3A_Classification_-_The_Three_Domain_System)



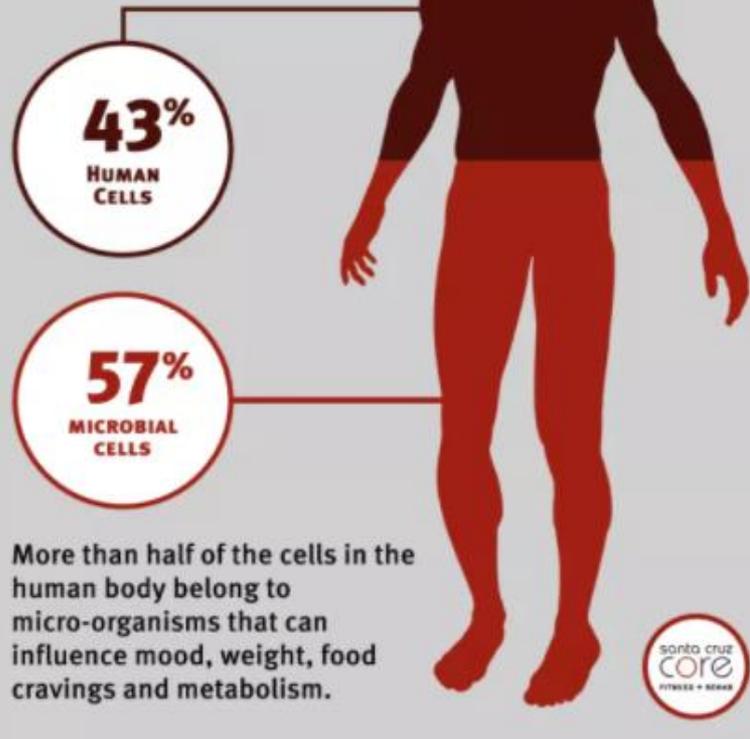
## Evoluzione della vita sulla terra



# Campi di interesse della microbiologia?



# THE HUMAN MICROBIOME

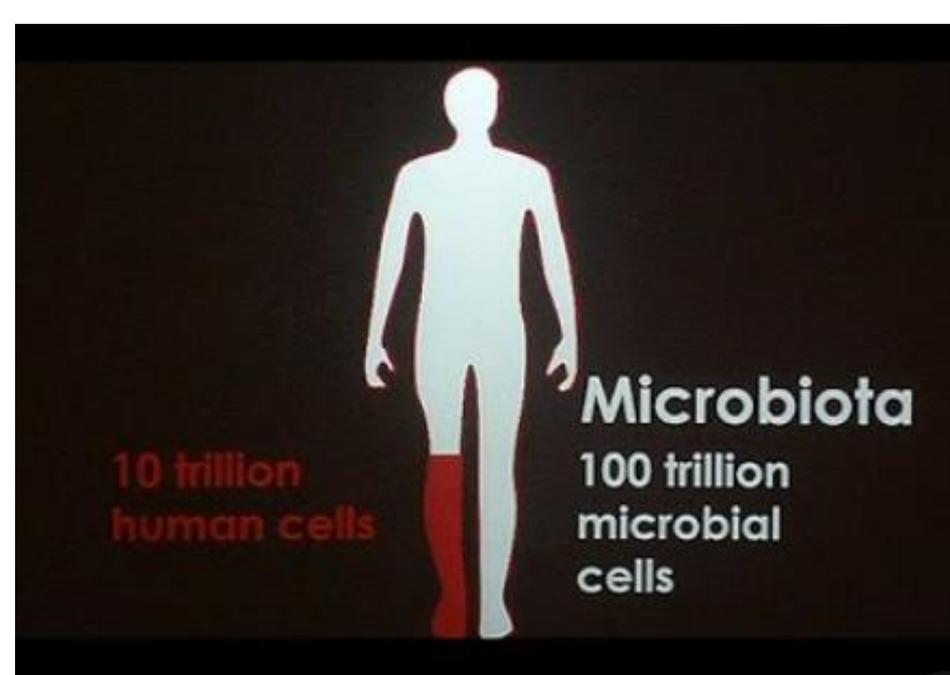


<https://santacruzcore.com/microbiome/>

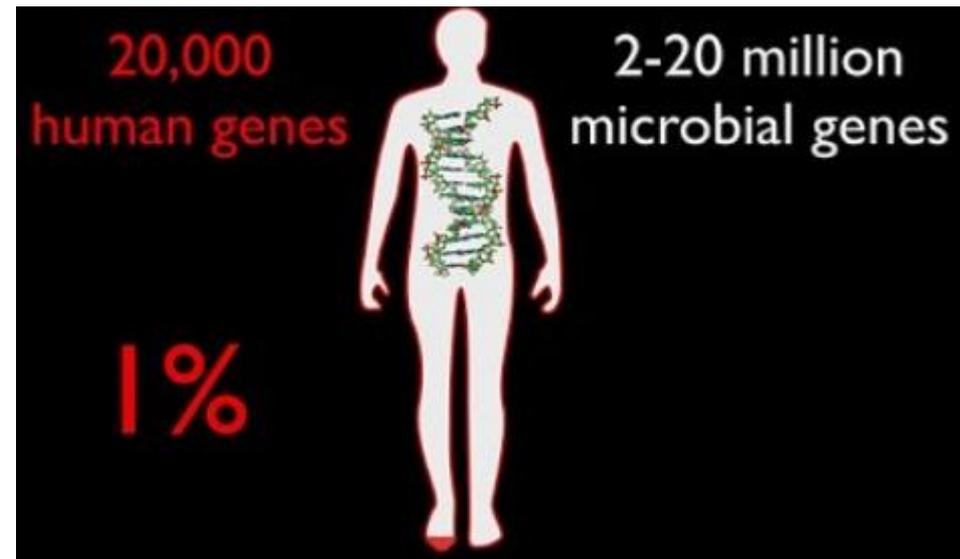
**Microbiota** ≠ **Microbioma**

**Microbiota:** popolazione di microrganismi (virus, batteri, funghi, protozoi) che colonizza un determinato ambiente in un determinato tempo.

**Microbioma:** totalità del patrimonio genetico espresso dal microbiota.

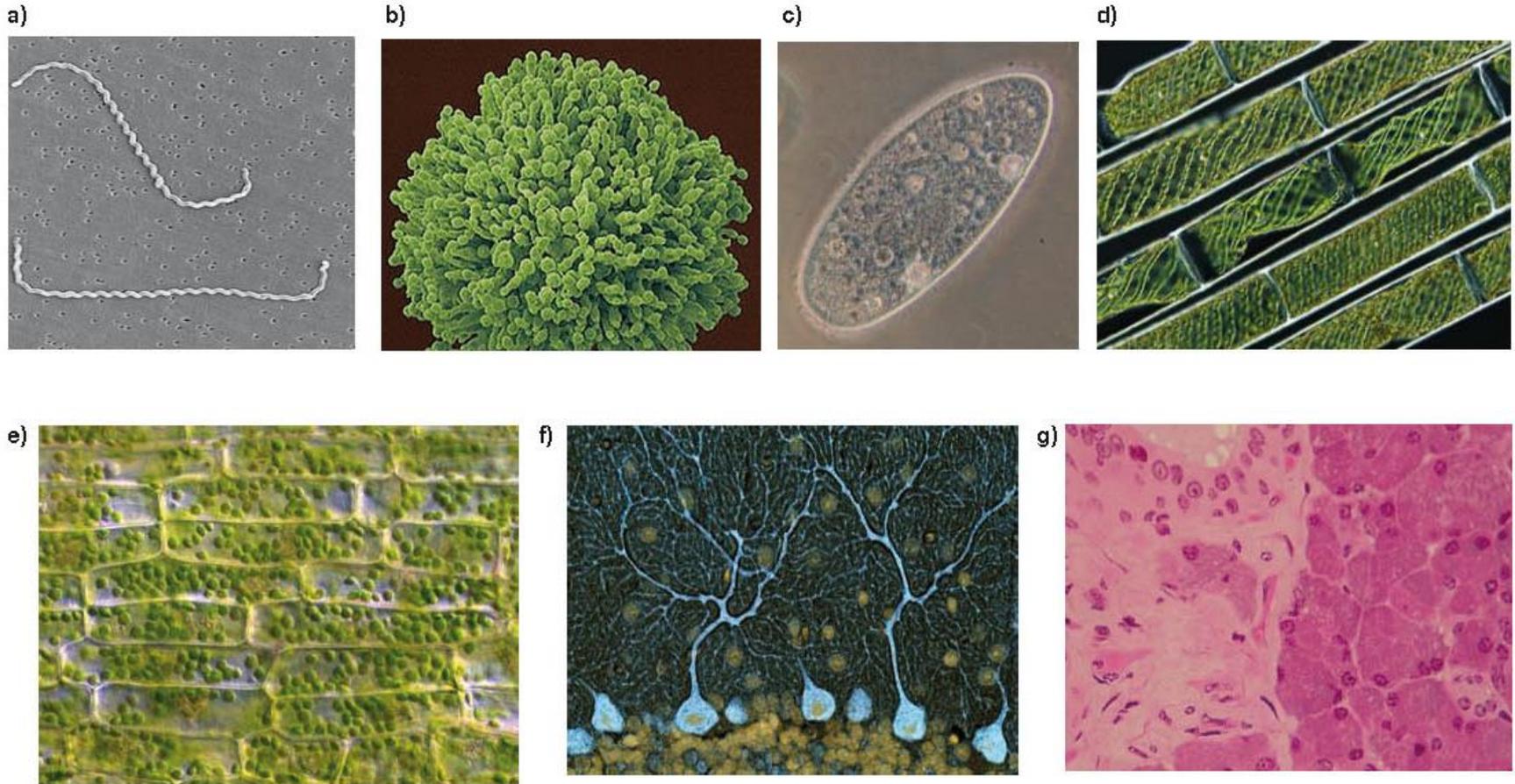


Trillion → mille miliardi ( $10^{12}$ )

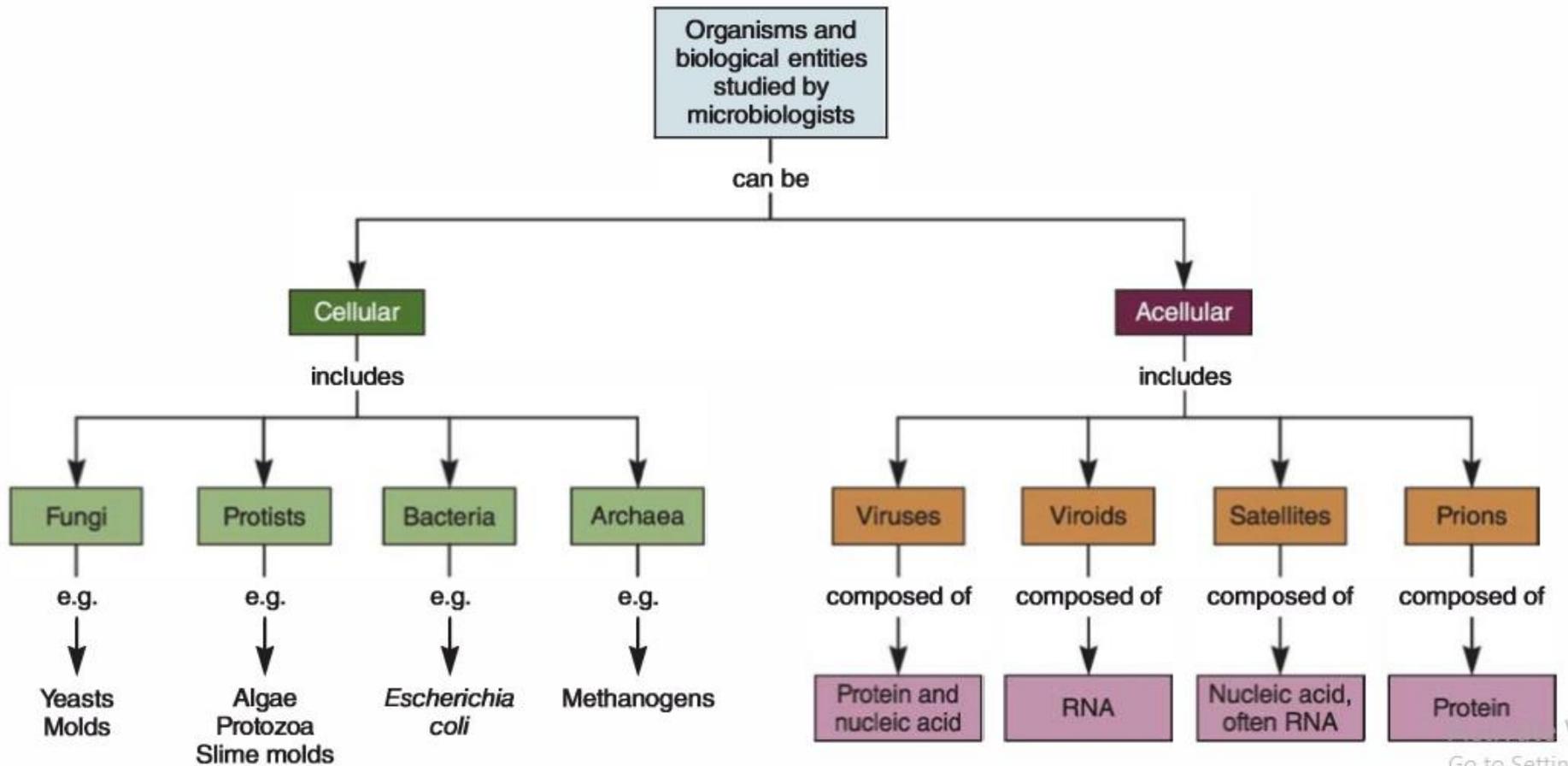


<https://www.youtube.com/watch?v=fPEsKASq5r8>

# Unità strutturale fondamentale degli organismi viventi



Diversità morfologica e funzionale tra cellule



# Organismi viventi

unicellulari  
pluricellulari

## Microrganismi

procarioti

eucarioti

“Microrganismi non cellulari”

entità

Prioni

Virus

Viroidi

microrganismi

Bacteria

Archaea

Algh

Protozoi

Funghi

Insetti

Piante

Animali

Non hanno struttura cellulare

Non possono essere considerati veri microrganismi

Non possono essere considerati veri esseri viventi

### Algh

Organismi eucariotici con struttura semplice

- Organizzazione unicellulare o pluricellulare
- Se pluricellulari, non presentano una differenziazione in tessuti veri e propri
- In genere autotrofi
- ...

### Protozoi

Microrganismi unicellulari privi di parete

- Diffusi in habitat umidi, ma anche nel suolo
- Possono avere anche due nuclei (macronucleo e micronucleo)
- Possiedono vacuoli (contrattili, fagocitari, secretori)
- Alcuni possono essere privi di mitocondri
- ...

### Funghi (miceti)

Organismi eucariotici con struttura semplice

- Organizzazione unicellulare o pluricellulare
- Se pluricellulari, formano ife senza una differenziazione in tessuti
- Sono eterotrofi
- Possiedono una parete cellulare a base di chitina
- ...

		microorganismi		
Prioni	Virus	Bacteria	Alge	Insetti
Viroidi		Archaea	Protozoi	Piante
			Funghi	Animali

## Protisti (gruppi: alghe, muffe mucilluginosi, protozoi)

organismi microscopici con un'organizzazione abbastanza semplice (unicellulare o multicellulare senza tessuti altamente specializzati).

A differenza dei batteri, che non hanno un nucleo ben definito, i protisti possiedono un vero e proprio nucleo (eucarioti).



*Crucigenia sp.*

### Protisti autotrofi

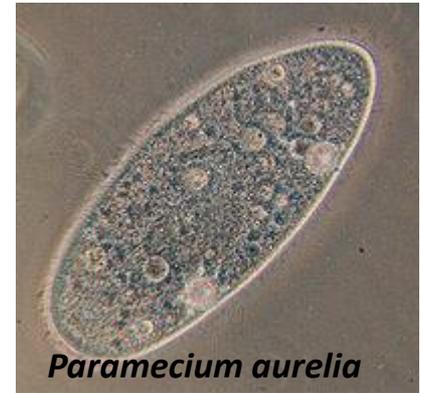
Sono capaci di compiere la fotosintesi e sono rappresentati principalmente da alghe unicellulari.



diatomee

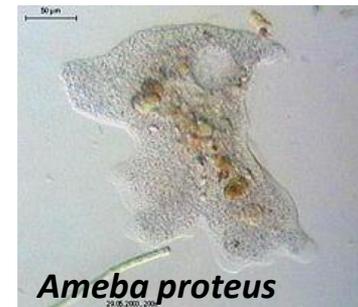


*Euglena viridis*

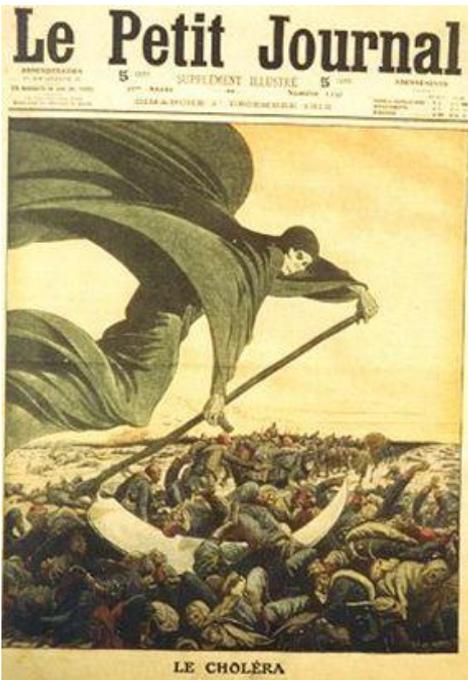


*Paramecium aurelia*

**Protisti eterotrofi** (protozoi), che significa “primi animali”, si alimentano per ingestione.



*Amoeba proteus*



La **MICROBIOLOGIA** è nata come scienza partendo dallo studio dei microrganismi come agenti eziologici di **malattie infettive**



Epidemia di peste bubbonica diffusasi in Italia tra il 1629 e il 1633 (A. Manzoni)



La Peste Negra en Italia en 1348, según una ilustración de Marcello

**Ruolo dei microrganismi?**

# Impatto dei microrganismi sulle attività dell'uomo

La microbiologia è nata come scienza dallo studio degli agenti eziologici di **malattie infettive**, tuttavia ...



Agricoltura	Energia/Ambiente
<p><math>N_2</math> fissazione (<math>N_2 \rightarrow 2NH_3</math>)</p> <p>Ciclo dei nutrienti</p> <p>Zootecnia</p> <p>Cellulosa</p> <p>Rumine</p> <p><math>CO_2</math> + <math>CH_4</math> + proteine animali</p>	<p>Biocombustibili (<math>CH_4</math>)</p> <p>Fermentazione (Grano <math>\rightarrow</math> Etanolo)</p> <p>Biorisanamento (fuoriuscite di petrolio) <math>\xrightarrow{O_2}</math> <math>CO_2</math></p> <p>(Contaminanti organici <math>\rightarrow CO_2</math>)</p> <p>Bioestrazione (<math>CuS \rightarrow Cu^{2+} \rightarrow Cu^0</math>)</p>
<b>Cibo</b>	
<p>Conservazione del cibo (calore, basse temperature, radiazioni, sostanze chimiche)</p> <p>Cibi fermentati</p> <p>Additivi alimentari (glutamato monosodico, acido citrico, lievito)</p>	
<b>Malattie</b>	
<b>Biotechnologie</b>	
<p>Organismi geneticamente modificati</p> <p>Produzione di farmaci (insulina e altre proteine umane)</p> <p>Terapia genica per alcune malattie</p> <p>(persona malata <math>\rightarrow</math> correzione della lesione genetica)</p>	

La maggior parte dei microrganismi non sono dannosi per l'uomo, anzi essi sono utili in quanto sono alla base di processi di grande valore per la società umana.

**“Il ruolo dell'infinitamente piccolo è, in natura, infinitamente grande”**

**Louis Pasteur**

# la cellula è l'unità fondamentale della vita

Una singola cellula microbica può avere un'esistenza autonoma.

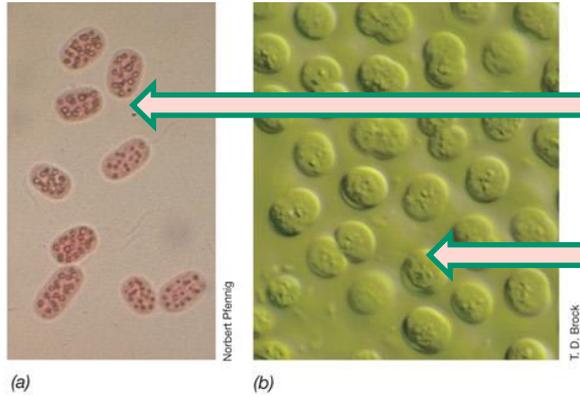
Le cellule animali e vegetali sono incapaci di vita propria in natura.

I microrganismi sono cellule viventi autonome.

In loro assenza nessuna forma di vita sarebbe stata possibile.



L'uomo, le piante e gli animali sono strettamente legati all'attività microbica.



I batteri rossi sono stati i primi fototrofi apparsi sulla terra.

I cianobatteri, sono stati i primi microrganismi fototrofi ossigenici comparsi sulla terra, responsabili dell'ossigenazione dell'atmosfera.



In natura o in laboratorio le cellule batteriche possono crescere fino a formare popolazioni molto grandi.

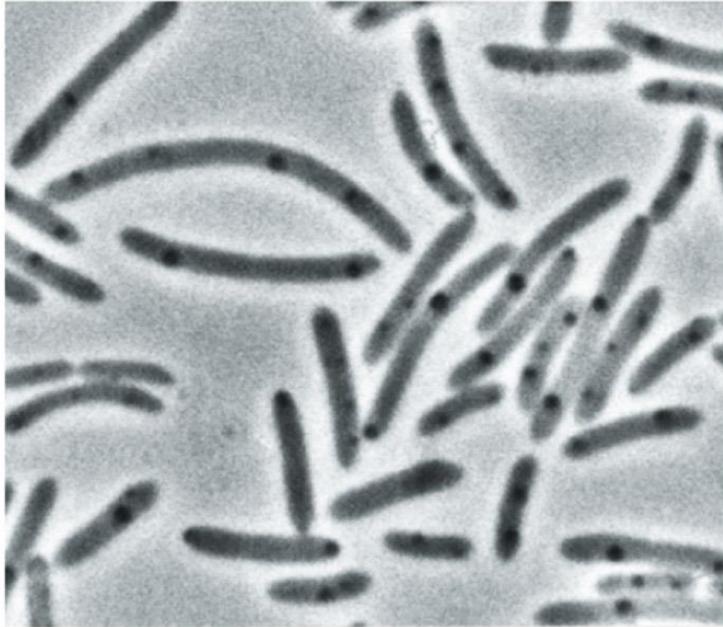


Coltura bioluminescente di *Photobacterium leiognathi*

La **cellula** batterica è un **sistema dinamico aperto**



comunica e scambia materiale con l'ambiente che le circonda



L.K. Kimble and M.T. Madigan

(a)

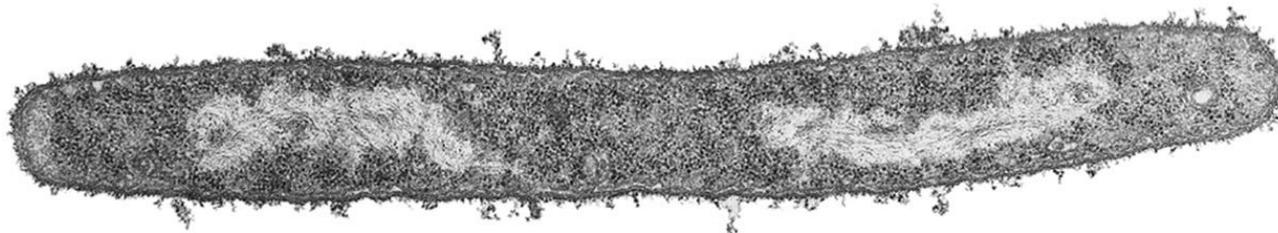
Le cellule sono strutture altamente organizzate costituite da **biomolecole** (macromolecole)

**Proteine**

**Acidi nucleici**

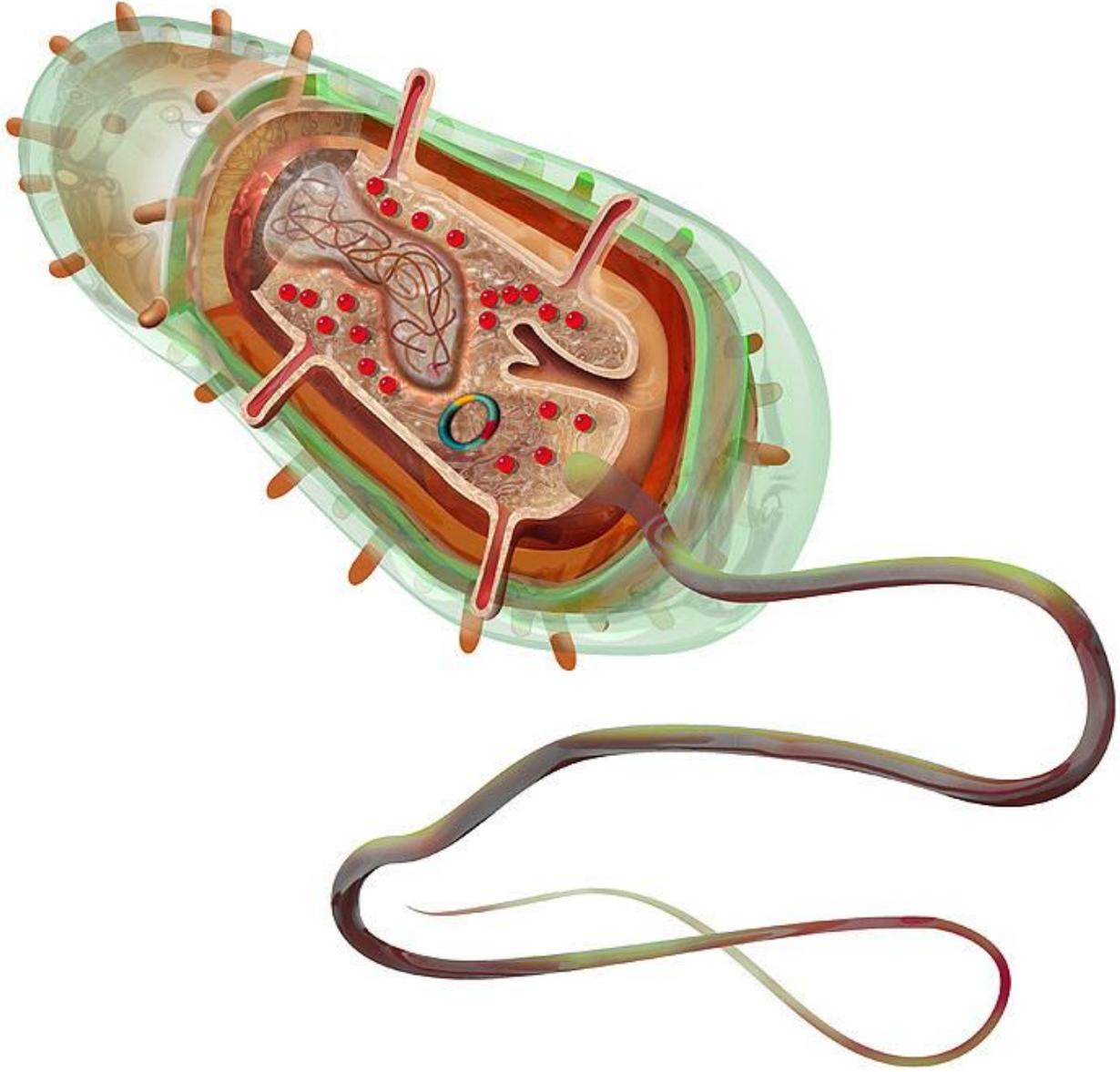
**Lipidi**

**Polisaccaridi**



Herbert Voelz

(b)



## Rivestimento (envelope)

### Pili

Proteine

### Membrana esterna

Proteine  
Fosfolipidi  
Lipopolisaccaride

### Capsula

Polisaccaride complesso

### Parete

Peptidoglicano

### Periplasma

Proteine

### Membrana cellulare

Proteine  
Fosfolipidi

### Flagelli

Proteine

## Elementi del citoplasma

### Nucleoide

DNA  
Proteine associate

### Citoplasma

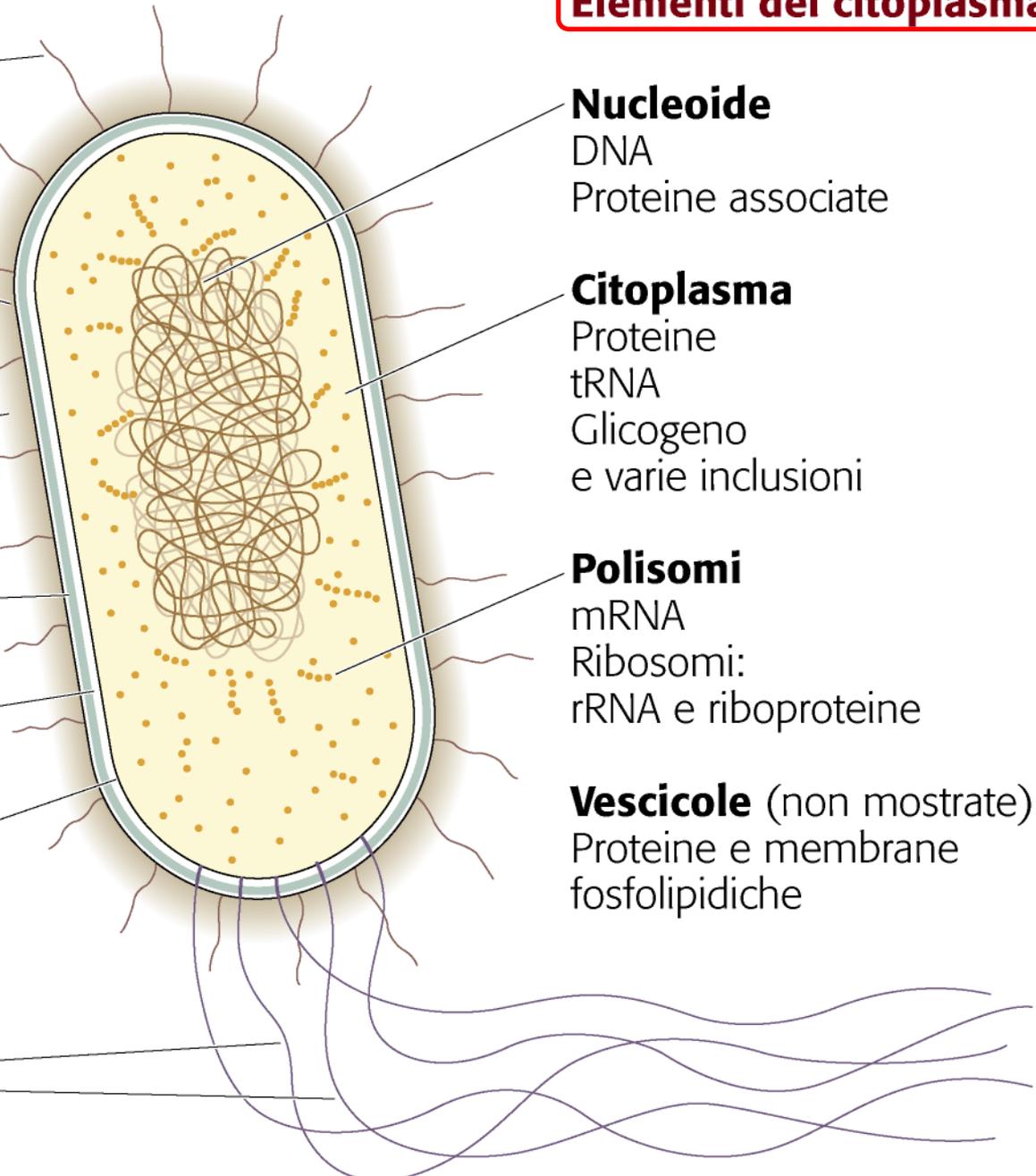
Proteine  
tRNA  
Glicogeno  
e varie inclusioni

### Polisomi

mRNA  
Ribosomi:  
rRNA e riboproteine

### Vescicole (non mostrate)

Proteine e membrane  
fosfolipidiche

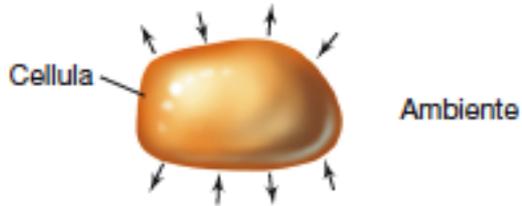


# Caratteristiche fondamentali delle cellule viventi

## I. Proprietà condivise da tutte le cellule

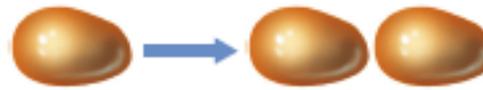
### Compartimentalizzazione e metabolismo

Una cellula è un compartimento che assume nutrienti dall'ambiente, li trasforma e rilascia i prodotti di rifiuto nell'ambiente. La cellula è quindi un sistema aperto.



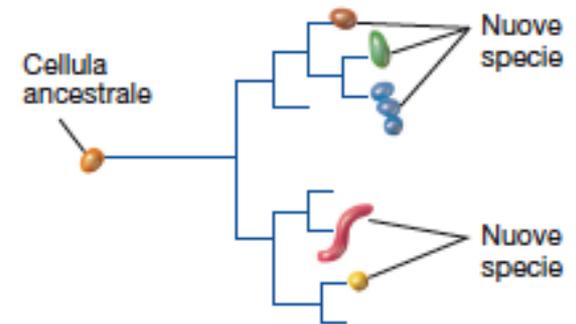
### Crescita

Le sostanze chimiche assunte dall'ambiente sono utilizzate dalle cellule per fabbricare nuove cellule.



### Evoluzione

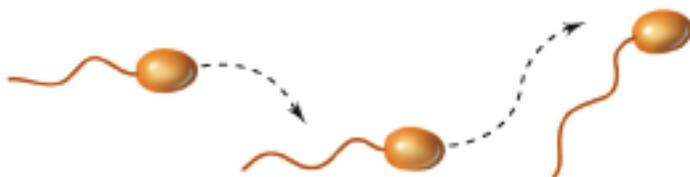
Le cellule *evolvono* e acquisiscono nuove proprietà biologiche. Gli alberi filogenetici mostrano le relazioni evolutive tra le cellule.



## II. Proprietà di alcune cellule

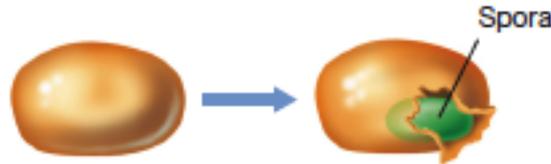
### Motilità

Alcune cellule sono capaci di muoversi autonomamente.



### Differenziazione

Alcune cellule possono formare nuove strutture cellulari, come per esempio una spora, generalmente come parte del ciclo di vita cellulare.



### Comunicazione

Le cellule *comunicano e interagiscono* per mezzo di sostanze chimiche rilasciate nell'ambiente.

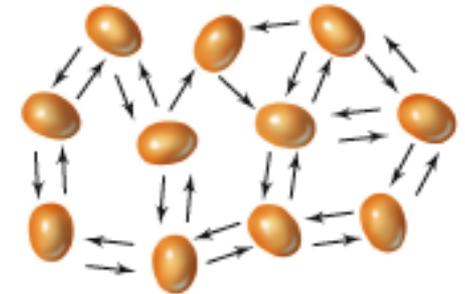
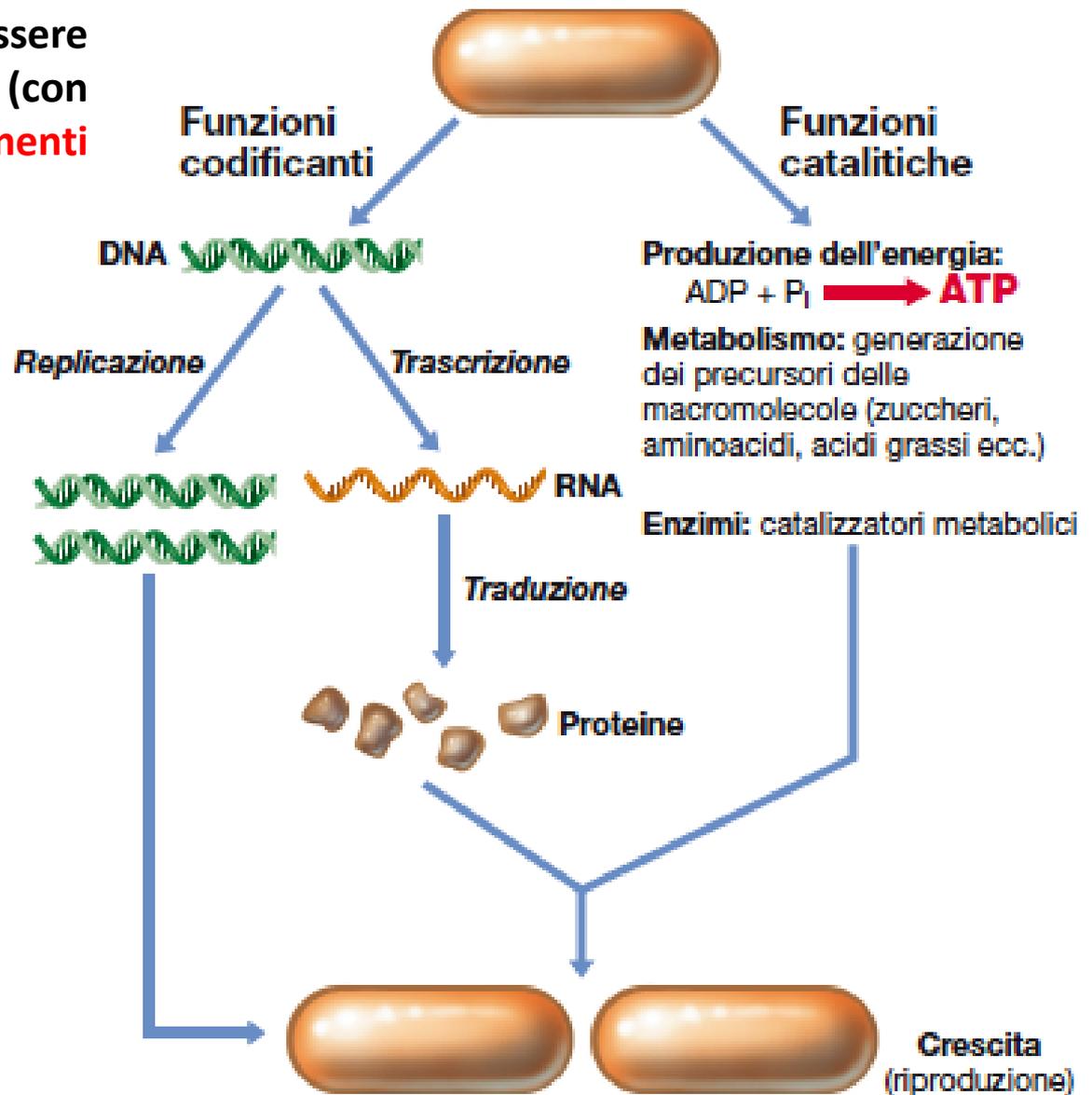
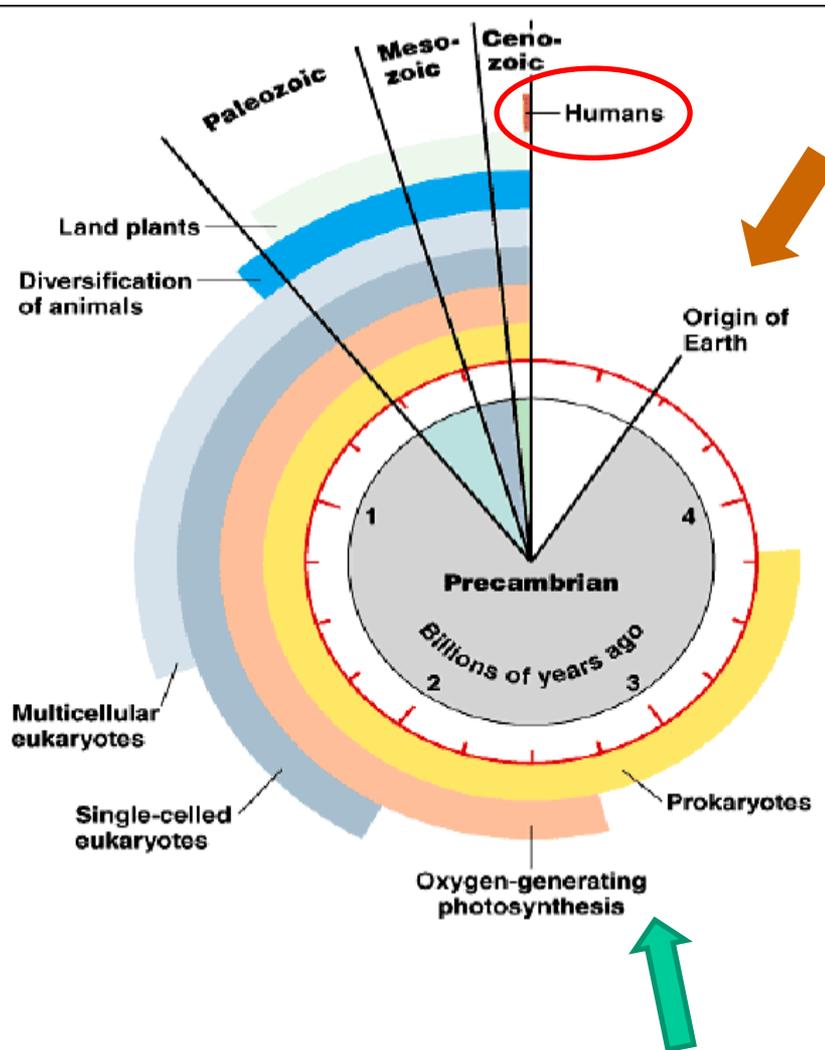


Figura 1.3 Gli elementi distintivi della vita cellulare.

Le cellule possono essere considerate **macchine chimiche** (con funzioni catalitiche) e **strumenti codificanti**.



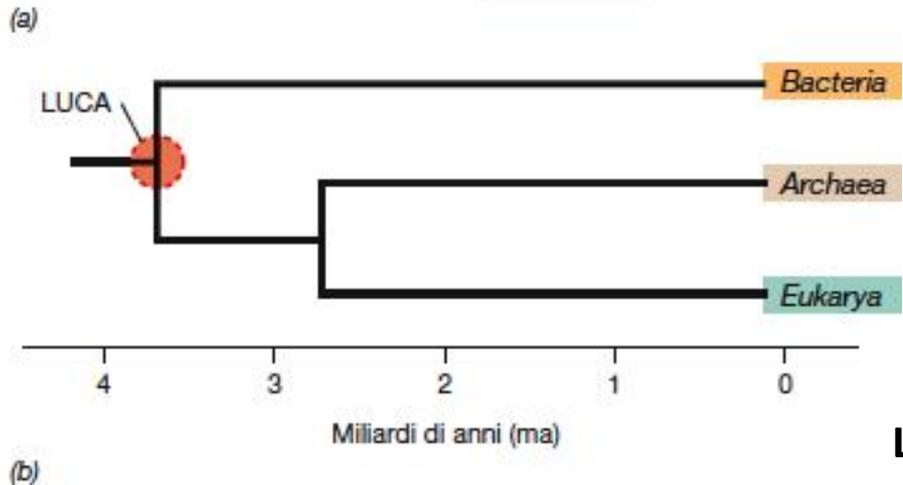
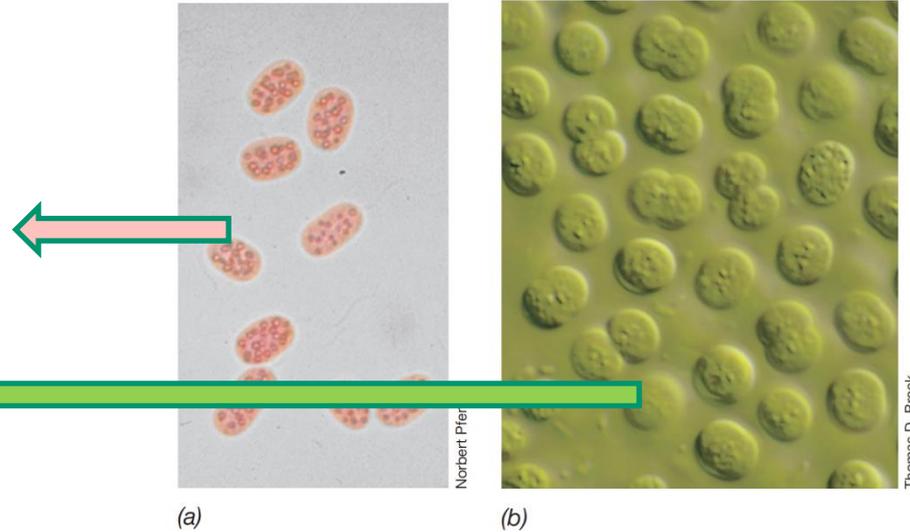
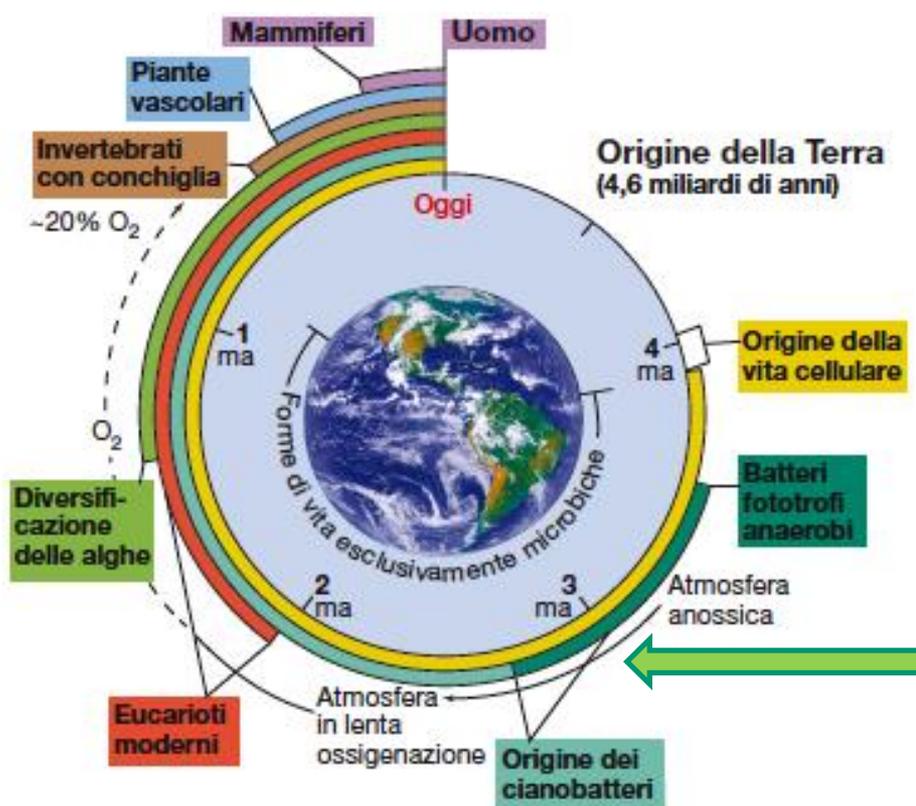
La macchina chimica e le funzioni codificanti della cellula devono essere necessariamente coordinate per assicurare il processo riproduttivo.



**Quando** sono comparse le prime forme di vita sulla terra (cellule)?

**Chi** sono stati i primi organismi viventi apparsi sulla terra?

La crescita e la moltiplicazione delle prime cellule ha portato alla formazione di popolazioni cellulari.

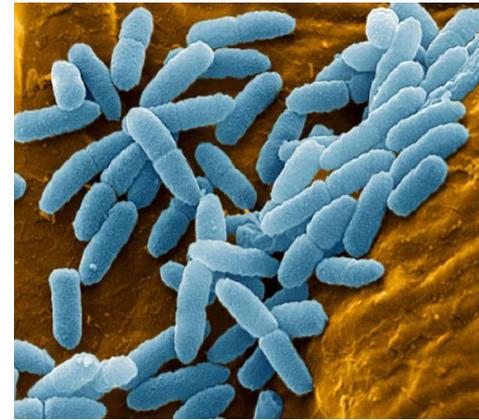


**Figura 1.7** **Microorganismi fototrofi.** (a) Batteri rossi solfurei (fototrofi anaerobi). (b) Cianobatteri (fototrofi aerobi). I batteri rossi comparvero sulla Terra molto prima dell'evoluzione dei fototrofi aerobi (si veda anche la Figura 1.6a).

**Piante ed animali**  
**Last Universal Common Ancestor (LUCA)**

In natura la **cellula microbica** vive in associazione con altre cellule fino a formare una **popolazione**.

Una **POPOLAZIONE** è costituita da cellule correlate (appartenenti alla stessa specie), derivate per divisione da una singola cellula.

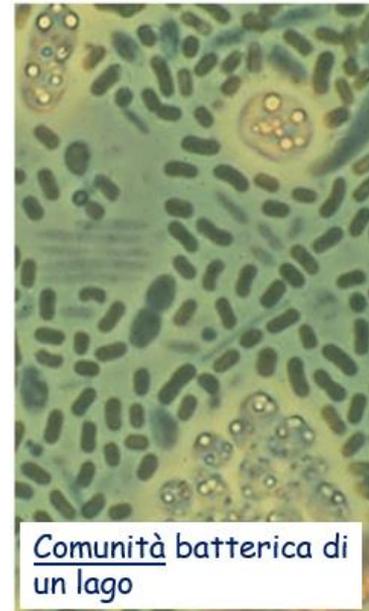


Il luogo (insieme delle condizioni ambientali) in cui la popolazione microbica vive viene definito **HABITAT**.

Popolazioni diverse convivono ed interagiscono per formare le **COMUNITÀ MICROBICHE**.

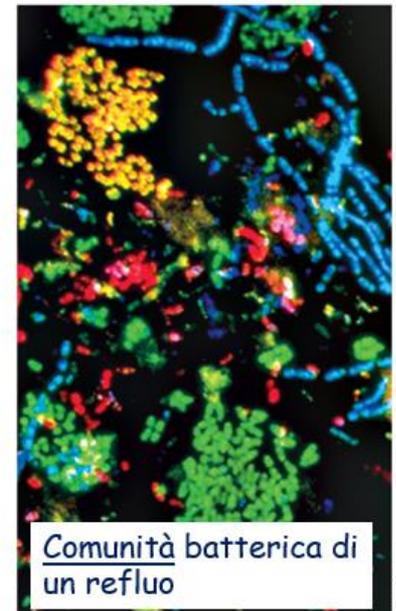
Gli organismi viventi e le componenti chimico-fisiche dell'ambiente costituiscono l'**ECOSISTEMA**. In un determinato ecosistema (stagno, foresta, etc.), fattori biotici e fattori abiotici interagiscono costituendo un sistema autosufficiente ed in equilibrio.

**Ecologia microbica**: studio dei microrganismi nel loro habitat naturale.



Comunità batterica di un lago

D. E. Caldwell

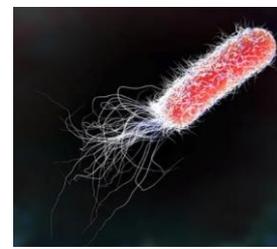
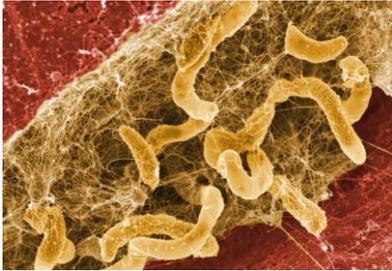


Comunità batterica di un reflu

Jiri Svatc

Generalmente una popolazione interagisce con altre **popolazioni** costituendo le cosiddette **comunità microbiche**:

- **cellule planctoniche** in ambienti acquatici
- **Biofilm** (forme adese)



L'associazione **organismi viventi-ambiente** (caratteristiche chimico-fisiche) viene definito **ecosistema**:

- **Ecosistemi acquatici** (fiumi, laghi, oceani, etc.)
- **Ecosistemi terrestri** (suolo, sottosuolo, rocce)
- **Ecosistemi degli organismi superiori** (animali, piante)
- ...

L'intensa **attività microbica** (assunzione di nutrienti, eliminazione prodotti di scarto) è in grado di condizionare notevolmente le proprietà chimico-fisiche di un ecosistema.

I microrganismi, malgrado la loro piccola taglia, essendo capaci di moltiplicarsi velocemente possono influenzare enormemente le **caratteristiche dell'ambiente**.

Si stima che il numero totale di cellule batteriche (*Bacteria ed Archaea*) sulla terra sia dell'ordine di  $2,5 \times 10^{30}$ !!!

L'oceano contiene  $10^4$ - $10^7$  batteri/mL di acqua.

Il **carbonio** presente nei procarioti è pari a quello contenuto nelle piante. Il contenuto di **azoto** e **fosforo** è 10 volte superiore a quello della biomassa di origine vegetale.

Le cellule procariotiche costituiscono la maggiore quota di biomassa presente sulla terra!

L' avvento della microbiologia è iniziato nel **XIX secolo**, malgrado le sue origini risalgano a molto tempo prima.

L'invenzione dei primi **microscopi** consentì la scoperta e l'osservazione dei microrganismi



**R. Hooke (1635-1723)**  
fu il primo scienziato ad osservare e descrivere i **microrganismi**

**Microscopio** usato da Robert Hooke nel **1664**

(a)

Disegno di Hooke, pubblicato su *Micrographia* nel **1695**, che rappresenta la visione di alcuni **microrganismi (muffe)** al microscopio



**muffa blu** con corpi fruttiferi cresciuta su una superficie di pelle.

(b)

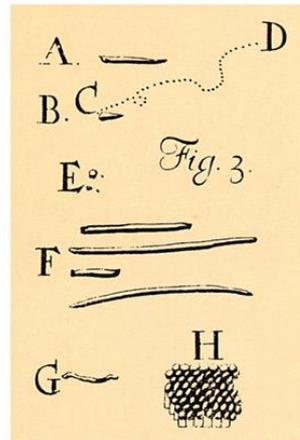
La prima persona ad osservare i **batteri** fu **Antoni van Leeuwenhoek** (1676).



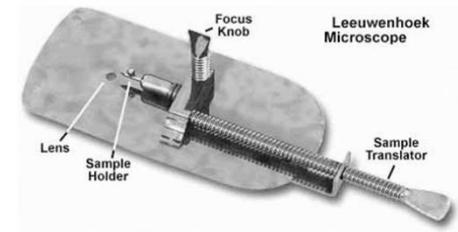
(a)



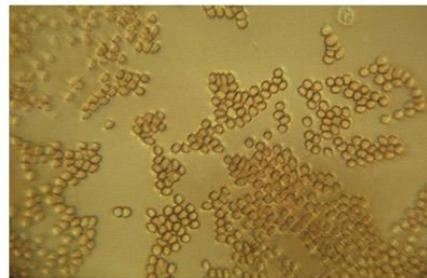
Disegni di van Leeuwenhoek, da alcune lettere alla Royal Society di Londra pubblicate nel **1684**.



(b)

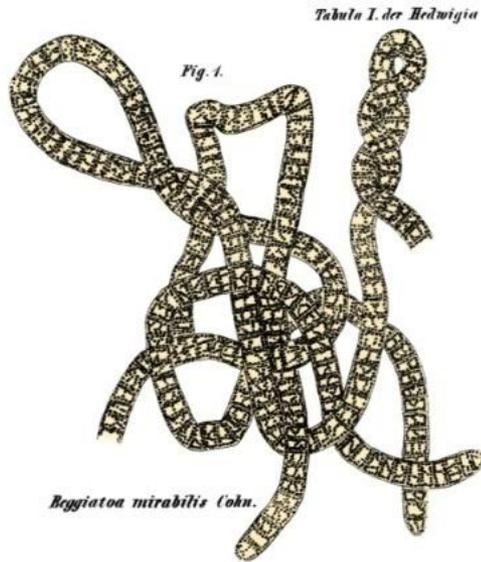


Vetrino di sangue visto attraverso il microscopio di van Leeuwenhoek .



(c)

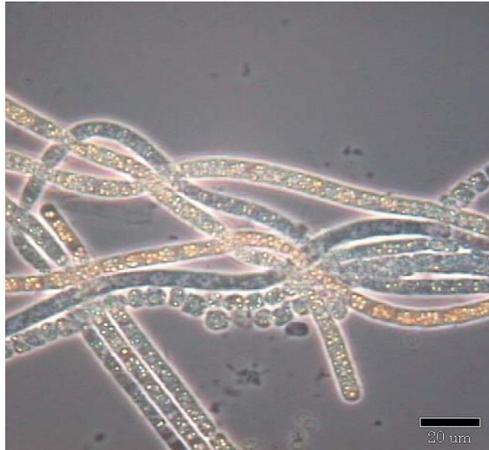
Fondatore della **moderna batteriologia**  
**Ferdinand Cohn** (1828-1898)  
botanico e microscopista.



M.T. Madigan, J.M. Martinko

Brock, *Biologia dei Microorganismi*

Copyright © 2007 Casa Editrice Ambrosiana



- Tra i vari batteri descritte *Beggiatoa mirabilis* (**zolfo-ossidante**), con granuli di zolfo all'interno delle cellule (rappresentazione di Cohn, **1866**).
- Descrisse il ciclo vitale di *Bacillus* (**sporogenesi**).
- Termoresistenza delle spore.

# Generazione spontanea

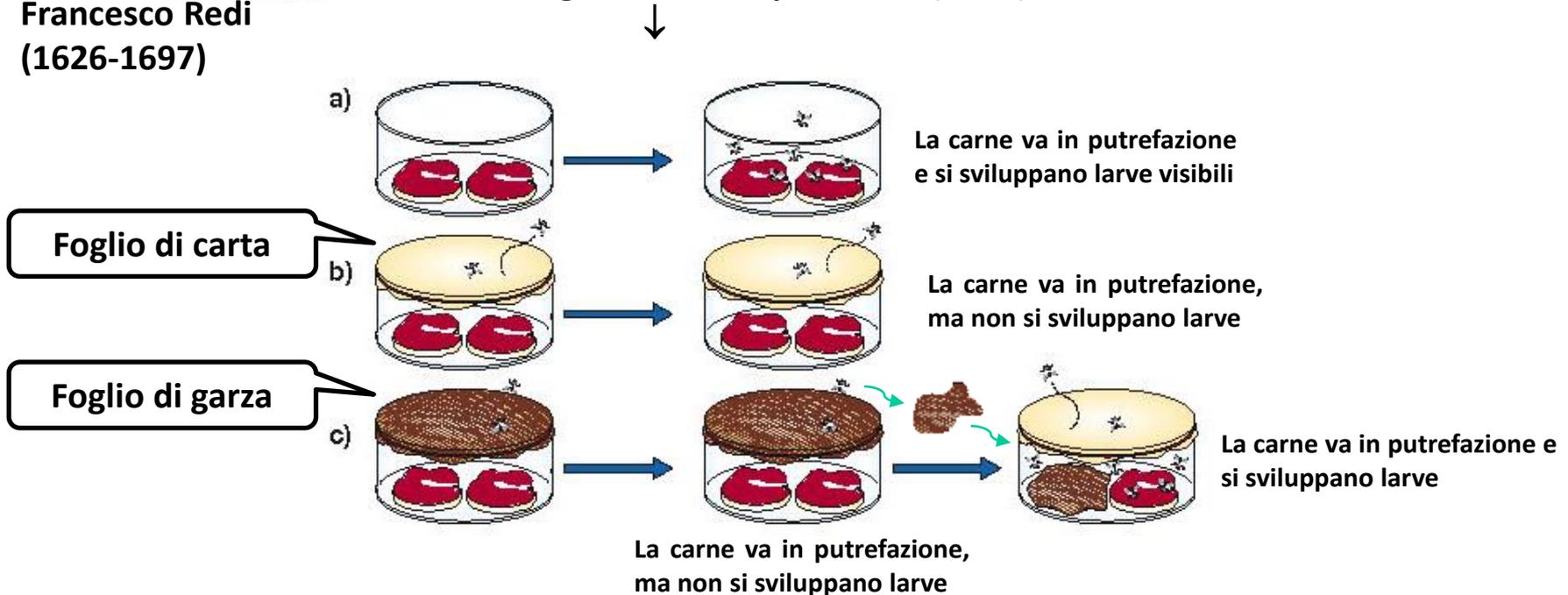


Francesco Redi  
(1626-1697)

Come riportato nella Bibbia (Libro dei Giudici, 14), in cui si parla di api nate dal cadavere di un leone, anche la Chiesa sosteneva questa teoria. Secondo la Chiesa, Dio aveva creato solo l'uomo e i grandi animali, mentre **i vermi e gli insetti, potevano nascere spontaneamente dal fango o dai cadaveri in putrefazione.**

Nel **1668**, Francesco Redi mise in crisi la teoria della generazione spontanea.

Dimostrazione dell'infondatezza della teoria della generazione spontanea (1668).





**John Needham  
(1713-1781)**

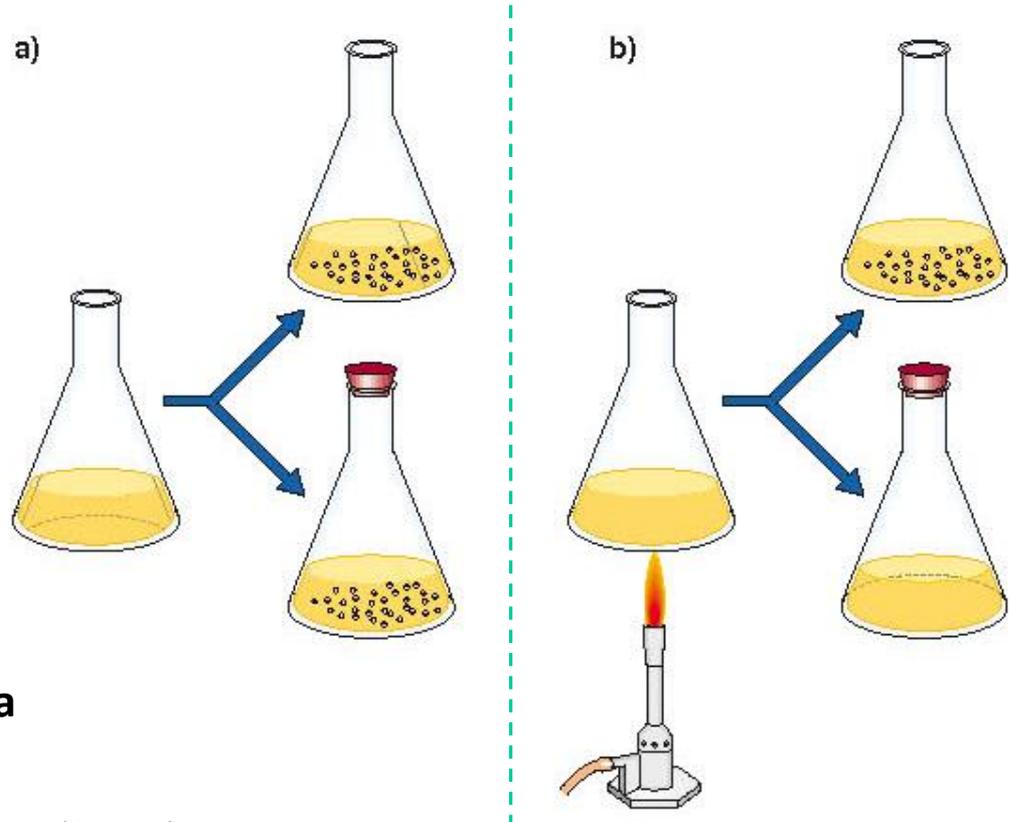


**Forte sostenitore della teoria  
della generazione spontanea.**



**Lazzaro Spallanzani  
(1729-1799)**

**Ha contribuito alla demolizione della  
teoria della generazione spontanea.**

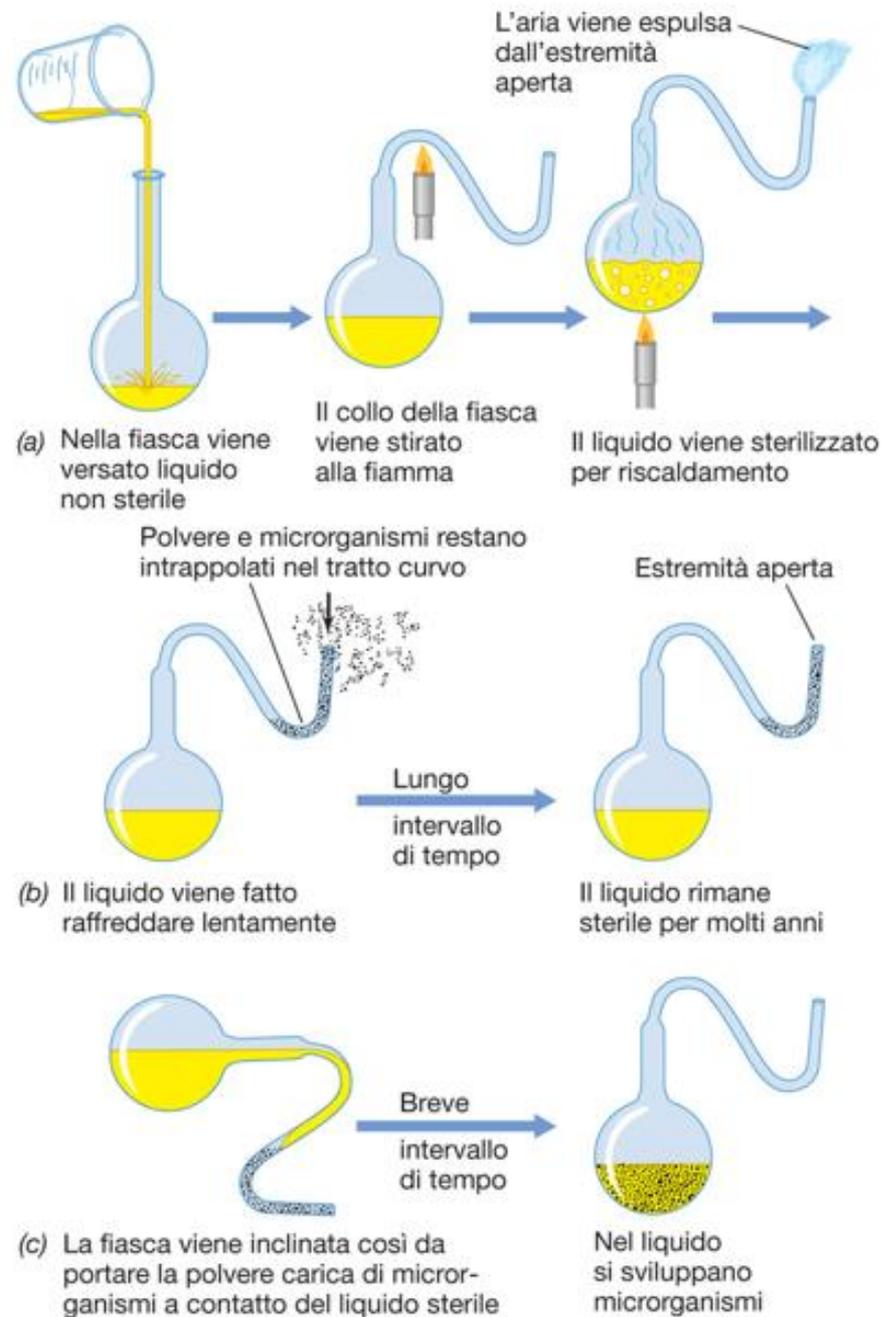


La teoria della generazione spontanea ha trovato forti sostenitori fino al XVII secolo

Nella seconda metà del XIX secolo gli esperimenti di Pasteur hanno segnato il crollo della teoria della generazione spontanea.

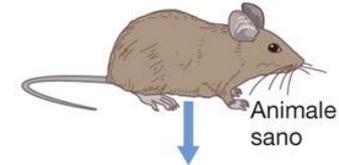
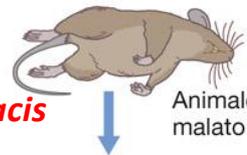


Louis Pasteur (1822-1895)



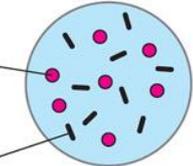
Gli studi di Pasteur contribuirono all'affermazione della **TEORIA MICROBICA DELLE MALATTIE** formulata da **Koch (1843-1890)**

**POSTULATI DI KOCH: *Bacillus anthracis***

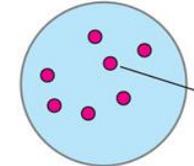


1. L'organismo sospetto patogeno deve ritrovarsi in *tutti* i casi di malattia ed essere assente in animali sani.

Globuli rossi  
Sospetto patogeno



Osservazione di sangue e tessuti al microscopio

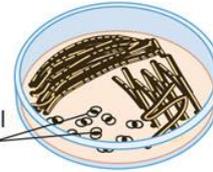


Globuli rossi

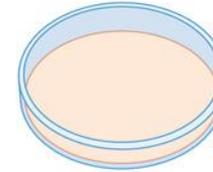
2. L'organismo sospetto deve poter crescere come coltura pura.

Koch introduce l'uso delle tecniche di **coltivazione in vitro** ed il **concetto di coltura pura**.

Colonie del sospetto patogeno



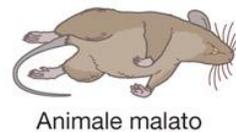
Striscio su piastra d'agar di un campione dall'animale malato o da quello sano



Assenza di organismi

Inoculo di animali sani con cellule del sospetto patogeno

3. Cellule da una coltura pura dell'organismo sospetto devono indurre la malattia in animali sani.

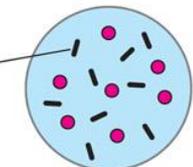


Animale malato

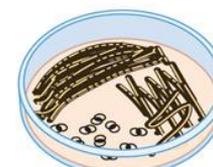
Prelievo di sangue o di un campione di tessuto e osservazione al microscopio

4. L'organismo deve poter essere nuovamente isolato e se ne deve poter dimostrare l'identità con l'originale.

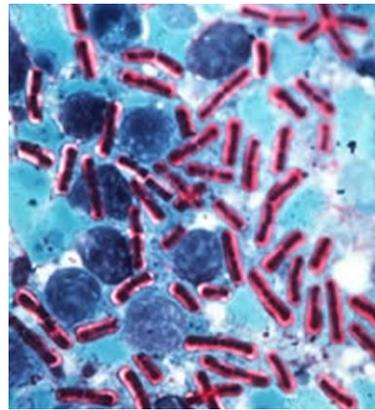
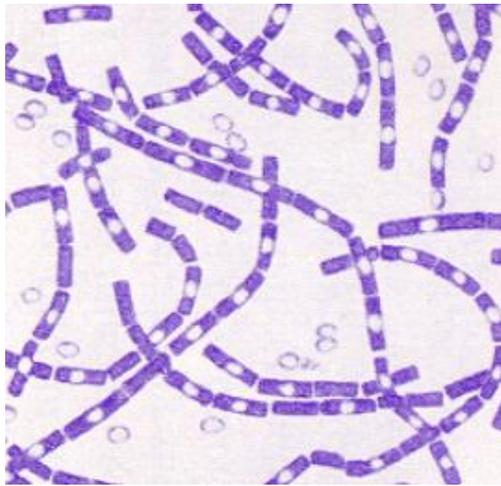
Sospetto patogeno



Coltura di laboratorio



Coltura pura (deve trattarsi dello stesso organismo coltivato in precedenza)



## *Bacillus anthracis*



### Forme cliniche

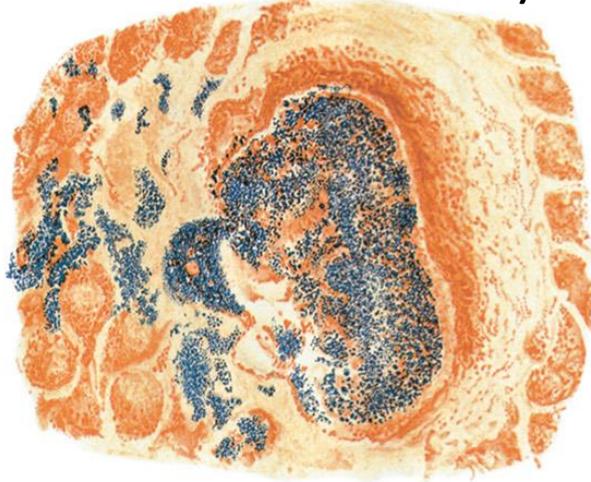
- Forma respiratoria → agente biologico → possibile arma batteriologica
- Forma cutanea
- Forma intestinale
  
- Il **carbonchio** (o **antrace**) è una malattia zoonotica causata da *B. anthracis*, un batterio **sporigeno Gram positivo**.
- I principali fattori di virulenza:
  - capsula** (protegge il batterio dalla fagocitosi)
  - tossine**, codificate da due plasmidi.
  
- L'infezione avviene attraverso l'inalazione di spore presenti nell'ambiente (suolo, acqua, aria).
- L'uso bellico o terroristico di *B. anthracis* consiste nel rilascio di spore nell'ambiente, sotto forma di aerosol o frammiste a polveri.



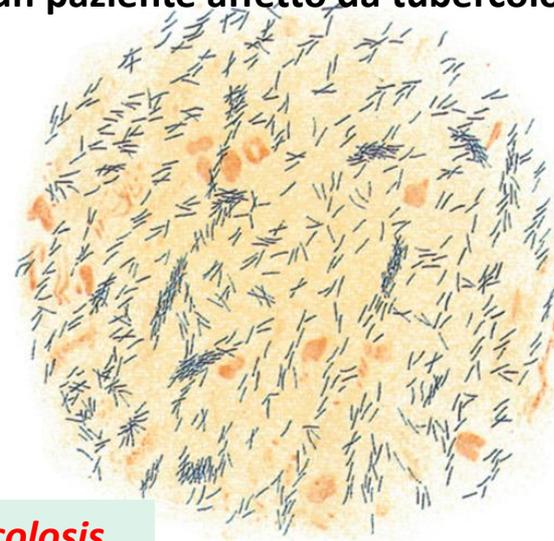
## Conferma dei postulati di Koch

Scoperta dell'agente eziologico della **tubercolosi**

Sezioni di **tessuto polmonare**  
(blu di metilene + bismarck brown)



Cellule batteriche in un **espettorato** da  
un paziente affetto da tubercolosi



(a) Disegni di *Mycobacterium tuberculosis*  
effettuati da Robert Koch (1884)

**Coltura in piastra Petri** contenente un  
terreno di coltura a base di sangue coagulato

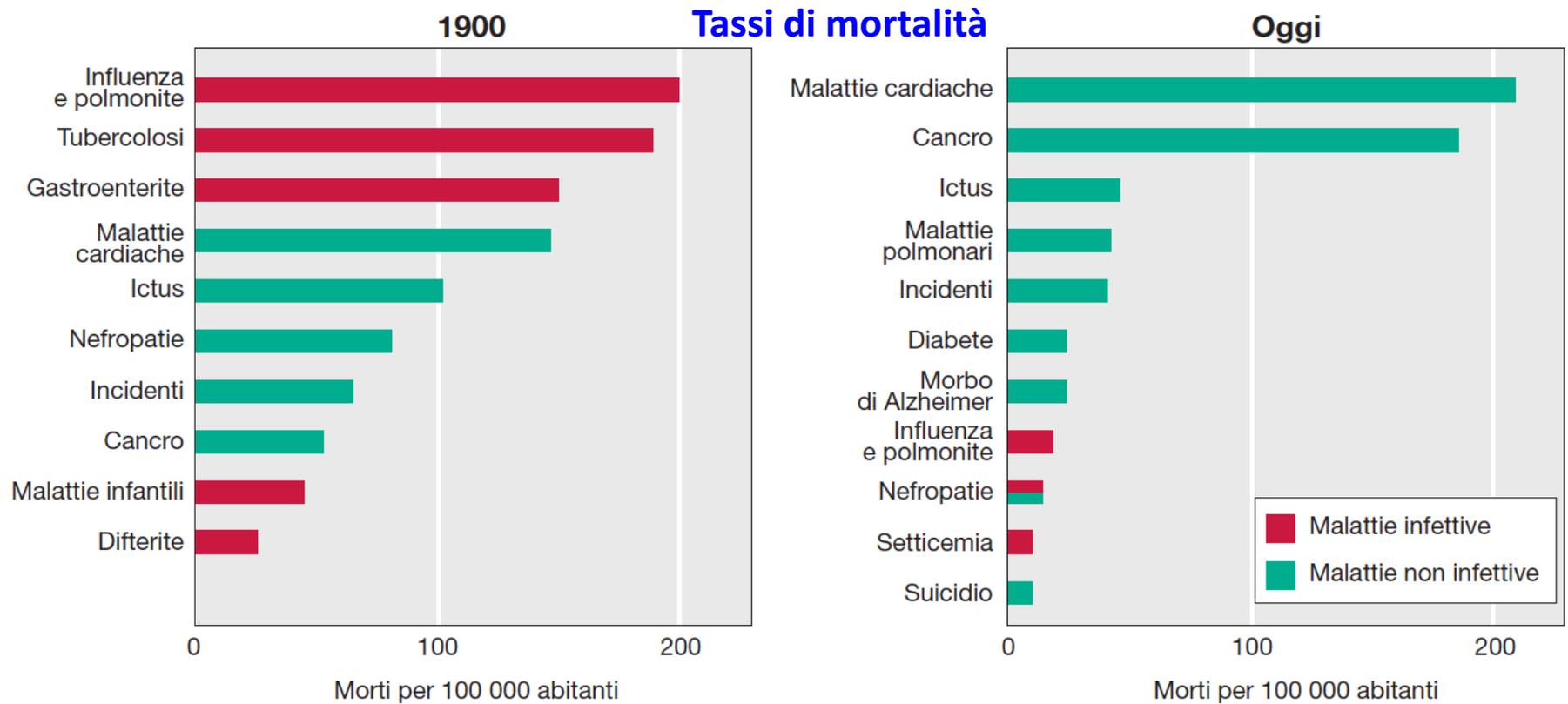


(c)



(d) Osservazione al **microscopio** (700X) di cellule  
prelevate da una colonia di *M. tuberculosis*

# Effetti degli sviluppi della microbiologia sulla salute pubblica



**Figura 1.8** Tasso di mortalità relativo alle prime 10 cause di morte negli Stati Uniti nel 1900 e oggi. Nel 1900 le malattie infettive erano la prima causa di morte, mentre oggi rappresentano un problema

minore. Le malattie renali possono essere il risultato d'infezioni microbiche o di disfunzioni sistemiche (diabete, alcuni tipi di cancro, malattie metaboliche, intossicazioni ecc.). I dati riportati sono

quelli elaborati dall'United States National Center for Health Statistics e dal Center for Disease Control and Prevention e sono dati tipici degli ultimi anni.

# Studi che hanno contribuito alla comprensione della **DIVERSITÀ MICROBICA**

**Martinus Beijerink (1851-1931)**

**Sergei Vinogradskij (1856-1953)**

hanno contribuito allo studio della **diversità** e della **fisiologia batterica** contribuendo all'avvento della **microbiologia generale**.



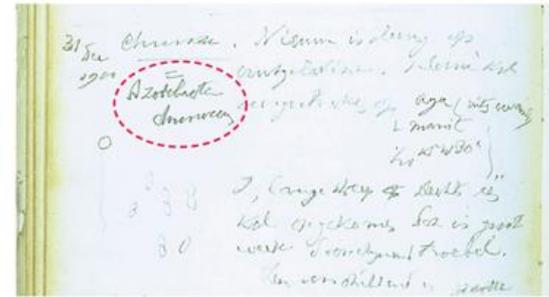
## **M. Beijerink**

introdusse per primo il concetto di **coltura di arricchimento** (metodo selettivo di isolamento)



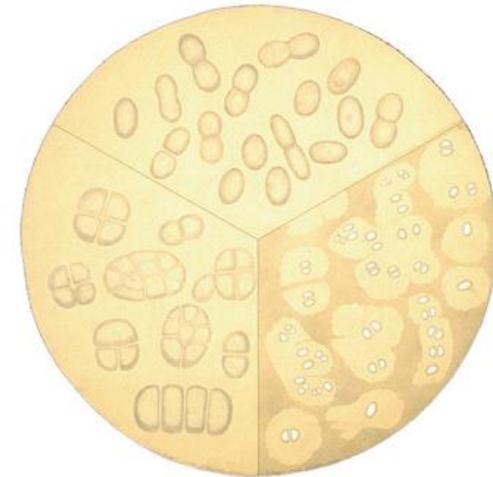
## **S. Vinogradskij**

- evidenziò il ruolo dei procarioti nei **processi biogeochimici**;
- introdusse il concetto di **chemiolitotrofia** e **chemioautotrofia**;
- sviluppò il concetto di **fissazione dell'azoto**.



(a)

**Diario di Beijerink**



(b)

**Beijerink: rappresentazione di cellule di *Azotobacter chroococcum***

Lesley Robertson and the Kuyper Laboratory Museum, Delft University of Technology

Lesley Robertson and the Kuyper Laboratory Museum, Delft University of Technology

Disegni di Sergei Vinogradskij di batteri fototrofi rossi sulfurei (1887)

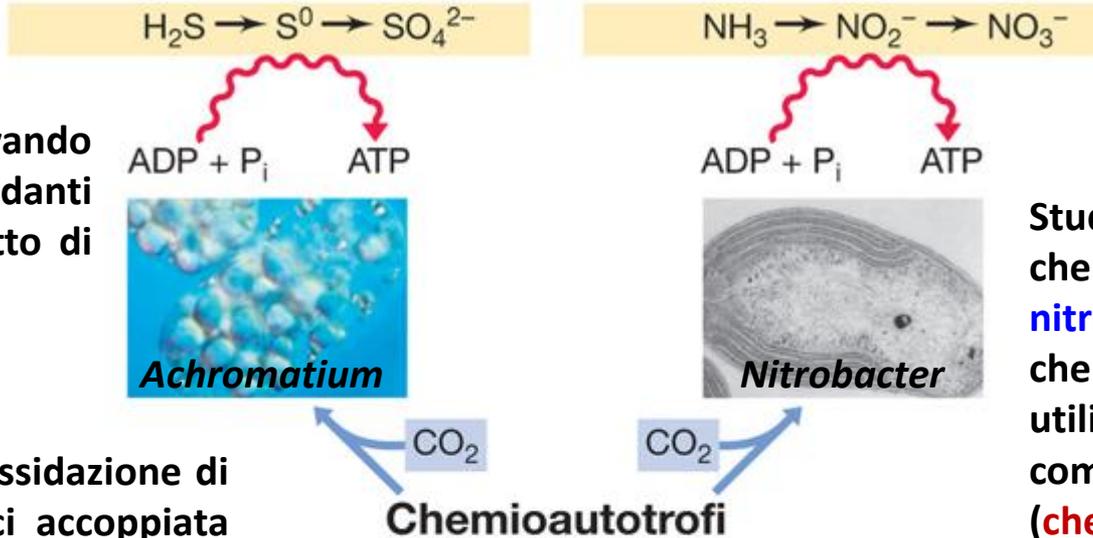


From *Microbiologie du Sol*, used with permission



# Batteri come agenti biogeochimici

## Chemiolitotrofi

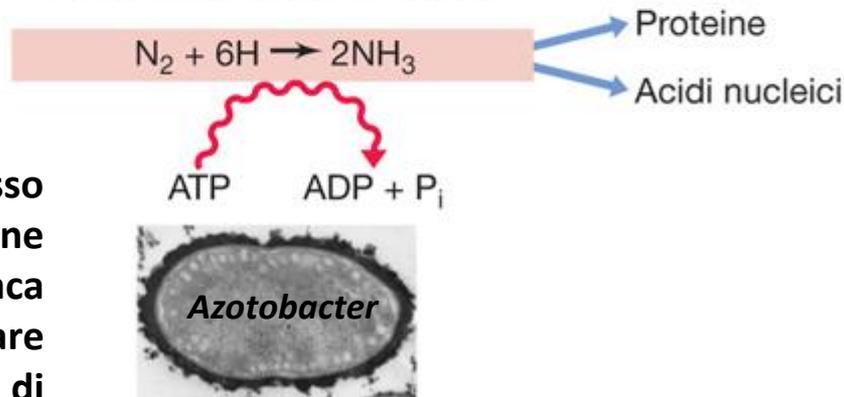


Vinogradskij osservando i batteri solfo-ossidanti introdusse il concetto di **chemiolitotrofia**.

**Chemiolitotrofia**: ossidazione di composti inorganici accoppiata alla produzione di energia.

Studiando il processo chemiolitotrofico della **nitrificazione**, osservò che i batteri nitrificanti utilizzavano la **CO<sub>2</sub>** come fonte di carbonio (**chemioautotrofia**).

## Fissazione dell'azoto



Avviò studi sul processo dell'**azotofissazione**: trasformazione dell'azoto molecolare in ammoniaca (utilizzata dalle cellule per ricavare azoto necessario alla sintesi di proteine ed acidi nucleici).

La **MICROBIOLOGIA GENERALE** non tratta specificamente gli aspetti medici della microbiologia, ma si occupa dello studio della **DIVERSITÀ** e della **FISIOLOGIA** dei microrganismi.

Nel XX secolo la microbiologia si è sviluppata seguendo due direzioni principali

## Scienza di base

Sottodiscipline:

- *Sistematica microbica*
- *Fisiologia microbica*
- *Citologia microbica*
- *Biochimica microbica*
- *Genetica batterica*
- *Biologia molecolare*

...

## Scienza applicata

Sottodiscipline:

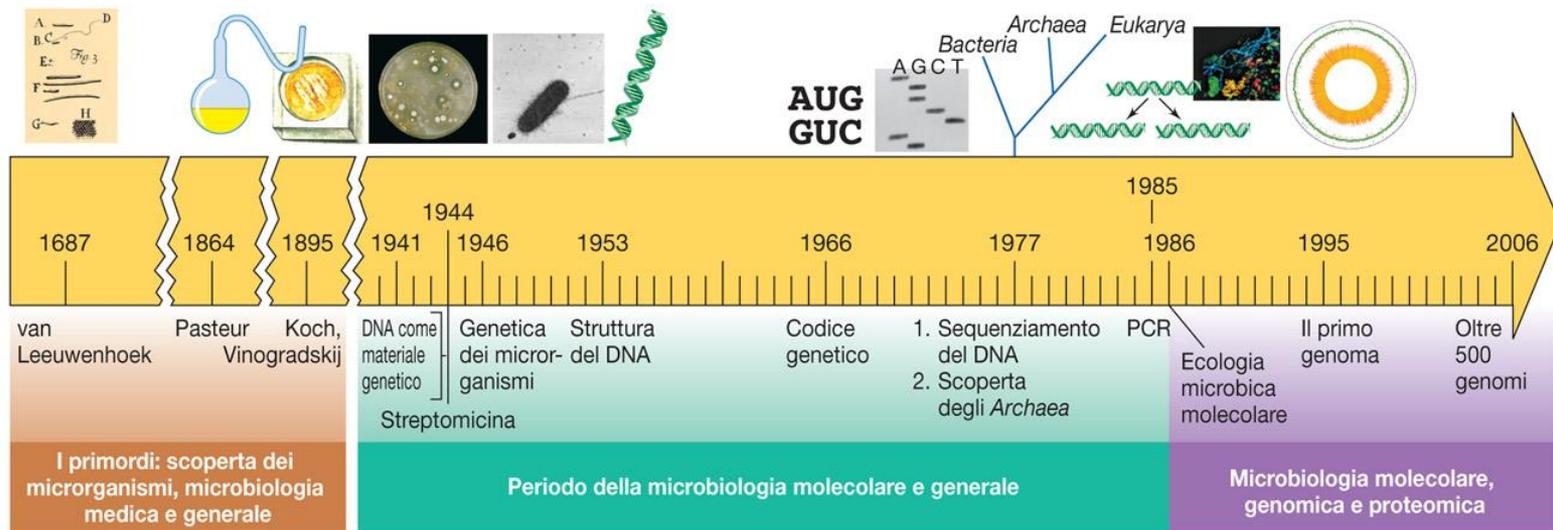
- *Microbiologia medica ed immunologia*
- *Microbiologia agraria*
- *Microbiologia industriale*
- *Microbiologia delle acque*
- *Microbiologia marina*
- *Ecologia microbica*

...

**Ecologia microbica**

A partire dagli anni '60, si è assistito ad un crescente interesse riguardo alla biodiversità e alle attività microbiche negli ambienti naturali.

# Principali tappe nell'ambito della microbiologia negli ultimi anni



## Genomica

Analisi comparativa dei geni dei diversi microrganismi.

## Proteomica

Studio dello spettro di espressione proteica nelle cellule.

**Tab. 1.1 Trecento anni di microbiologia: alcuni lavori fondamentali dal 1684 al 2000\***

Anno	Ricercatore	Scoperta
1684	Antoni van Leeuwenhoek	Scoperta dei batteri
1798	Edward Jenner	Vaccino antivaioleso
1857	Louis Pasteur	Microbiologia della fermentazione lattica
1860	Louis Pasteur	Ruolo dei lieviti nella fermentazione alcolica
1864	Louis Pasteur	Risoluzione delle controversie della generazione spontanea
1867	Robert Lister	Principi dell'antisepsi in chirurgia
1876	Ferdinand Cohn	Scoperta delle endospore
1881	Robert Koch	Metodo di studio dei batteri in coltura pura
1882	Robert Koch	Scoperta della causa della tubercolosi
1882	Elie Metchnikoff	Fagocitosi
1884	Robert Koch	Postulati di Koch
1884	Christian Gram	Colorazione di Gram
1885	Louis Pasteur	Vaccino antirabbico
1889	Sergei Vinogradskij	Concetto di chemiolitotrofia
1889	Martinus Beijerinck	Concetto di virus
1890	Emil von Behring e Shibasaburo Kitasato	Antitossina difterica
1890	Sergei Vinogradskij	Crescita autotrofica dei chemiolitotrofi
1901	Martinus Beijerinck	Metodo delle colture di arricchimento
1901	Karl Landsteiner	Gruppi sanguigni umani
1908	Paul Ehrlich	Agenti chemioterapici
1911	Francis Rous	Primo virus oncogeno
1928	Frederick Griffith	Scoperta della trasformazione in <i>Streptococcus pneumoniae</i>
1929	Alexander Fleming	Scoperta della penicillina
1931	Cornelius van Niel	Ruolo dell'idrogeno solforato come donatore di elettroni nella fotosintesi anossigenica
1935	Gerhard Domagk	Sulfamidici
1935	Wendall Stanley	Cristallizzazione del virus del mosaico del tabacco
1941	George Beadle e Edward Tatum	Ipotesi un gene-un enzima
1943	Max Delbruck e Salvador Luria	Ereditarietà dei caratteri genetici nei batteri
1944	Oswald Avery, Colin McLeod e Maclyn McCarty	Spiegazione del lavoro di Griffith: il DNA è il materiale genetico
1944	Selman Wakman e Albert Schatz	Scoperta della streptomina
1946	Edward Tatum e Joshua Lederberg	Coniugazione batterica
1951	Barbara McClintock	Scoperta degli elementi trasponibili
1952	Joshua Lederberg e Norton Zinder	Trasduzione batterica
1953	James Watson, Francis Crick e Rosalind Franklin	Struttura del DNA
1959	Arthur Pardee, François Jacob e Jacques Monod	Regolazione genica mediante una proteina repressore
1959	Rodney Porter	Struttura delle immunoglobuline
1959	F. McFarlane Burnet	Teoria della selezione clonale
1960	François Jacob, David Perrin, Carmon Sanchez e Jacques Monod	Concetto di operone
1960	Rosalyn Yalow e Salomon Bernson	Sviluppo dei saggi radioimmunologici (RIA)
1961	Sydney Brenner, François Jacob e Matthew Meselson	RNA messaggero e ribosomi come sede della sintesi proteica
1966	Marshall Nirenberg e H. Gobind Khorana	Scoperta del codice genetico
1967	Thomas Brock	Scoperta dei batteri che vivono nelle sorgenti calde
1969	Howard Temin, David Baltimore e Renato Dulbecco	Scoperta dei retrovirus e della trascrittasi inversa
1969	Thomas Brock e Hudson Freeze	Isolamento di <i>Thermus aquaticus</i> , sorgente della <i>Taq</i> polimerasi
1970	Hamilton Smith	Specificità di azione degli enzimi di restrizione
1973	Stanley Cohen, Annie Chang, Robert Helling e Herbert Boyer	DNA ricombinante
1975	Georges Kohler e Cesar Milstein	Anticorpi monoclonali
1976	Susumu Tonegawa	Riarrangiamenti genici nelle immunoglobuline
1977	Carl Woese e George Fox	Scoperta degli Archea
1977	Fred Sanger, Steven Niklen e Alan Coulson	Metodi per il sequenziamento del DNA
1981	Stanley Prusiner	Caratterizzazione dei prioni
1982	Karl Stetter	Isolamento del primo procarote con temperatura ottimale superiore a 100 °C
1983	Luc Montagnier	Scoperta dell'HIV responsabile dell'AIDS
1988	Kary Mullis	Scoperta della reazione a catena della polimerasi (PCR)
1995	Craig Venter e Hamilton Smith	Completamento della sequenza di un genoma batterico
1999	Institute for Genomic Research (TIGR) e altri	Sequenziamento di più di 100 genomi procariotici
2000	Edward Delong	Scoperta di un Archea marino, della proteorodopsina e di altri aspetti della vita procariotica marina
2004	Craig Venter e altri	Primo metagenoma ambientale: il Mar dei Sargassi

\* I riferimenti bibliografici fondamentali sono: T.D. Brock, *Milestones in Microbiology*, Prentice Hall, Englewood Cliffs (NJ) 1961; *The Emergence of Bacterial Genetics*, Cold Spring Harbor Press, Cold Spring Harbor (NJ), 1990. Gli anni riportati in tabella si riferiscono a quelli di pubblicazione della scoperta.