

# Metabolismo Batterico

## Metabolismo

– L'insieme dei processi chimici che si svolgono all'interno di una cellula

1. **Anabolismo**: sintesi di composti complessi => Utilizzo di energia

2. **Catabolismo**: scissione di composti complessi in composti più semplici => produzione di energia

# Metabolismo batterico

- Eterotrofi

- ottengono energia dall'ossidazione di sostanze organiche complesse prodotte da altri organismi

- Autotrofi

- Le sostanze organiche vengono sintetizzate partendo da molecole semplici ed energia luminosa

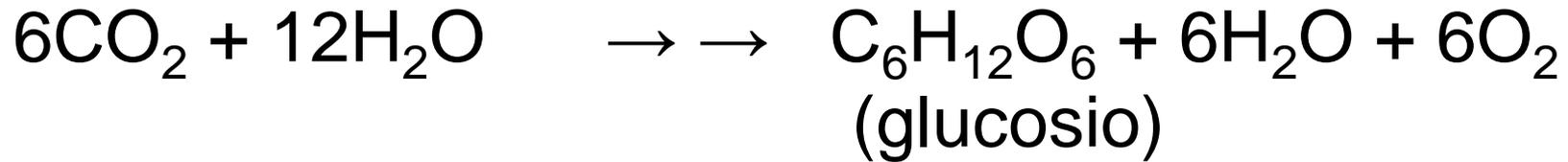
- **Fotosintetici o fotoautotrofi** (es. Solfobatteri verdi e purpurei, Cianobatteri)

- **Chemiosintetici o chemoautotrofi**

- ottengono energia dall'ossidazione di molecole inorganiche, come composti di azoto (nitrificanti), di zolfo (solfobatteri), di ferro (ferrobatteri)

# Batteri Autotrofi

**-Fotosintesi:** processo che utilizza la luce per produrre energia che viene usata per fissare la  $\text{CO}_2$  e produrre carboidrati



**-Chemosintesi:** processo che utilizza, anziché la luce, energia derivante da reazioni chimiche ossidative di azoto gassoso o di composti inorganici contenenti Fe, S o N, per convertire  $\text{CO}_2$  in composti organici per la crescita cellulare

# Batteri eterotrofi

- Ottengono l'energia dalla scissione delle molecole organiche
- L'energia viene utilizzata per sintetizzare materiale cellulare
- Il metabolismo eterotrofo comprende due processi principali:
  - la respirazione
  - la fermentazione

# Metabolismo eterotrofo

- Respirazione

- usa l'ossigeno per l'ossidazione del glucosio:



- Fermentazione

- l'accettore finale degli elettroni o dell'idrogeno è un composto organico (al posto dell'ossigeno)

- l'ossidazione del glucosio è incompleta, quindi si produce meno energia

# Fermentazione

## Tipi di fermentazione

### a. Lattica

porta alla formazione di acido lattico  
es. Streptococchi, Lactobacilli

### b. Alcolica

porta alla formazione di alcol etilico

# RESPIRAZIONE

## AEROBI OBBLIGATI

Esigono l'ossigeno alla pressione atmosferica (es. bacillo tubercolare)

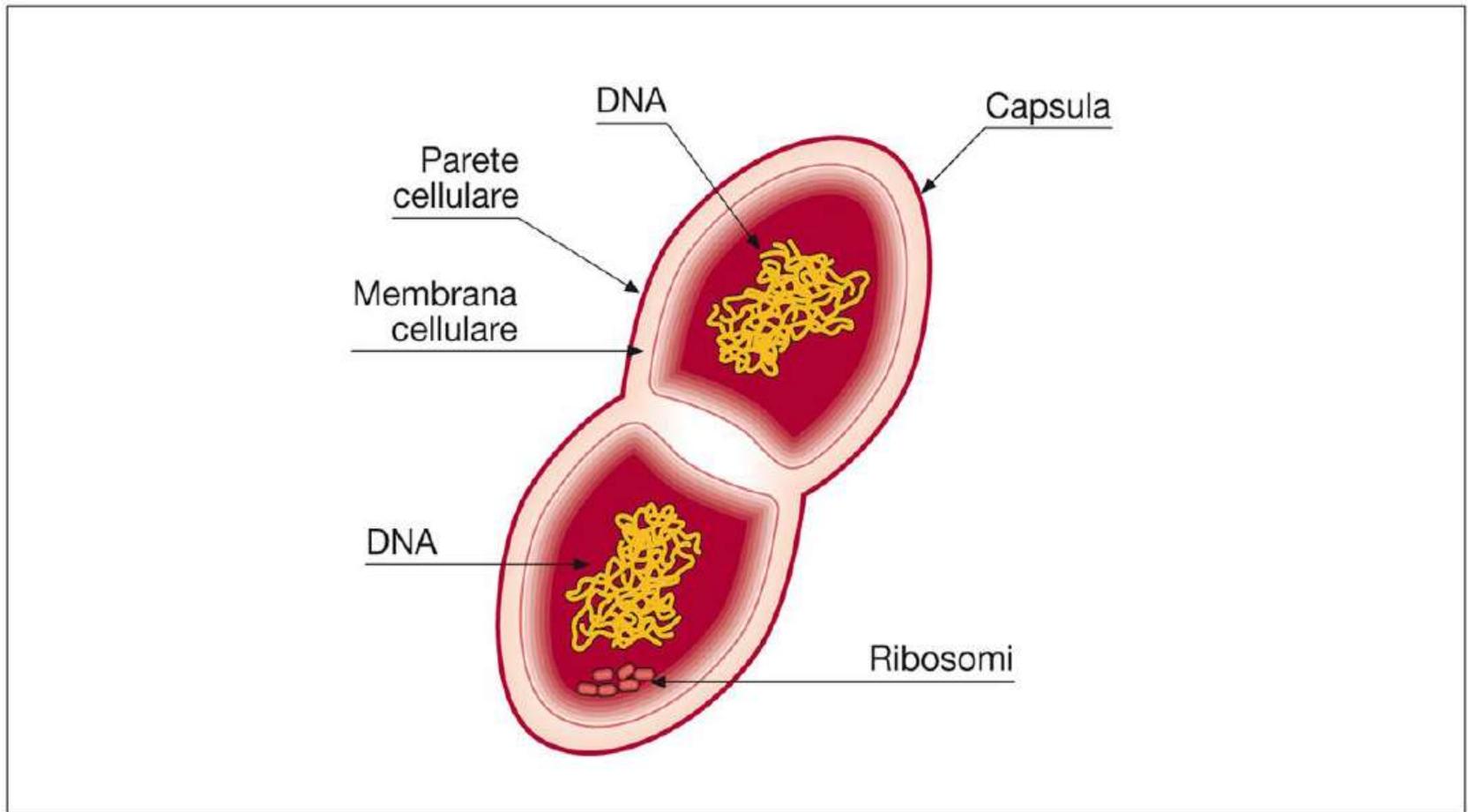
## ANAEROBI OBBLIGATI

Si moltiplicano solo in assenza di ossigeno (MICROAEROFILI: tensione di ossigeno inferiore a quella atmosferica)

## AEROBI O ANAEROBI FACOLTATIVI

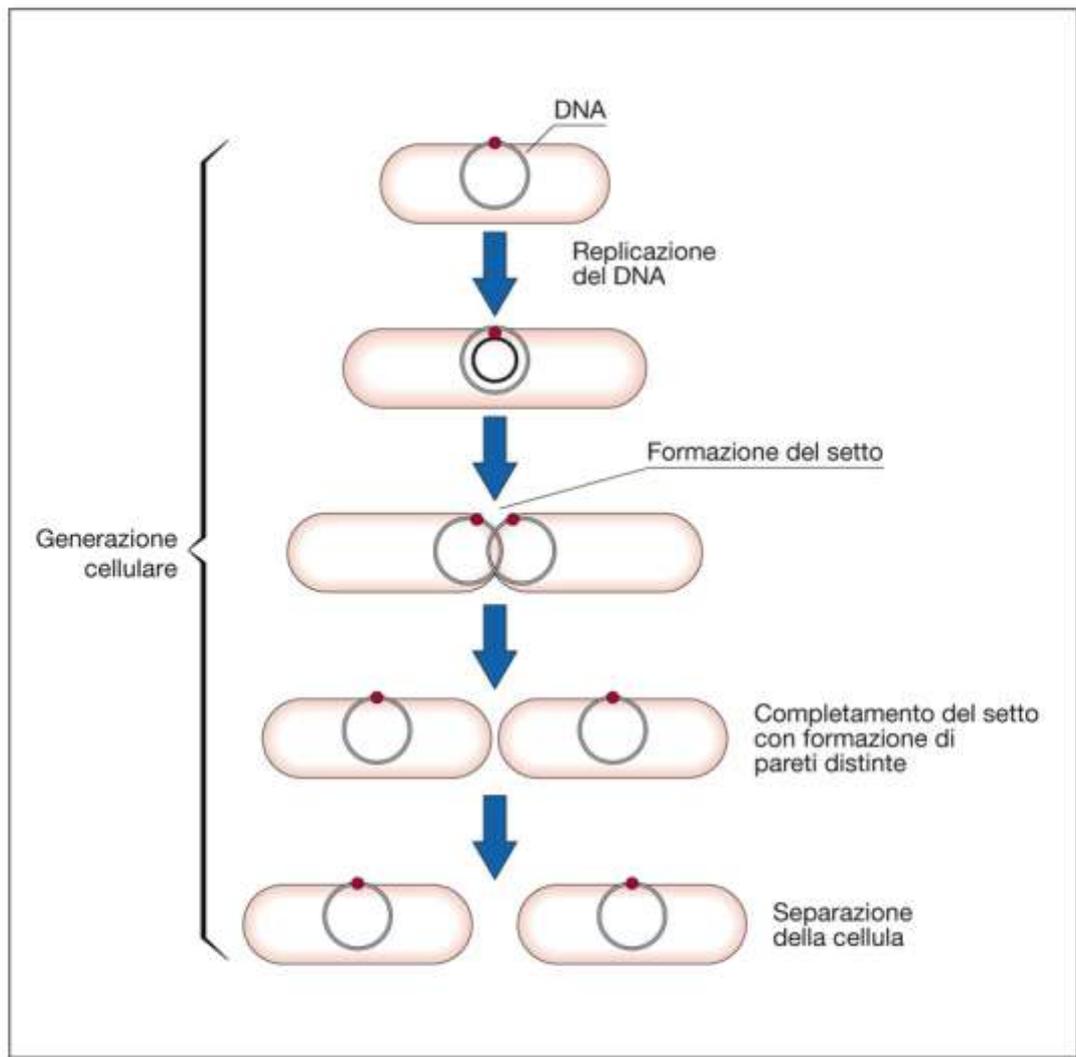
Si moltiplicano sia in presenza che in assenza di ossigeno

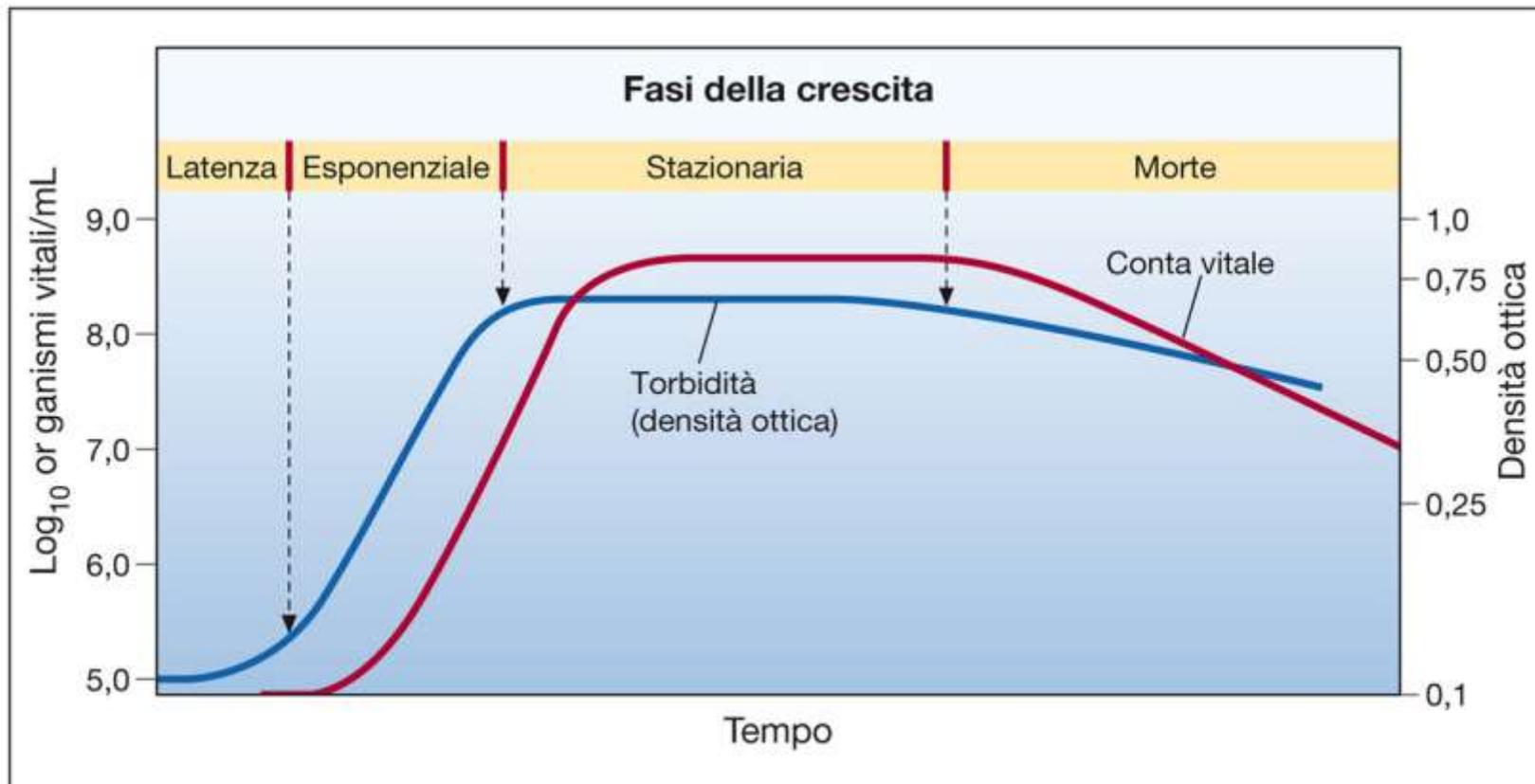
# CRESCITA BATTERICA



## **SCISSIONE BINARIA**

processo di riproduzione di tipo asexuato in cui una cellula batterica si divide in due cellule figlie identiche





# MOLTIPLICAZIONE

## SCISSIONE

- Cellula madre                      2 cellule figlie
- Separazione completa
- Separazione incompleta (catene, grappoli, palizzate, ecc.)

## GEMMAZIONE

Produzione di protuberanze che si staccano dalla cellula madre

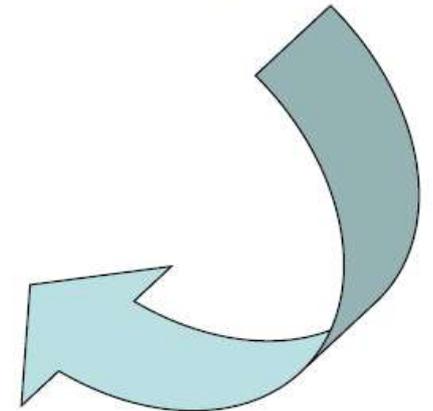
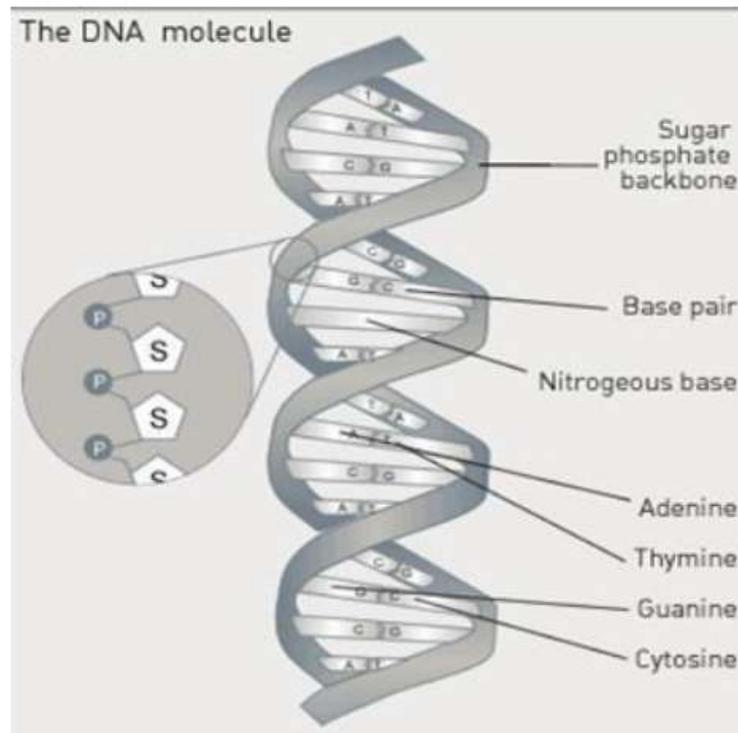
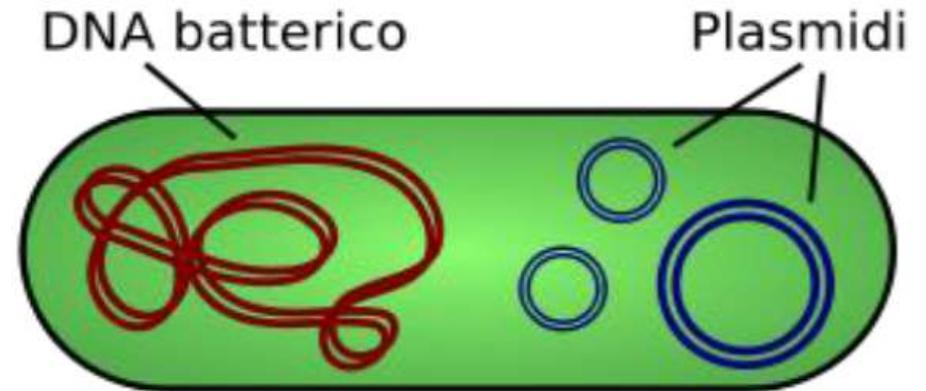
## SPORIFICAZIONE

Spore: forma di resistenza (a numerosi agenti fisici e chimici) caratterizzata dall'assenza di ogni attività metabolica (es. *Clostridium tetani*, *C. botulinum*).

In condizioni favorevoli: GERMINAZIONE (passaggio alla forma vegetativa).

# GENOMA BATTERICO

1. cromosoma batterico
2. elementi accessori

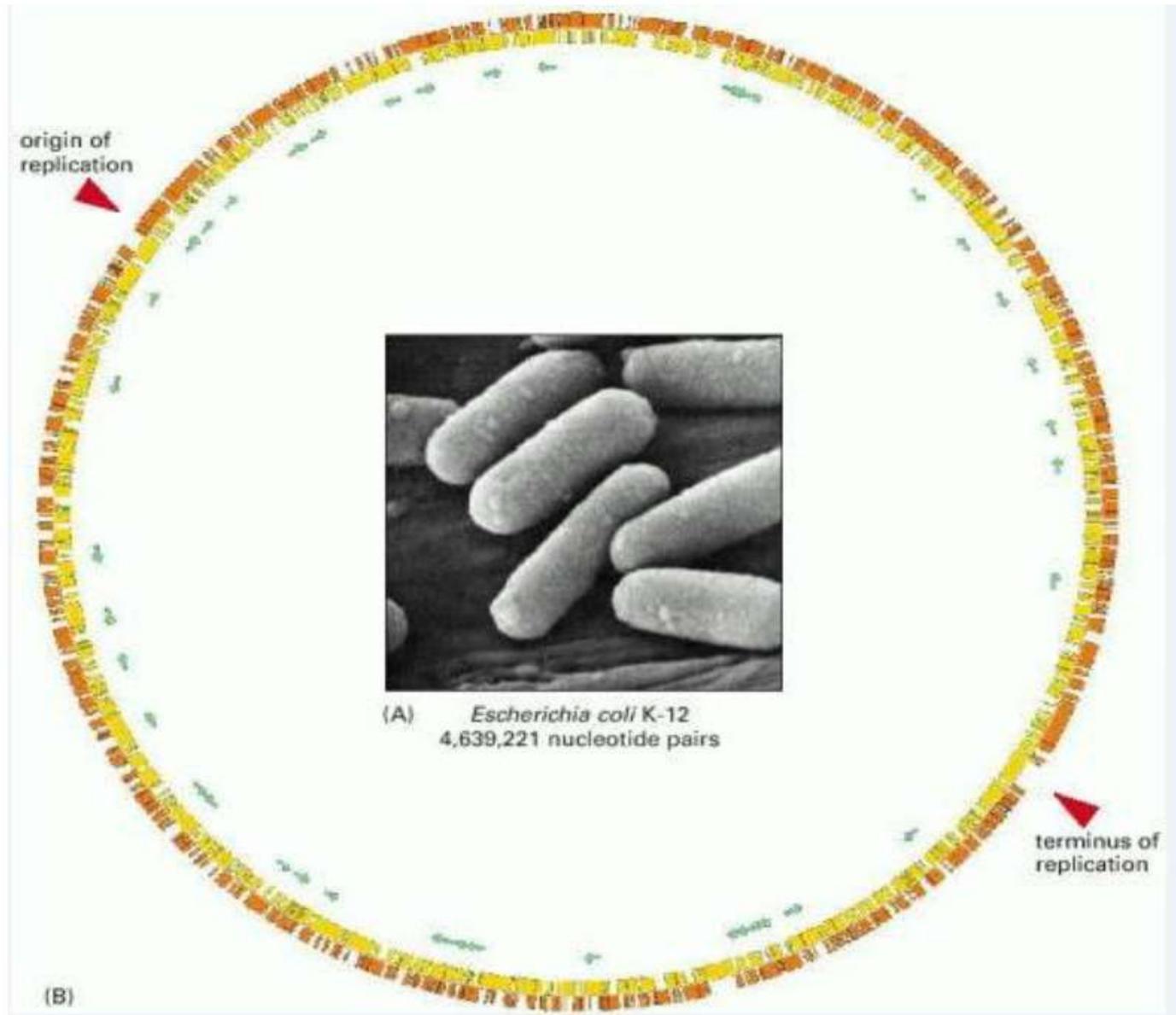


## Proprietà del cromosoma batterico:

### Proprietà

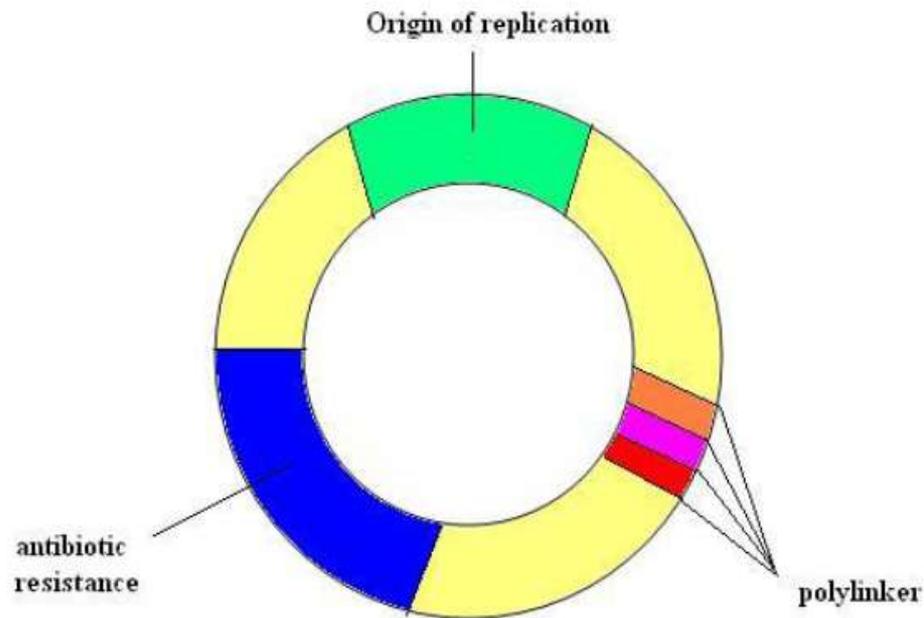
- Cromosoma unico
- Cromosoma aploide
- Cromosoma circolare
- Cromosoma con dimensioni da 150 000 a 9 000 000 paia di basi
- Geni senza introni
- Un gene ogni 1000 paia di basi
- Geni non codificanti poliproteine
- Geni non sovrapposti

# CROMOSOMA DI ESCHERICHIA COLI



## PLASMIDI:

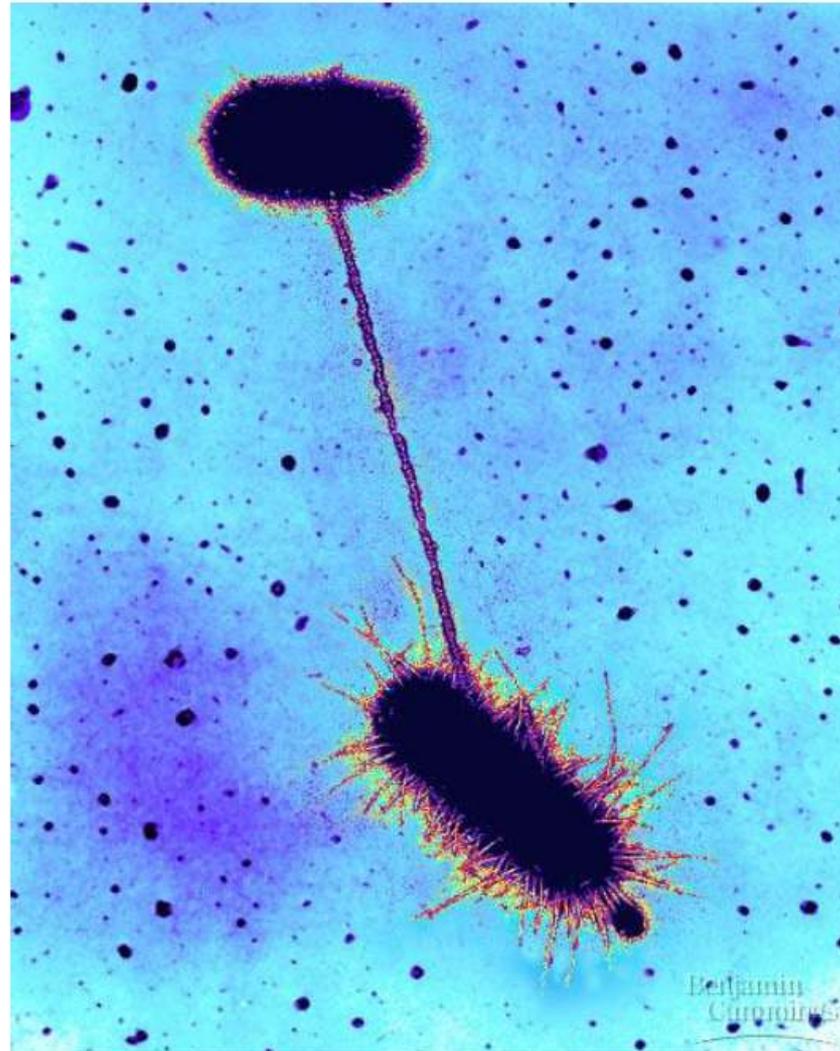
- molecole di DNA circolare, ds
- replicazione autonoma
- lunghezza: 1 kbp - 150 kbp
- geni accessori che conferiscono vantaggi alla cellula batterica



**PLASMID**

# CONIUGAZIONE

La coniugazione e' un processo attraverso il quale il materiale genetico (plasmidi) di un batterio viene trasferito da un batterio donatore ad un batterio ricevente previo contatto tra le due cellule.

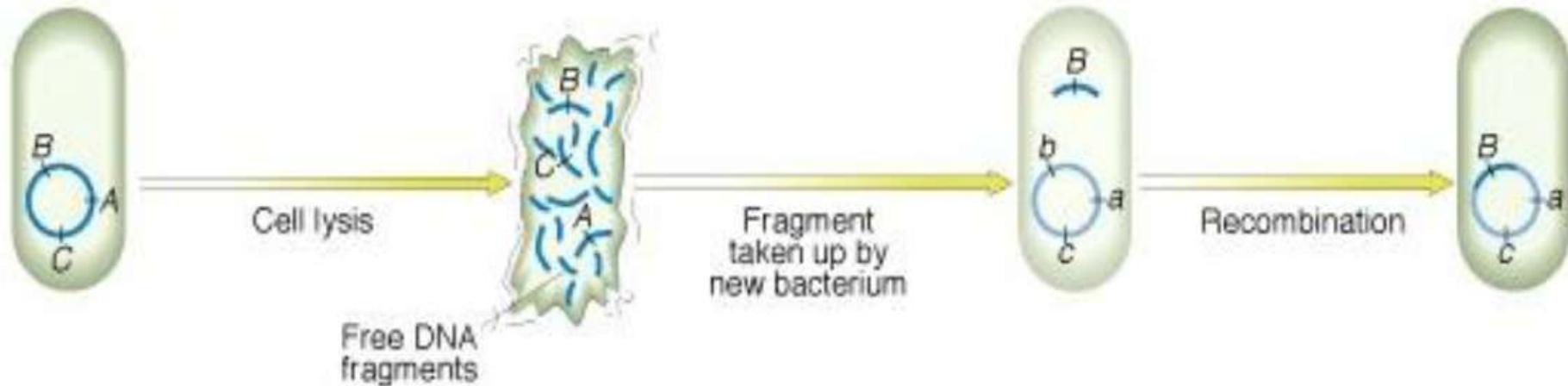


# Genetica batterica: trasferimento genico orizzontale

- Trasformazione : l'uccisione di una cellula non distrugge il DNA che mantiene le sue proprietà, nel caso penetri in una nuova cellula batterica.
- Coniugazione : due cellule batteriche entrano in contatto tramite una struttura detta *sex pilus* che permette il trasferimento di materiale genetico (es.:plasmidi).
- Trasduzione (conversione fagica) : il trasferimento genetico è mediato da batteriofagi; sono virus capaci di infettare i batteri, può essere specializzata o generalizzata.

# TRASFORMAZIONE

(b) Transformation

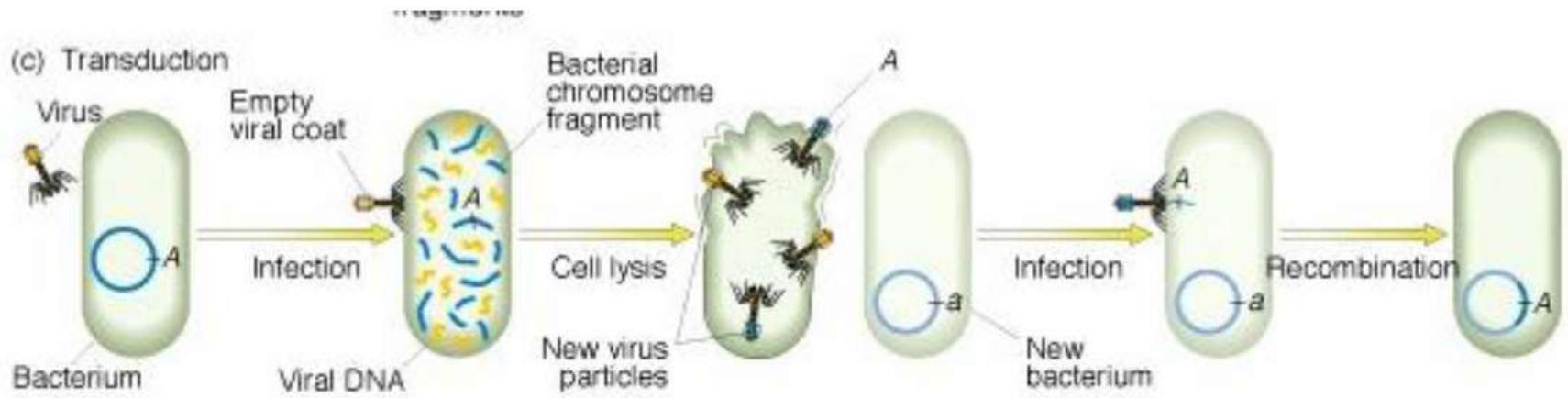


- Acquisizione di DNA libero rilasciato da altre cellule batteriche

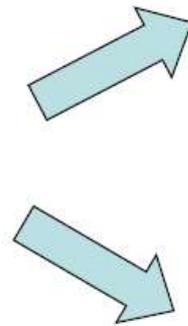
- COMPETENZA: una condizione transitoria di una popolazione batterica, durante la quale le cellule hanno la capacita' di assumere DNA eterologo dall'esterno. Batteri competenti: sia Gram+ (Bacillus/Streptococcus) sia Gram- (Neisseria, Haemophilus) arar

# TRASDUZIONE

La trasduzione e' il trasferimento di materiale genetico da un batterio donatore ad un batterio ricevente mediante un vettore virale, il *batteriofago*.



TRASDUZIONE

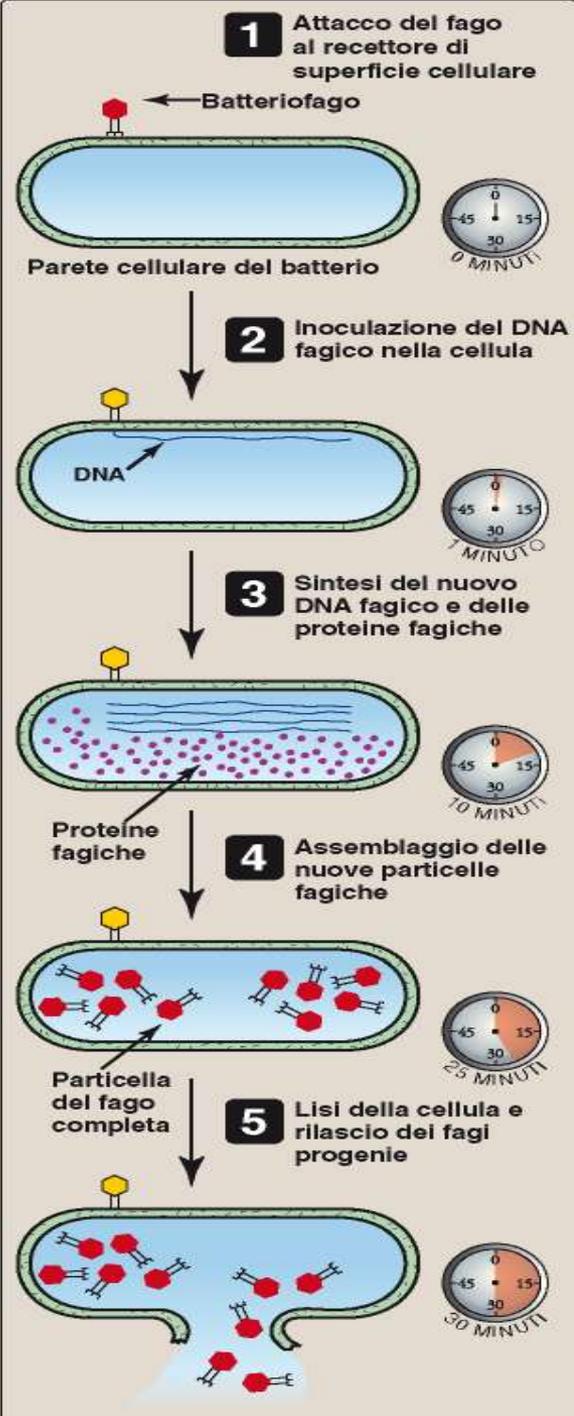


GENERALIZZATA

SPECIALIZZATA

# ***BATTERIOFAGI***

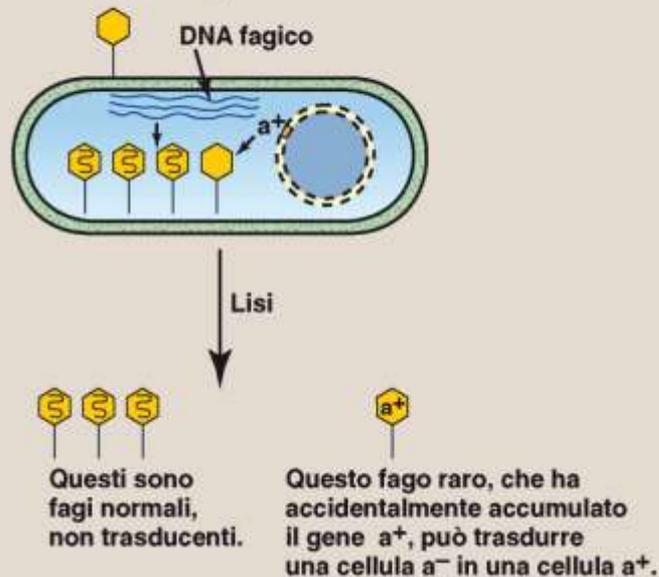
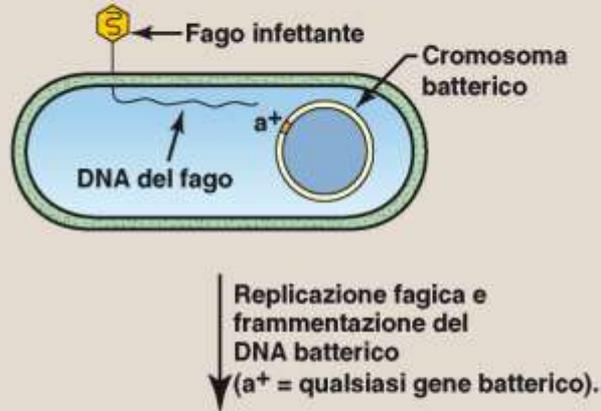
- IL BATTERIOFAGO E' UN VIRUS CHE SI REPLICA ALL'INTERNO DI UNA CELLULA BATTERICA
- SECONDO IL TIPO DI FAGO, L'ACIDO NUCLEICO PUO' ESSERE A DNA O RNA, DOPPIO O SINGOLO FILAMENTO
- I FAGI SONO CLASSIFICATI COME VIRULENTI O TEMPERATI SECONDO LA NATURA DEL LORO RAPPORTO CON IL BATTERIO OSPITE



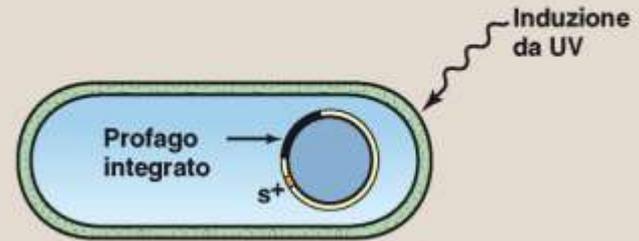
## REPLICAZIONE DEI BATTERIOFAGI

# TRASDUZIONE

## A TRASDUZIONE GENERALIZZATA

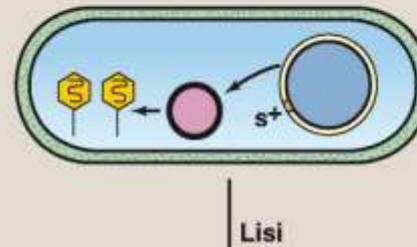


## B TRASDUZIONE SPECIALIZZATA

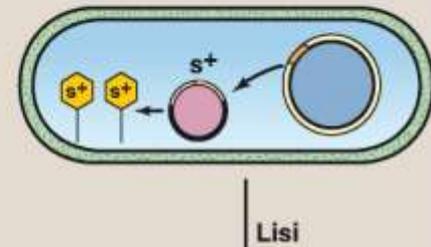


Normale escissione del profago.

La rara escissione anomala del profago assume il gene  $s^+$  adiacente ( $s^+$  = gene batterico speciale).

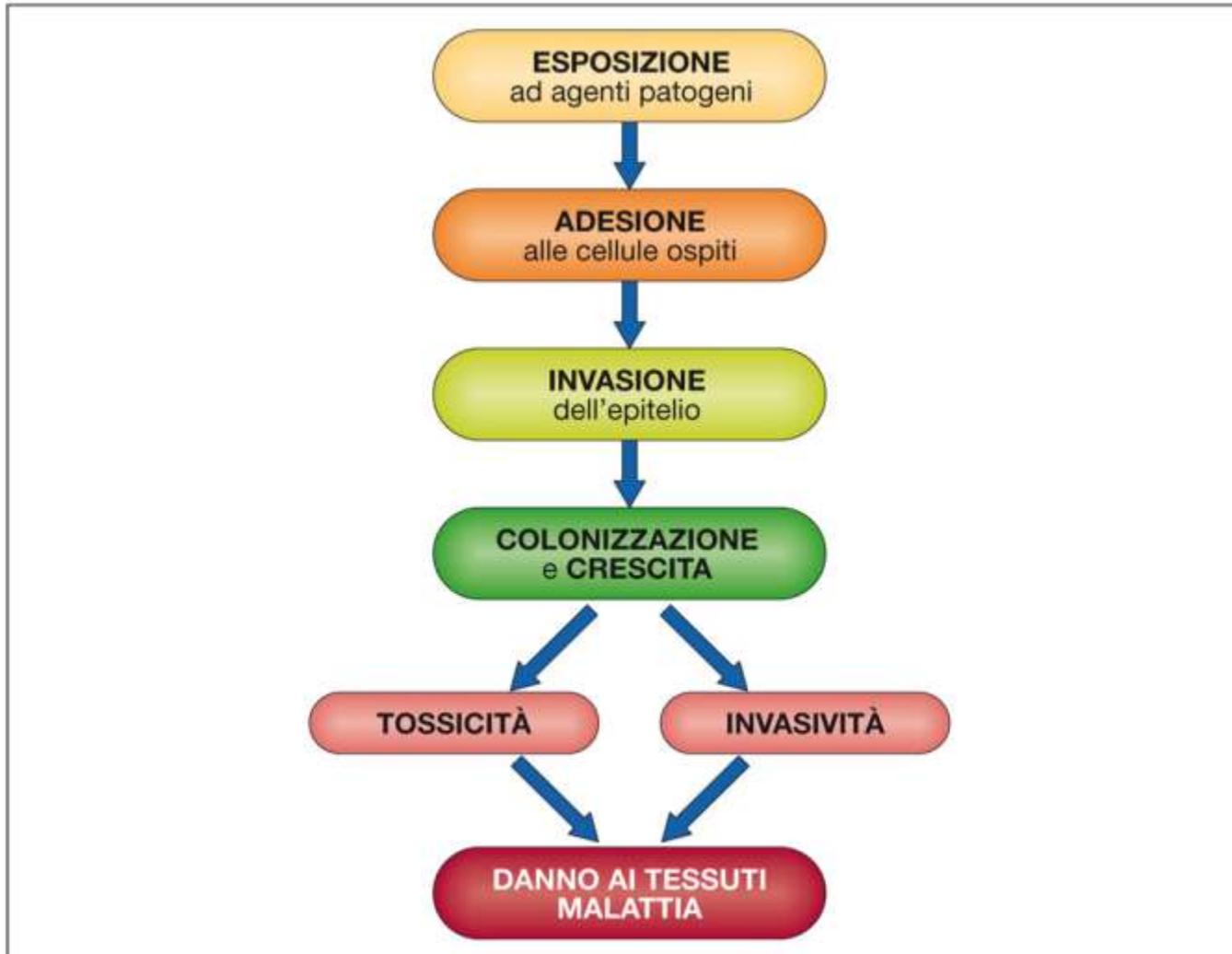


Questi sono fagi normali, non trasducenti.



Questi fagi, che trasportano il gene  $s^+$ , possono trasdurre una cellula  $s^-$  in una cellula  $s^+$ .

## PATOGENESI: DALL'INFEZIONE ALLA MALATTIA



# FATTORI DI VIRULENZA

1. **INVASIVITA'**: capacità di moltiplicarsi *in vivo*
2. **CAPACITA'** di elaborare **TOSSINE**
3. **Produzione di EMOLISINE**

**Tabella 6.3** Principali fattori di adesione dei microrganismi patogeni.

Fattore di adesione	Esempi di attività
Glicocalice/ capsula/ strato mucoso	<i>Escherichia coli</i> patogeni: il glicocalice promuove l'adesione all'orletto striato dei villi intestinali  <i>Streptococcus mutans</i> : il glicocalice di destrano promuove il legame alla superficie dei denti
Proteine di adesione: M e in Opa	<i>Streptococcus pyogenes</i> : la proteina M si lega a recettori presenti sulla mucosa respiratoria  <i>Neisseria meningitidis</i> e <i>Neisseria gonorrhoeae</i> : le proteine Opa si legano a recettori presenti rispettivamente sulle cellule dell'epitelio orofaringeo e genitourinario
Acido lipoteicoico	<i>Streptococcus pyogenes</i> : facilita il legame al recettore della mucosa respiratoria, insieme alla proteina M
Fimbrie/ pili	<i>Neisseria gonorrhoeae</i> : i pili di tipo IV facilitano il legame all'epitelio urogenitale  <i>Salmonella</i> spp.: le fimbrie di tipo I facilitano il legame all'epitelio dell'intestino tenue  <i>Escherichia coli</i> patogeni: i fattori antigenici di colonizzazione (CFA), costituenti delle fimbrie, facilitano il legame all'epitelio dell'intestino tenue

# 1. la **MOLTIPLICAZIONE** dei batteri patogeni è legata alla:

## **ADESIVITA'**

proteine associate a FIMBRIE

Proteine extracellulari dello strato "S"

Polisaccaridi CAPSULARI

Proteina M di *Streptococcus pyogenes*

## **Capacità di produrre ENZIMI (aggressive)**

Favoriscono la demolizione dei tessuti dell'ospite permettendo la diffusione del germe.

**IALURONIDASI** (Clostridi, Streptococchi, stafilococchi, Pneumococchi)

**COAGULASI** (*Staphylococcus aureus*)

**CHINASI** (Streptococchi, Stafilococchi)

**COLLAGENASI** (*Clostridium*)

## **Capacità di INIBIRE la FAGOCITOSI**

**CAPSULA** (Pneumococchi, *Haemophilus influenzae*, *Bacillus anthracis*, *Neisseria Meningitidis*)

**LEUCOCIDINE**, danneggiano i leucociti dell'uomo

Produzione di **CATALASI** e **SUPEROSSIDODISMUTASI**

# 1. la **MOLTIPLICAZIONE** dei batteri patogeni è legata alla:

## Capacità di INIBIRE la FAGOCITOSI

**CAPSULA** (Pneumococchi, Haemophilus influenzae, Bacillus ntracis, Neisseria meningitidis)

**LEUCOCIDINE**, danneggiano i leucociti dell'uomo

Produzione di **CATALASI** e **SUPEROSSIDODISMUTASI**

# Azione patogena dei batteri mediata da prodotti del metabolismo

- Danno tissutale aspecifico da prodotti del metabolismo:  
Il metabolismo batterico, specialmente la fermentazione, produce acidi, gas e prodotti tossici per i tessuti

## **2. PRODUZIONE DI TOSSINE**

Responsabili del danno e della  
sintomatologia

- ✓ ESOTOSSINE
- ✓ ENDOTOSSINE

# STRUTTURA MOLECOLARE DELLE ESOTOSSINE

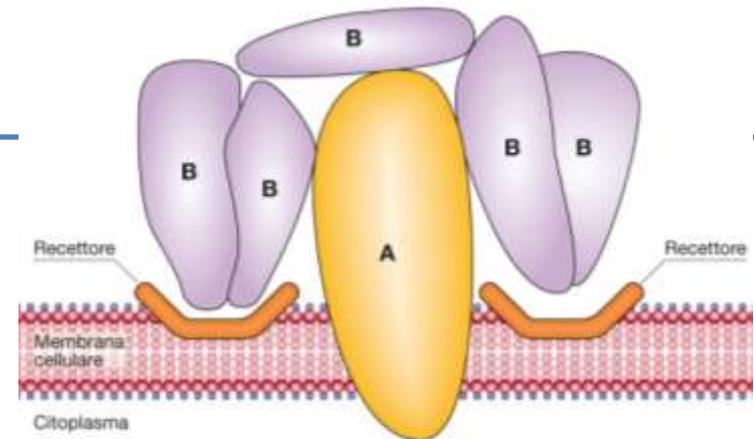
Sono prodotte da batteri **gram+ e gram-** e secrete nell'ambiente esterno, sono di NATURA PROTEICA

Tossine MONOMERICHE: costituite da un'unica molecola proteica

Tossine DIMERICHE: formate da due diversi peptidi il peptide A e B.

Peptide A dotato della azione **TOSSICA**

Peptide B interagisce con i recettori sulla superficie della cellula bersaglio



## ESOTOSSINE

sostanze **PROTEICHE** altamente **ANTIGENICHE** a causa della loro natura proteica.

A seconda del livello e del risultato dell'azione tossica, le varie tossine possono essere classificate in:

- tossine che agiscono a livello extracellulare
- tossine che agiscono a livello della membrana cellulare
- tossine che penetrano nella cellula modificandone la regolazione
- tossine che penetrano nella cellula uccidendola

# Principali gruppi di esotossine (classificate per meccanismo d'azione)

## **Tossine che agiscono a livello della superficie cellulare:**

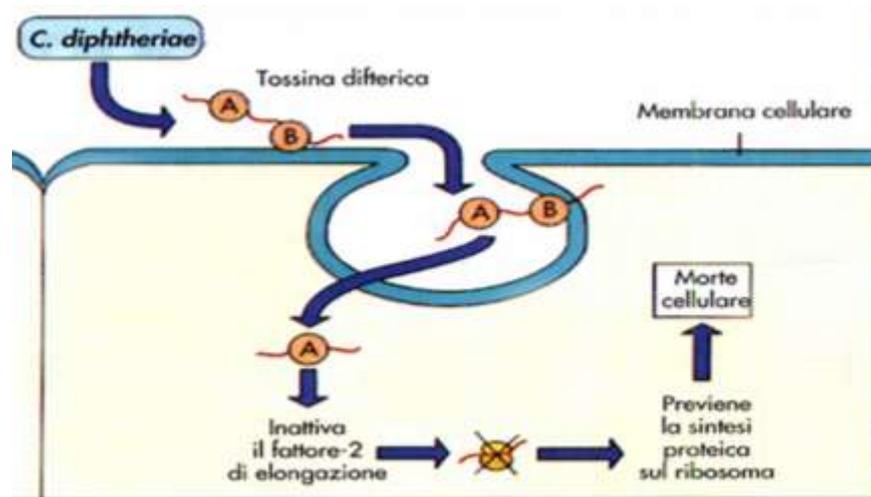
**Le tossine emolitiche (emolisine o citolisine)** sono enzimi che producono pori nella membrana cellulare, digeriscono materiali cellulari, alterano la composizione della membrana

- **Tossina epidermolitica di S. aureus**
- **Tossina alfa di S. aureus**

# Principali gruppi di esotossine (classificate per meccanismo d'azione)

## Tossine che inibiscono la sintesi proteica cellulare:

\* tossina difterica



\* tossina di *Shiga* di *Shigella dysenteriae*

\* tossina A di *Pseudomonas aeruginosa*

# Principali gruppi di esotossine

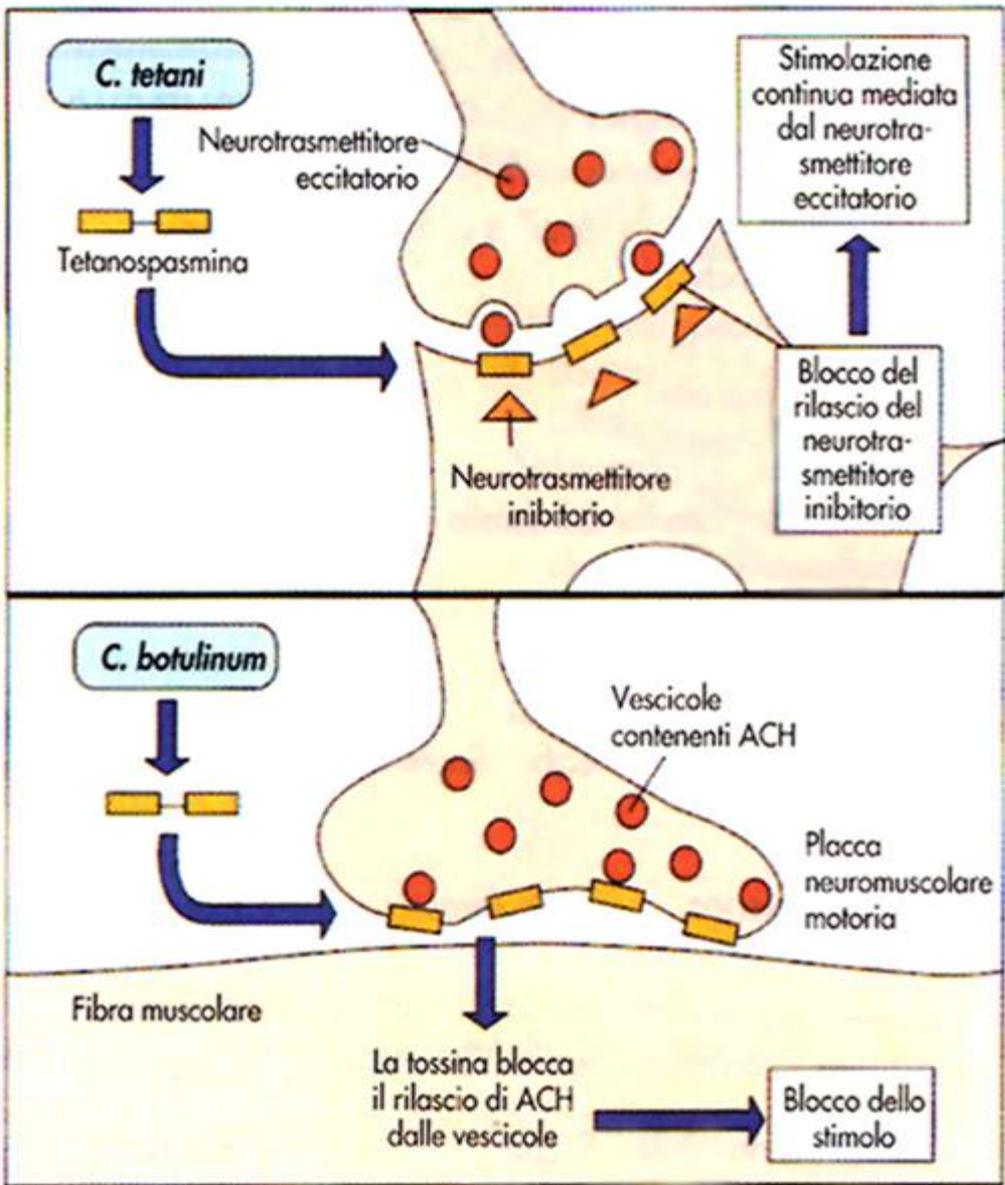
(classificate per meccanismo d'azione)

**Tossine (neurotrope) che interferiscono con il rilascio di neurotrasmettitori:**

\* tossina tetanica

\* tossina botulinica

C Effetti sulla trasmissione neuro-muscolare



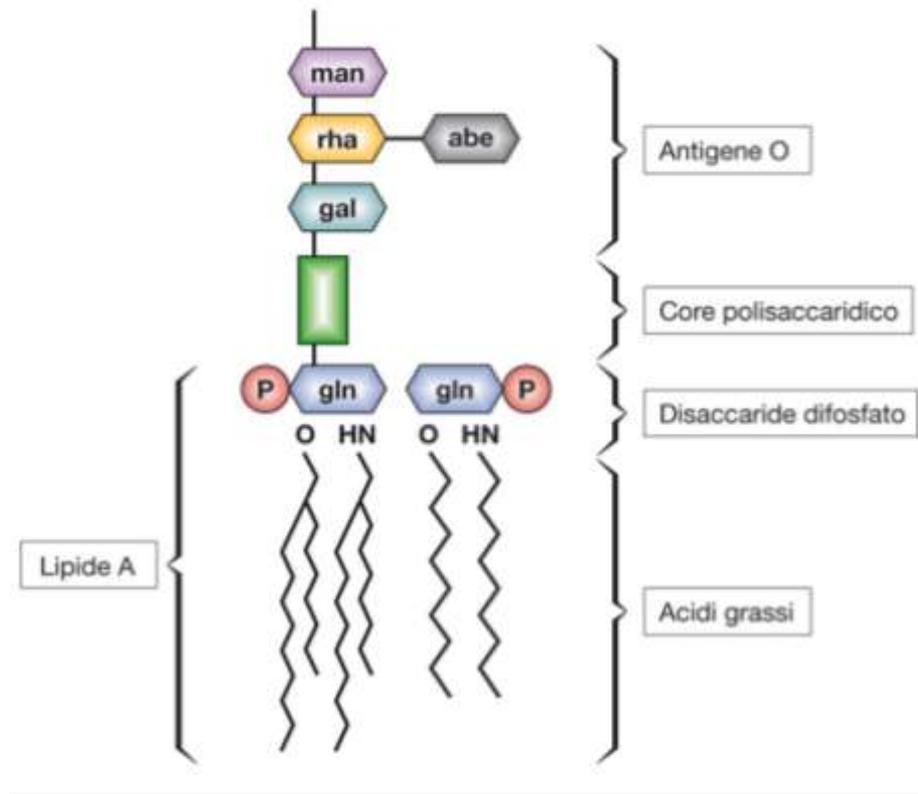
Meccanismo d'azione:

**tossina tetanica:** blocco delle sinapsi inibitorie della contrazione muscolare riflessa

**tossina botulinica:** blocco della trasmissione dell'impulso a livello della giunzione neuromuscolare

- ***Le anatoxine o tossoidi*** sono tossine proteiche batteriche alle quali è stato artificialmente eliminato il potere tossico preservando le proprietà antigeniche
- Sono i costituenti dei principali vaccini antibatterici (vaccino antitetanico, antidifterico e antipertosse)

L'**endotossina** e' il lipolisaccaride (LPS) che costituisce il rivestimento esterno dei batteri gram **negativi**



## Tossicità mediata dall'endotossina

Febbre

Leucopenia seguita da leucocitosi

Attivazione del complemento

Trombocitopenia

Coagulazione intravascolare disseminata

Decremento della circolazione periferica e perfusione verso  
gli organi maggiori

Shock

Morte

**Tabella 6.6** Caratteristiche differenziali delle esotossine e delle endotossine.

Proprietà	Esotossine	Endotossine
Proprietà chimiche	Proteine secrete dai batteri patogeni (sia gram-positivi che gram-negativi)	Complessi lipopolisaccaridici/lipoproteici della membrana esterna dei batteri gram-negativi e componenti della parete dei gram-positivi, rilasciati in seguito a lisi della cellula
Modalità d'azione	Specifiche; generalmente si legano a specifiche strutture o recettori cellulari	Generale
Immunogenicità	Altamente immunogeniche; stimolano la produzione di anticorpi neutralizzanti (antitossine)	Relativamente meno immunogeniche; spesso non in grado di indurre una risposta immunitaria neutralizzante
Potenzialità del tossoide	Il trattamento delle tossine con formaldeide elimina la tossicità, conservando il potere immunogenico	Nessuna
Attività piretica	Non inducono febbre nell'ospite	Spesso inducono febbre nell'ospite