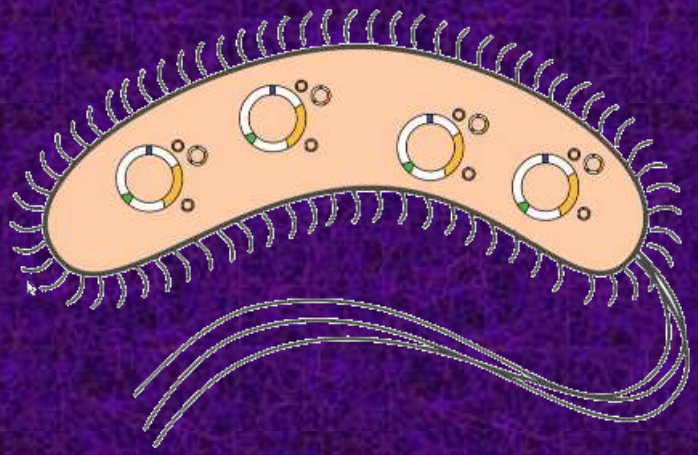
FISIOLOGÍA BACTERIANA



Relación en las bacterias

LA RELACIÓN EN LAS BACTERIAS

FUNCIONES DE RELACIÓN DE LAS BACTERIAS

- Las bacterias responden a un número elevado de estímulos ambientales diversos mediante modificaciones de su actividad metabólica o de su comportamiento. Ciertas clases, ante los estímulos adversos del ambiente, provocan la formación de **esporas de resistencia**, que, al ser intracelulares, se denominan **endosporas**.

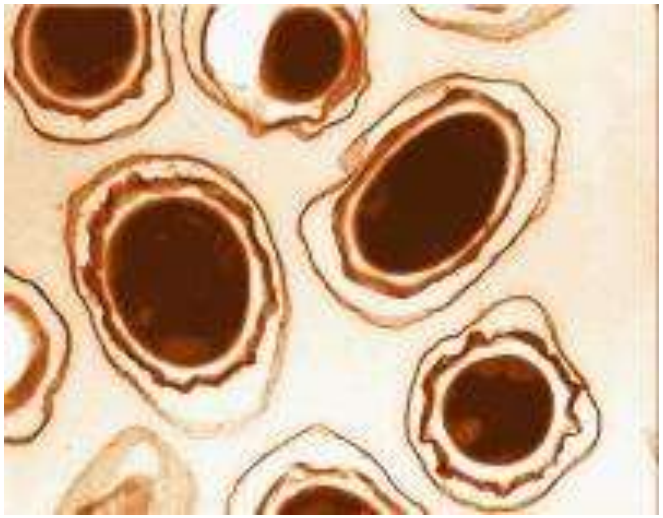
- Las endosporas bacterianas son estructuras destinadas a proteger el ADN y el resto del contenido protoplasmático, cuya actividad metabólica se reduce al estado de vida latente; pueden resistir temperaturas de hasta 80ºC y soportan la acción de diversos agentes físicos y químicos. En condiciones favorables germinan y dan lugar a una nueva bacteria (forma vegetativa).

Fototactismo
Quimiotactismo

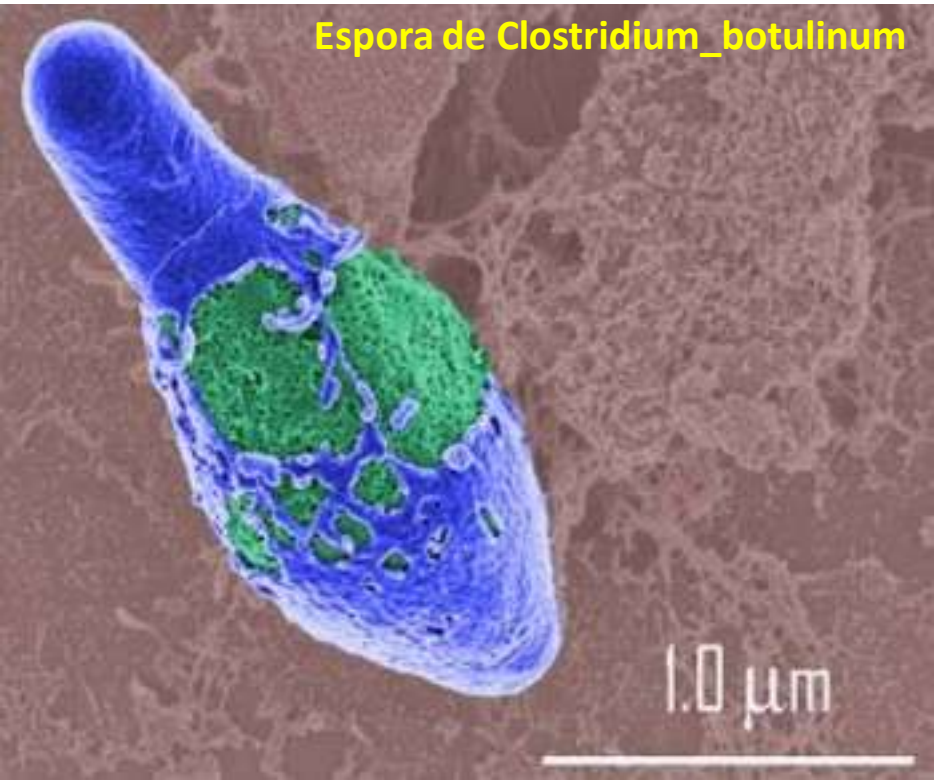
- Pero la respuesta más generalizada consiste en movimientos de acercamiento o distanciamiento respecto a la fuente de los estímulos (**taxias**) que pueden ser de varios tipos: **flagelar**, de **reptación** o **flexuosos** (parecido al de las serpientes, pero en espiral).

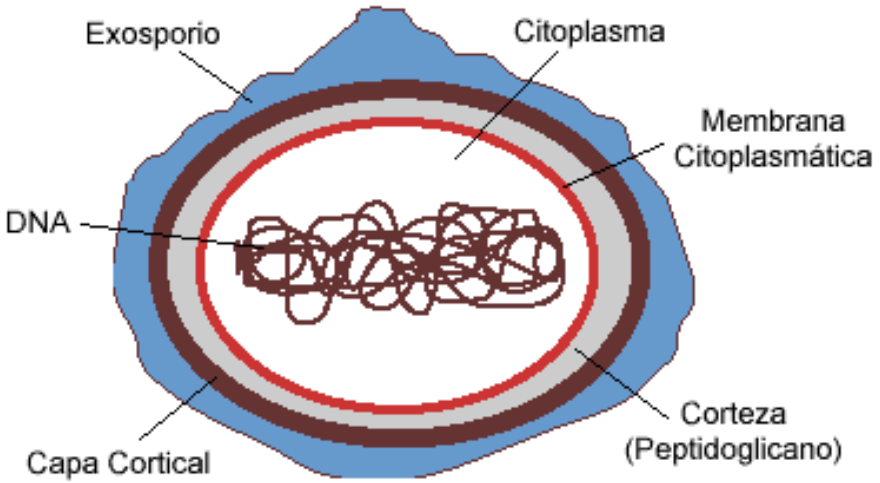
ESPORAS BACTERIANAS DE RESISTENCIA

La endospora protege al ADN ,y al destruirse la bacteria forma una exospora, quedando en un estado de vida latente llamado criptobiosis.



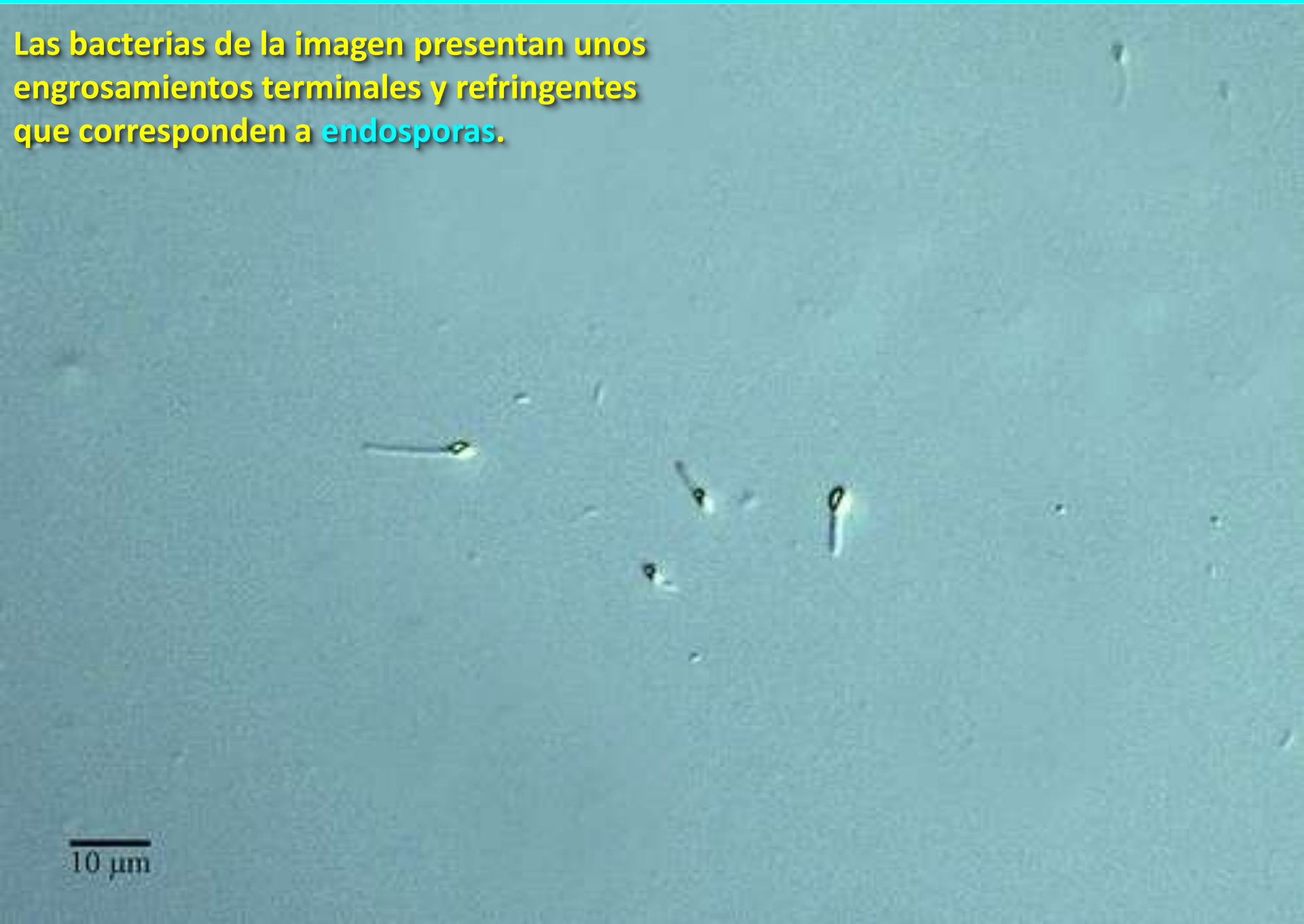
Esporas de la bacteria *Bacillus anthracis*





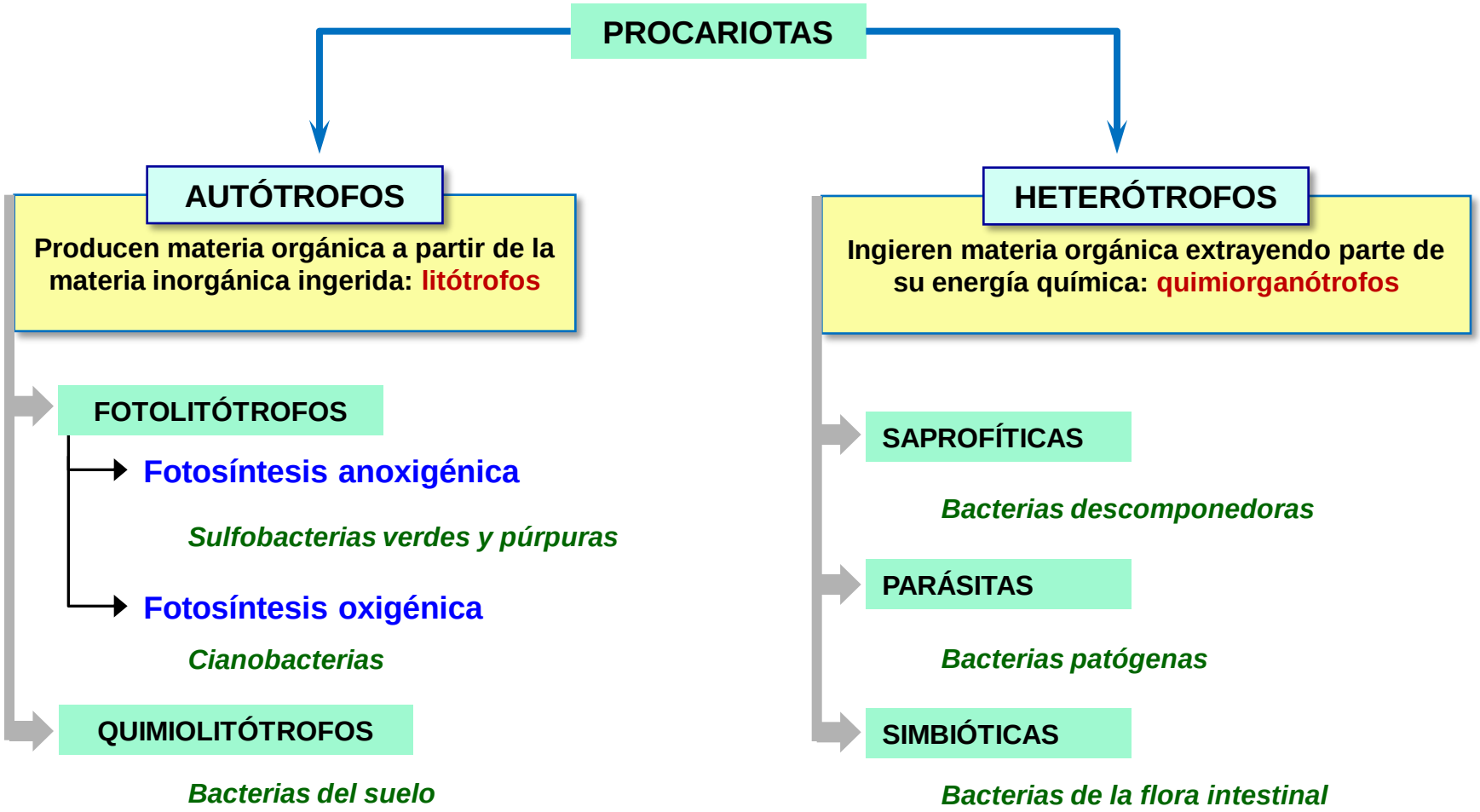
ESPORAS BACTERIANAS DE RESISTENCIA

Las bacterias de la imagen presentan unos engrosamientos terminales y refringentes que corresponden a endosporas.



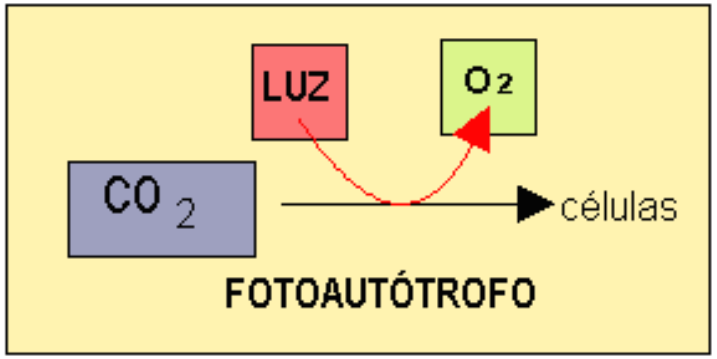
Nutrición en las bacterias

NUTRICIÓN EN LAS BACTERIAS

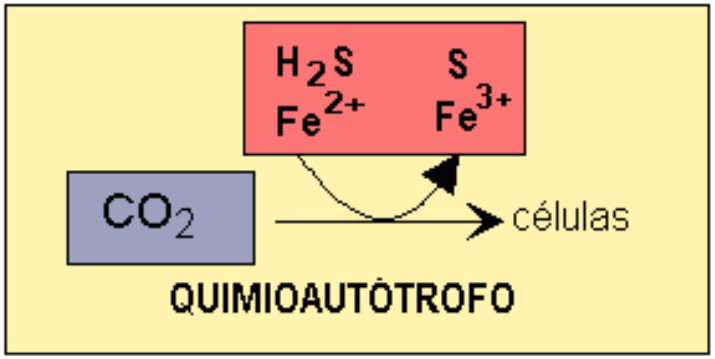


NUTRICIÓN EN LAS BACTERIAS

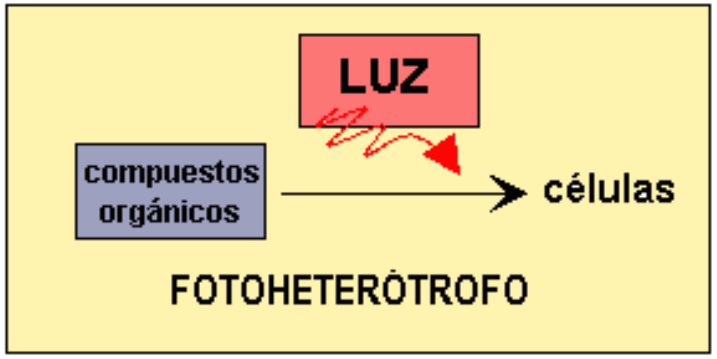
Tipos de nutrición { autótrofa (fotosintética, quimiosintética)
heterótrofa (simbiótica, parásita, saprófita)



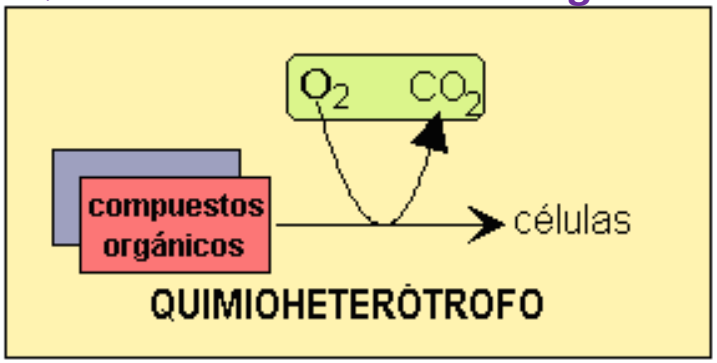
Fuente de E → luz



E → oxidaciones de sust. inorgánicas



Origen de la E → luz



Origen de la E → nutrientes orgánicos

Bacterias { aerobias
anaerobias (estrictas o facultativas) → fermentaciones

FUNCIONES DE NUTRICIÓN BACTERIANA	
AUTÓTROFAS: Emplean compuestos inorgánicos para sintetizar compuestos orgánicos.	**Las autótrofas fotosintéticas**, como las bacterias sulfurosas verdes y purpúreas. No utilizan agua como dador de electrones en la fotosíntesis, sino otros compuestos, como el sulfuro de hidrógeno, y no producen oxígeno. Al poseer pigmentos que absorben luz casi infrarroja, pueden realizar la fotosíntesis prácticamente sin luz visible.
	Las autótrofas quimiosintéticas, a diferencia de las fotosintéticas, utilizan la energía que desprenden ciertos compuestos inorgánicos al oxidarse
HETERÓTROFAS: Emplean compuestos orgánicos para sintetizar sus propios compuestos orgánicos.	Las bacterias de vida libre suelen ser **saprófitas**, viven sobre materia orgánica muerta.
	Muchas viven en relación estrecha con otros organismos. De ellas, la mayoría son **comensales** y no causan daños ni aportan beneficios a su huésped; algunas son **parásitas** (producen enfermedades) y otras son **simbiontes**.

Independientemente del tipo de nutrición, las bacterias pueden necesitar el oxígeno atmosférico (**bacterias aerobias**) o no (**bacterias anaerobias**). Para algunas bacterias anaerobias el oxígeno es un gas venenoso (**anaerobias estrictas**), otras lo utilizan cuando está presente, aunque pueden vivir sin él (**anaerobias facultativas**).

BACTERIAS QUIMIOLITRÓTOFAS (QUIMIOSINTÉTICAS)

Obtienen la E de la oxidación de sustratos inorgánicos (H_2, NH_3, NO_2^-, H_2S, S, $S_2O_3^{2-}$, Fe_2^+) que se comportan como dadores de electrones. Incluyen las bacterias del suelo, que juegan un papel decisivo en los ciclos biogeoquímicos.

Bacterias del H y del metano

Pueden utilizar el H_2, o el metano como fuente de electrones, siendo *quimioautótrofas facultativas*.

Bacterias nitrificantes

Oxidan el amoniaco procedente de las descomposición de los cadáveres de animales y plantas o del estiércol…, y liberan nitratos (NO_3^-), que pueden ser asimilados por las plantas.

Bacterias sulfatizantes o incoloras del S

Oxidan S o alguno de sus derivados en estado reducido y lo transforman en ácido sulfúrico y sulfatos. Son *aerobias obligadas.*

BACTERIAS DEL HIDRÓGENO

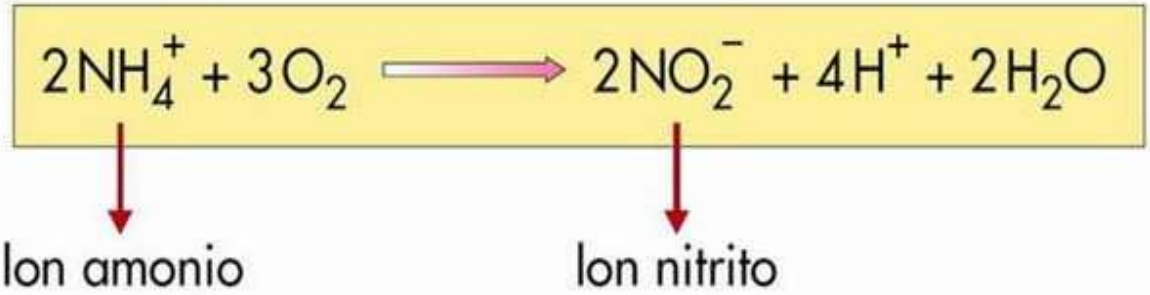
- **BACTERIAS DEL HIDRÓGENO**
  - Oxidan el ácido nítrico a nitrógeno, etc.

$$5H_2 + HNO_3 \longrightarrow N_2 + 6H_2O$$

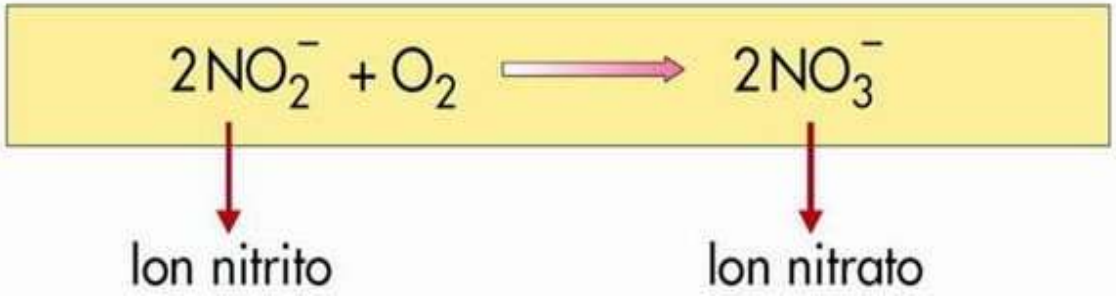
Ácido nítrico — Nitrógeno

BACTERIAS DEL NITRÓGENO O NITRIFICANTES

- **BACTERIAS NITRIFICANTES**
  - ***Nitrosomonas:*** Oxidan compuestos que contienen amoniaco en disolución que se encuentra como ion amonio a nitrito.

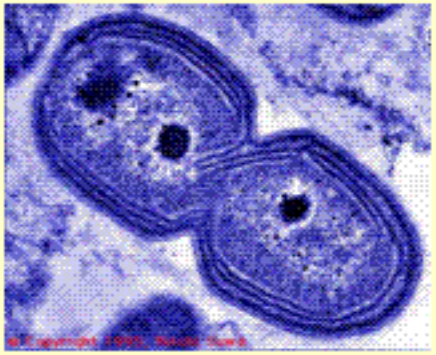


  - ***Nitrobácter:*** Oxida el ion nitrito a ion nitrato.



BACTERIAS DEL NITRÓGENO O NITRIFICANTES

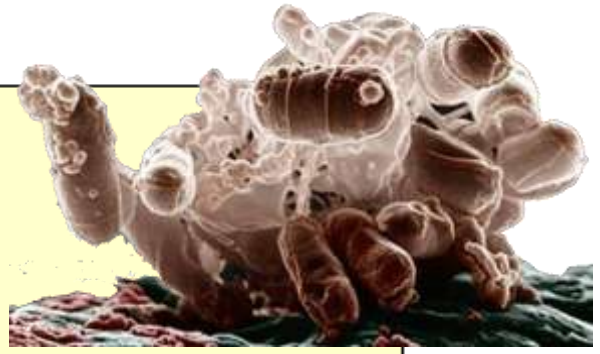
Bacterias nitrosificantes y nitrificantes: Estas bacterias viven, sobre todo, en los suelos en donde transforman los compuestos reducidos de nitrógeno en compuestos oxidados.



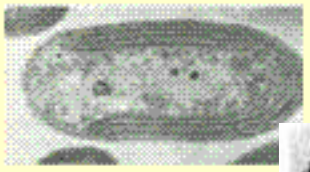
nitrosomonas

$NH_3 \longrightarrow NO^-_2$

Nitritos



Bacteria nitrosificante



nitrobacter

$NO^-_2 \longrightarrow NO^-_3$

Nitratos

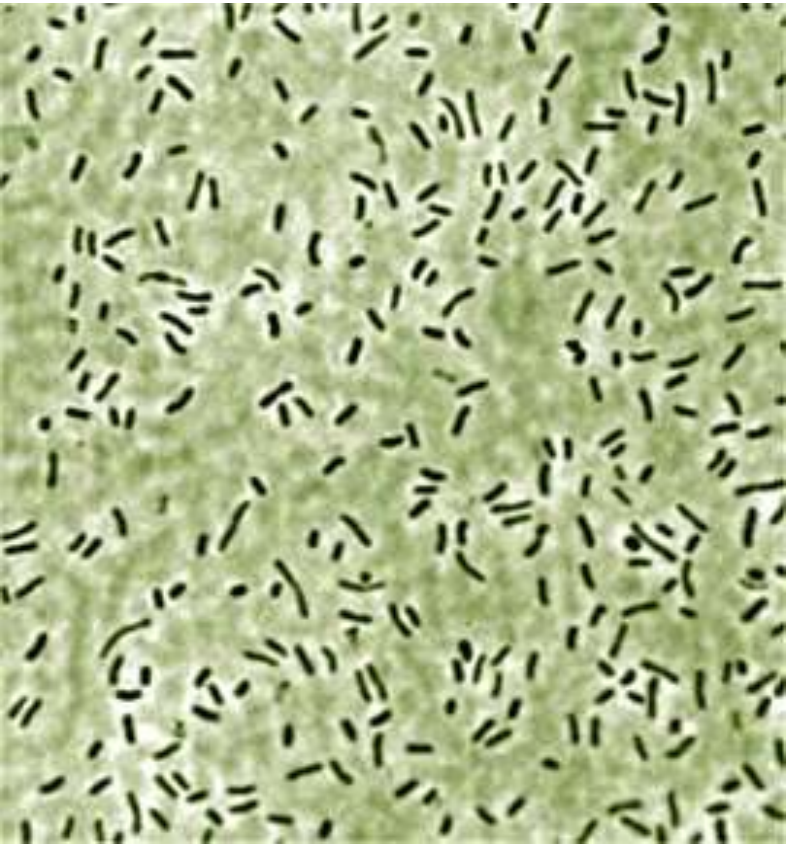
Bacteria nitrificante

BACTERIAS DEL S O SULFATIZANTES

- **SULFOBACTERIAS**
  - Oxidan compuestos reducidos de azufre o azufre según las reacciones siguientes:

$$H_2S + 2O_2 \longrightarrow 2SO_4^{-2} + 2H^+$$

$$2S + 2H_2O + 3O_2 \longrightarrow 2SO_4^{-2} + 4H^+$$



Yellowstone

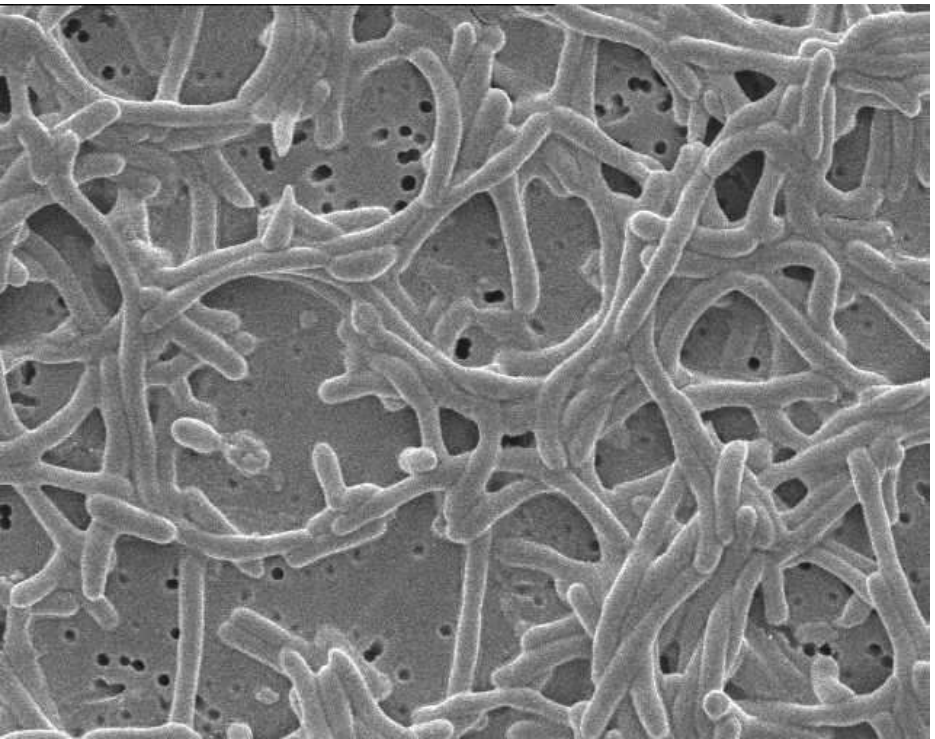
BACTERIAS DEL HIERRO

- **FERROBACTERIAS**
  - Oxidan el ion ferroso a ion férrico

$$4Fe^{+2} + 4H^{+} + O_2 \longrightarrow 4Fe^{+3} + 2H_2O$$

Ion ferroso — Ion férrico

Corrosión por las ferrobacterias



ASIMILACIÓN REDUCTORA DEL C Y DEL N

La asimilación de los sustratos inorgánicos produce E que es utilizada por las bacterias para la síntesis de ATP y NAPH (o NADH en otros casos), que luego usarán para la asimilación reductora del C y del N.

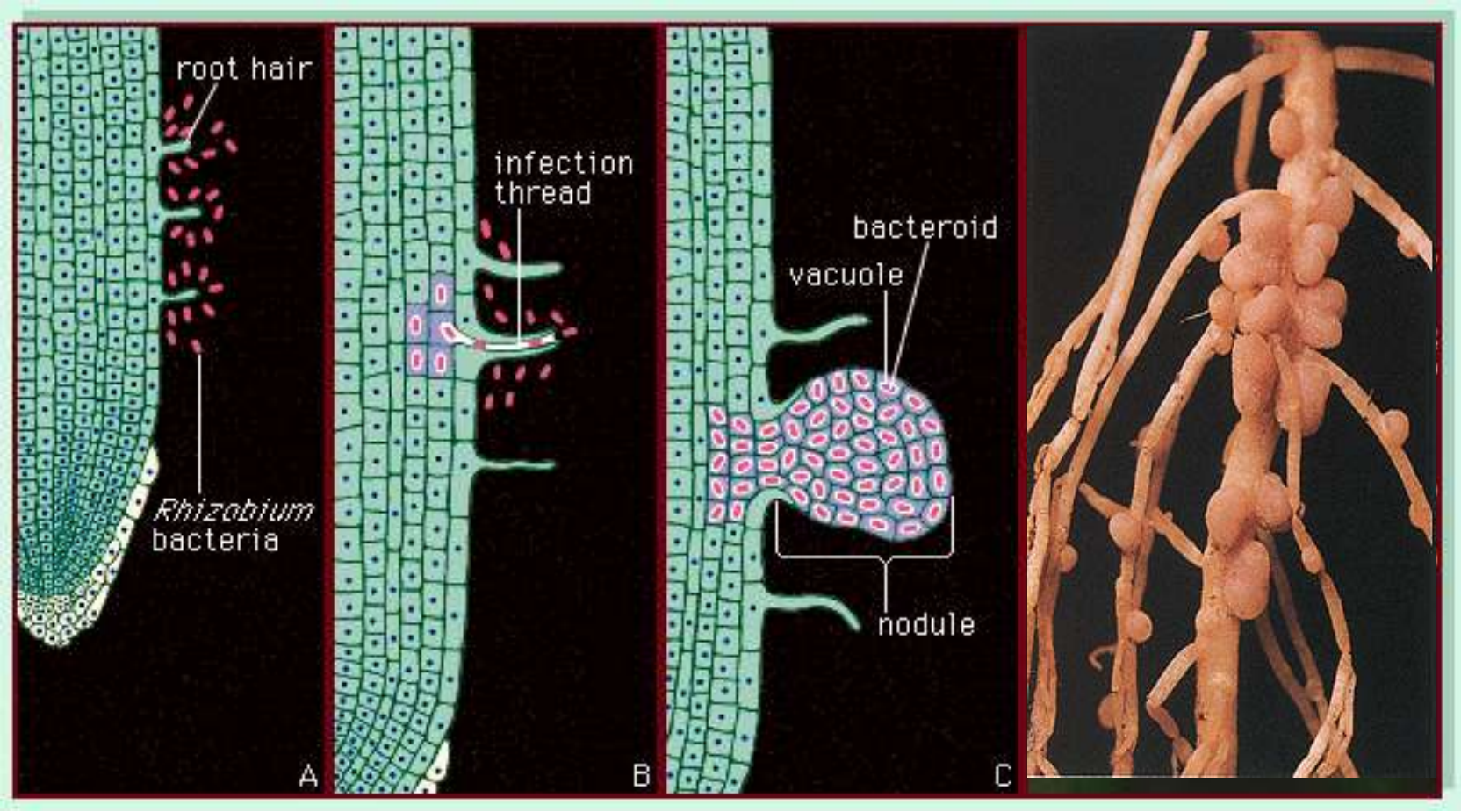
La asimilación reductora del C se realiza en el ciclo de Calvin, del mismo modo que las plantas.

Para la asimilación reductora del N, la mayoría de las bacterias, al igual que las plantas, deben reducir los nitratos a nitritos, y éstos a amoniaco para incorporarlo como grupo amino de los nuevos aminoácidos y demás compuestos nitrogenados.

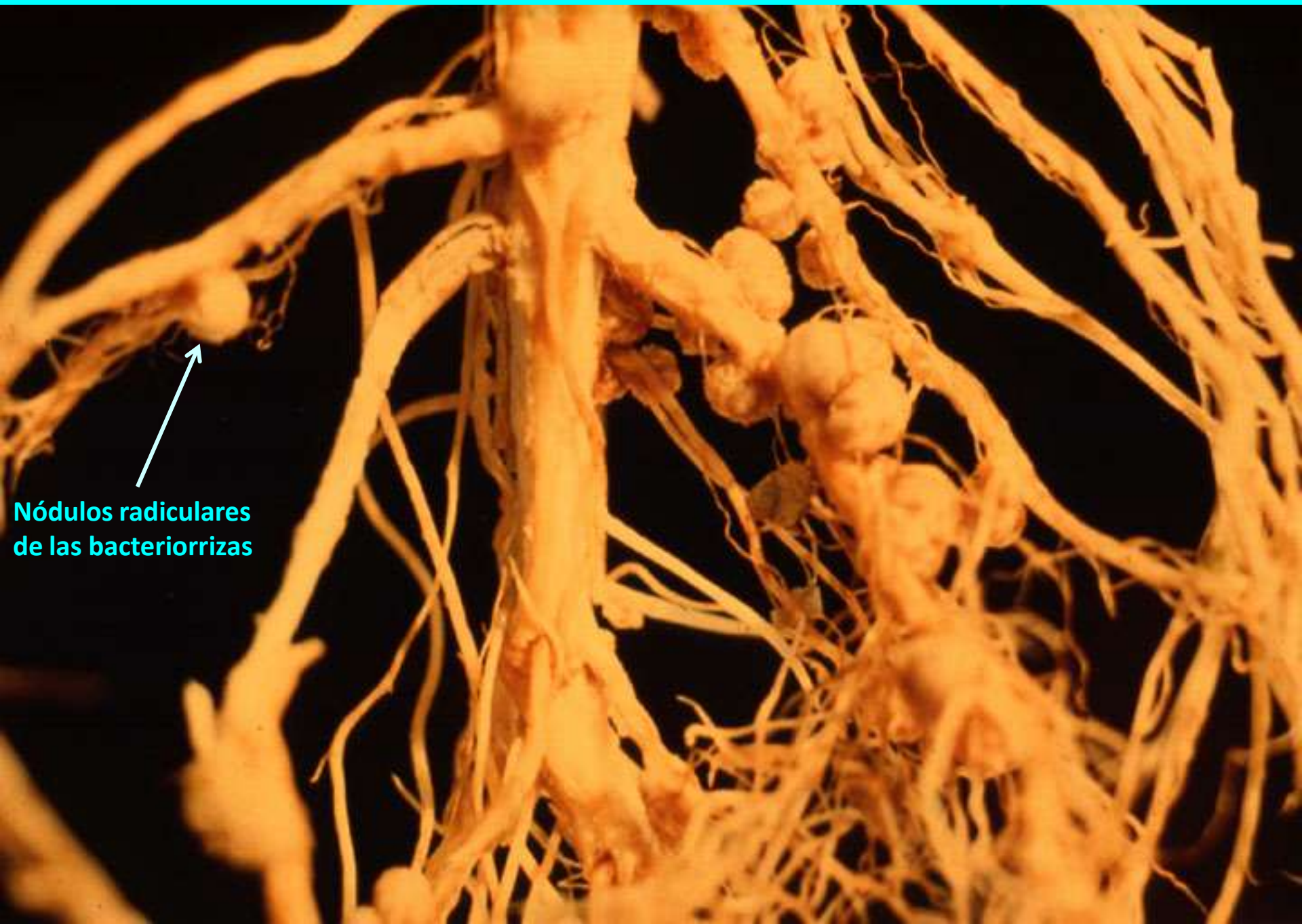
Pero un grupo de bacterias (*Rhizobium sp*, cianobacterias y las bacterias fotosintéticas) son capaces de reducir directamente el N atmosférico y fijarlo como *N orgánico* en sus compuestos nitrogenados.

BACTERIAS DEL GÉNERO *RHIZOBIUM*

Hay una *simbiosis* entre las bacterias del género *Rhizobium*, fijadoras de N atmosférico, y las *raíces* de las Leguminosas (bacteriorrizas), donde las bacterias forman nódulos radiculares.



BACTERIORRIZAS

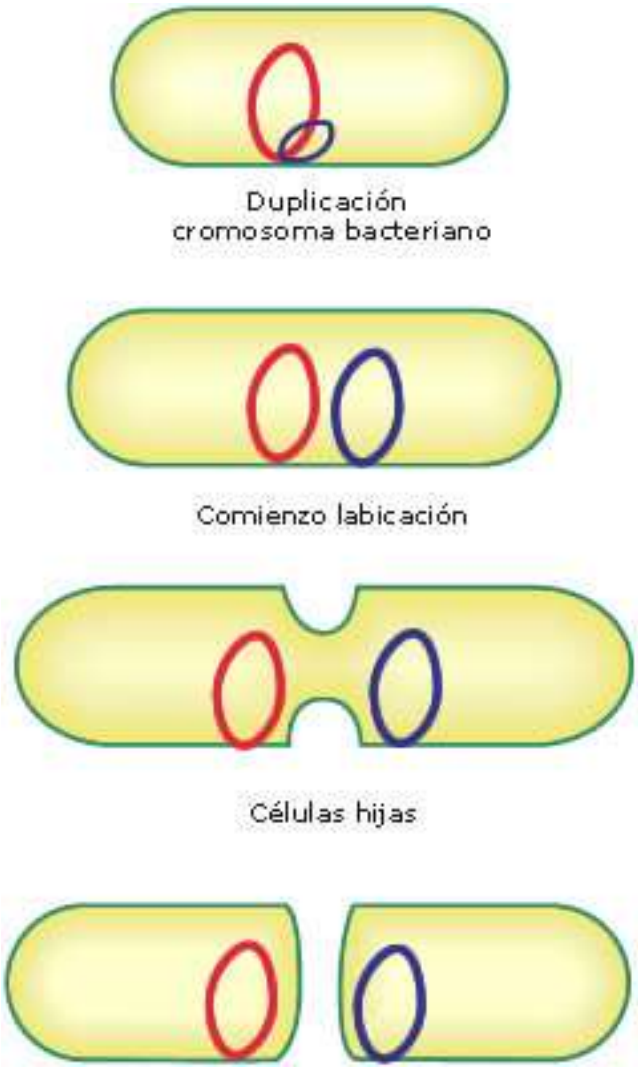


Reproducción de las bacterias

Mecanismos { asexuales / parasexuales

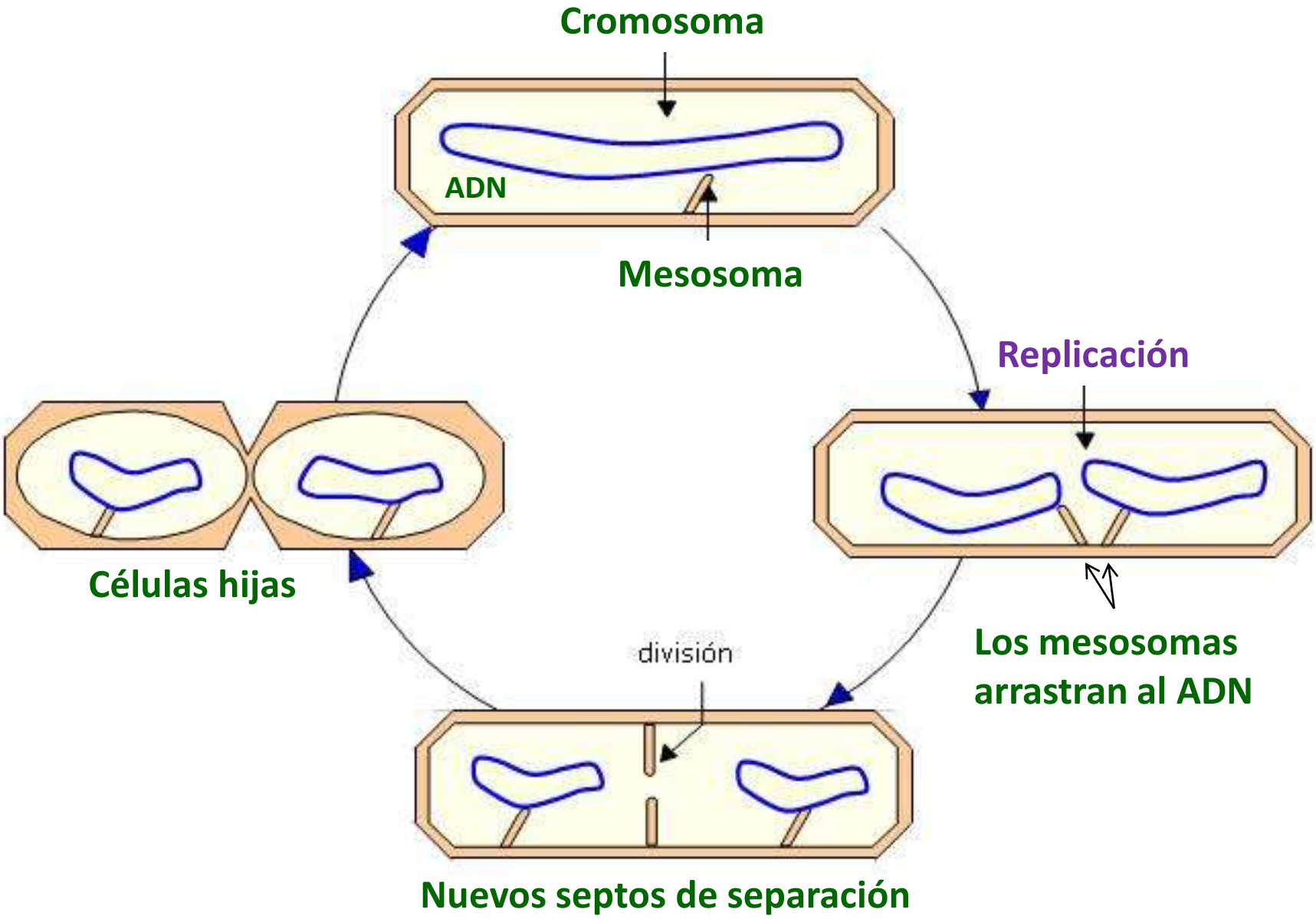
FUNCIONES DE REPRODUCCION Y GENÉTICA BACTERIANA	
Reproducción por bipartición	Generalmente las bacterias se multiplican por bipartición o división binaria; tras la replicación del ADN, que está dirigida por la ADN polimerasa de los mesosomas, la pared bacteriana crece hasta formar un tabique transversal que separa las dos nuevas bacterias.
Mecanismos parasexuales → **Intercambio genético horizontal** → **Nuevos rasgos heredables**	**Conjugación**. Es un mecanismo mediante el cual una **bacteria donadora** (bacteria F+ por tener un plásmido llamado plásmido F) transmite a través de las fimbrias o pili el plásmido F o también un fragmento de su ADN a otra **bacteria receptora**, a la que llamaremos F-, por no tener el plásmido F). La bacteria F- se convertirá así en F+ al tener el plásmido F e incluso podrá adquirir genes de la bacteria F+ que hayan pasado junto con el plásmido F. **El plásmido F se dice conjugable (puede ser un episoma).**
	Transformación. Consiste en el intercambio genético producido cuando una bacteria es capaz de captar fragmentos de ADN de otra bacteria que se encuentran dispersos en el medio donde vive. Sólo algunas bacterias pueden ser transformadas. Las que pueden serlo se dice que son competentes.
	Transducción. En este caso la transferencia de material genético de una bacteria a otra, se realiza a través de un virus bacteriófago que por azar lleva un trozo de ADN bacteriano y se comporta como un vector intermediario entre las dos bacterias (ver ciclo lítico de un fago). El virus, al infectar a otra bacteria, le puede transmitir parte del genoma de la bacteria anteriormente infectada.

REPRODUCCIÓN BACTERIANA ASEXUAL POR BIPARTICIÓN

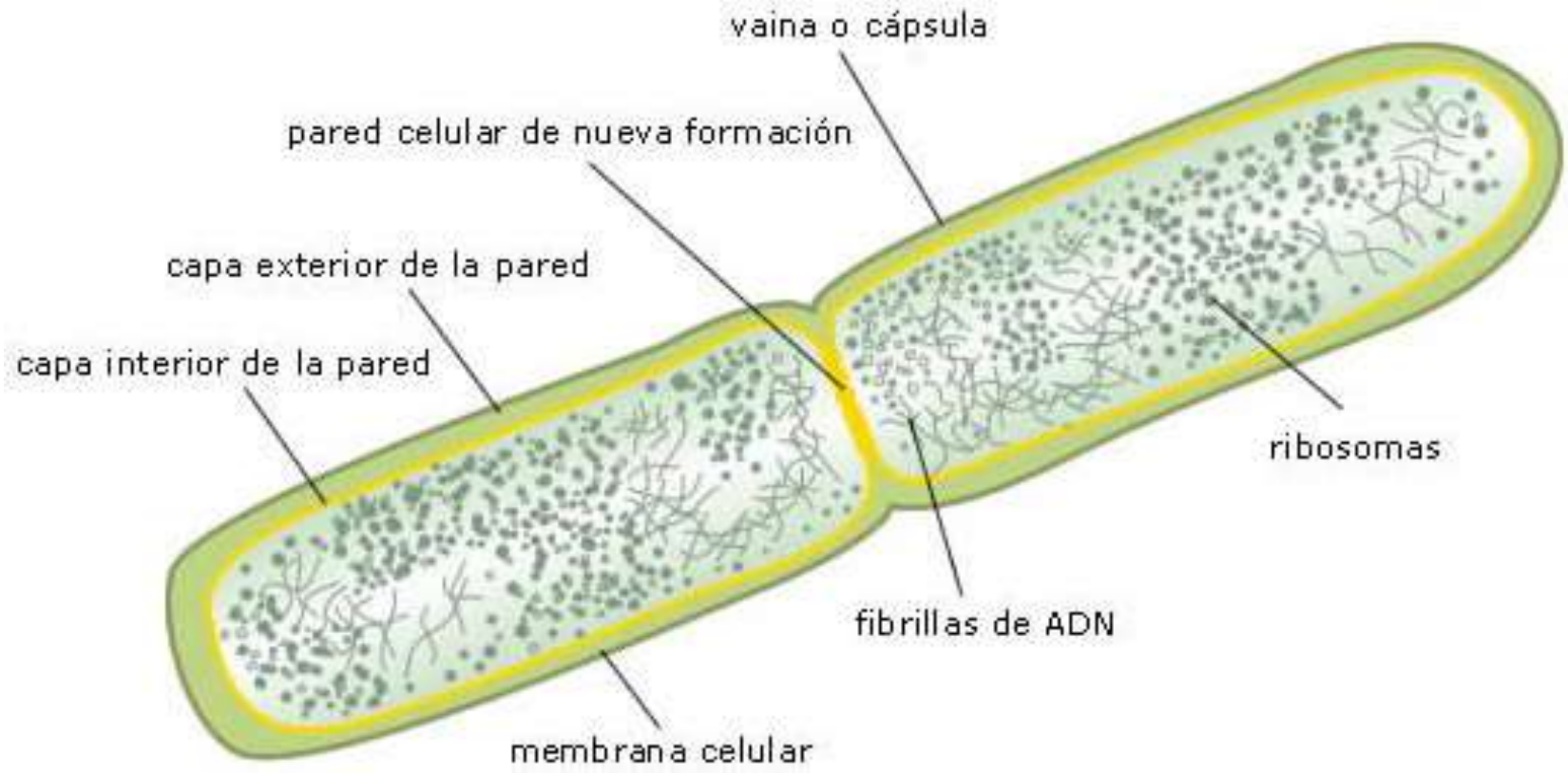


La reproducción asexual por bipartición o fisión binaria da lugar a *clones*. Tienen una gran velocidad de reproducción.

Reproducción por bipartición



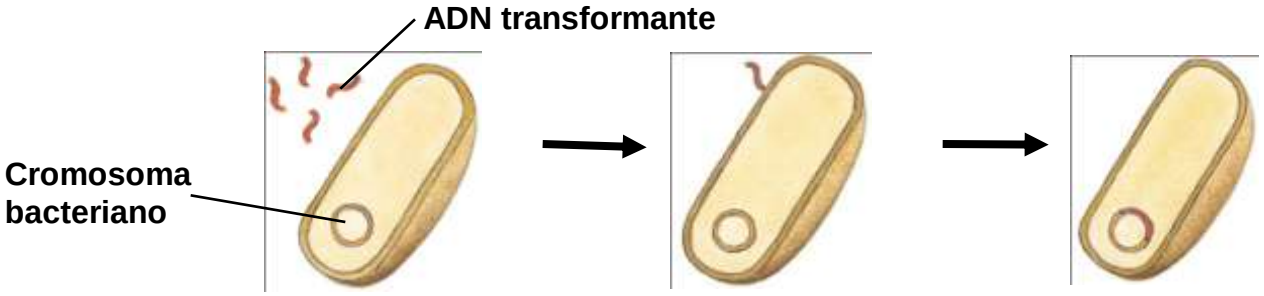
REPRODUCCIÓN BACTERIANA ASEXUAL POR BIPARTICIÓN



MECANISMOS DE TRANSFERENCIA GÉNICA PARASEXUALES

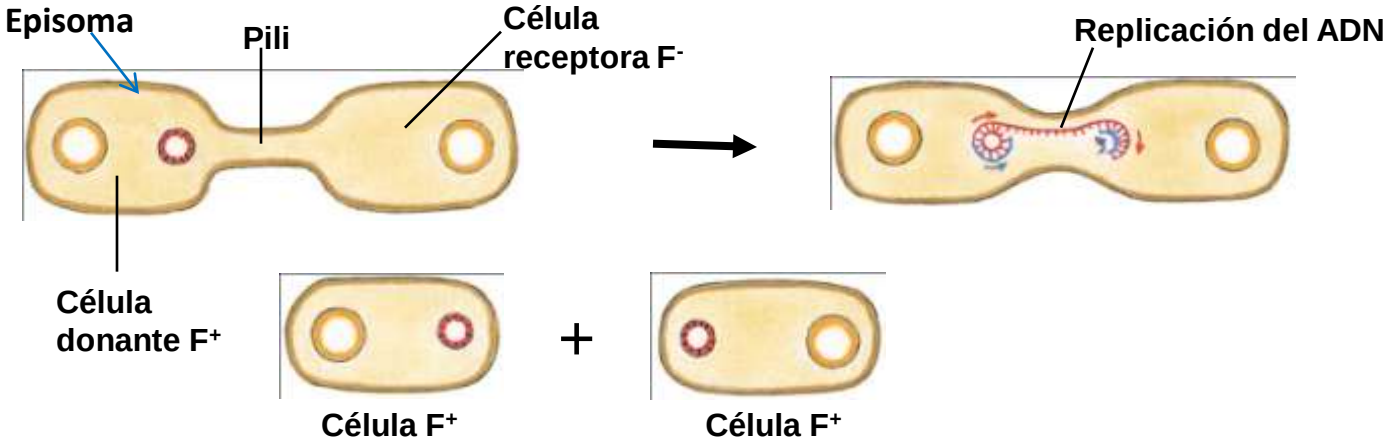
TRANSFORMACIÓN

La célula receptora capta del medio ADN libre procedente de otra célula.



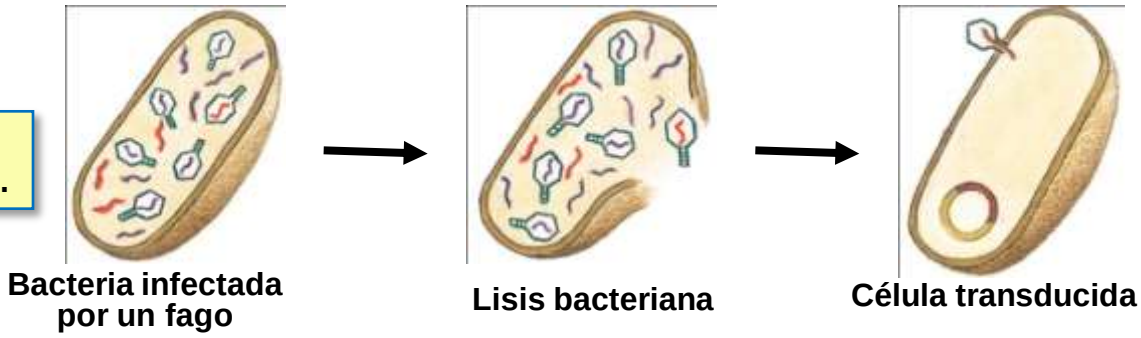
CONJUGACIÓN

Se realiza contacto físico entre la célula donante y la receptora transfiriéndose un plásmido.



TRANSDUCCIÓN

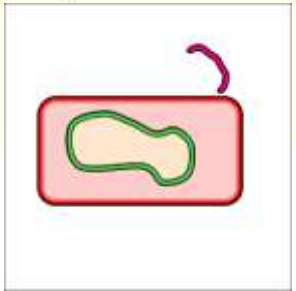
El vector de transferencia genética es un bacteriófago.

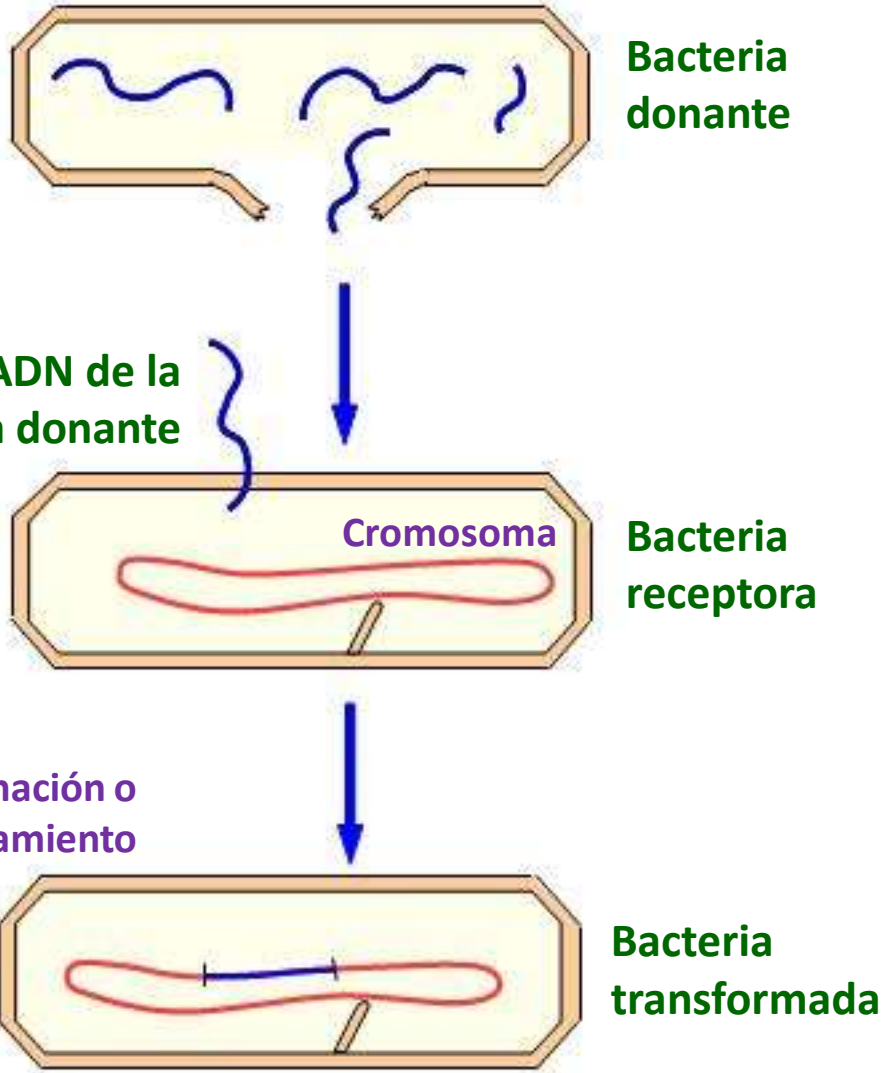


Transformación

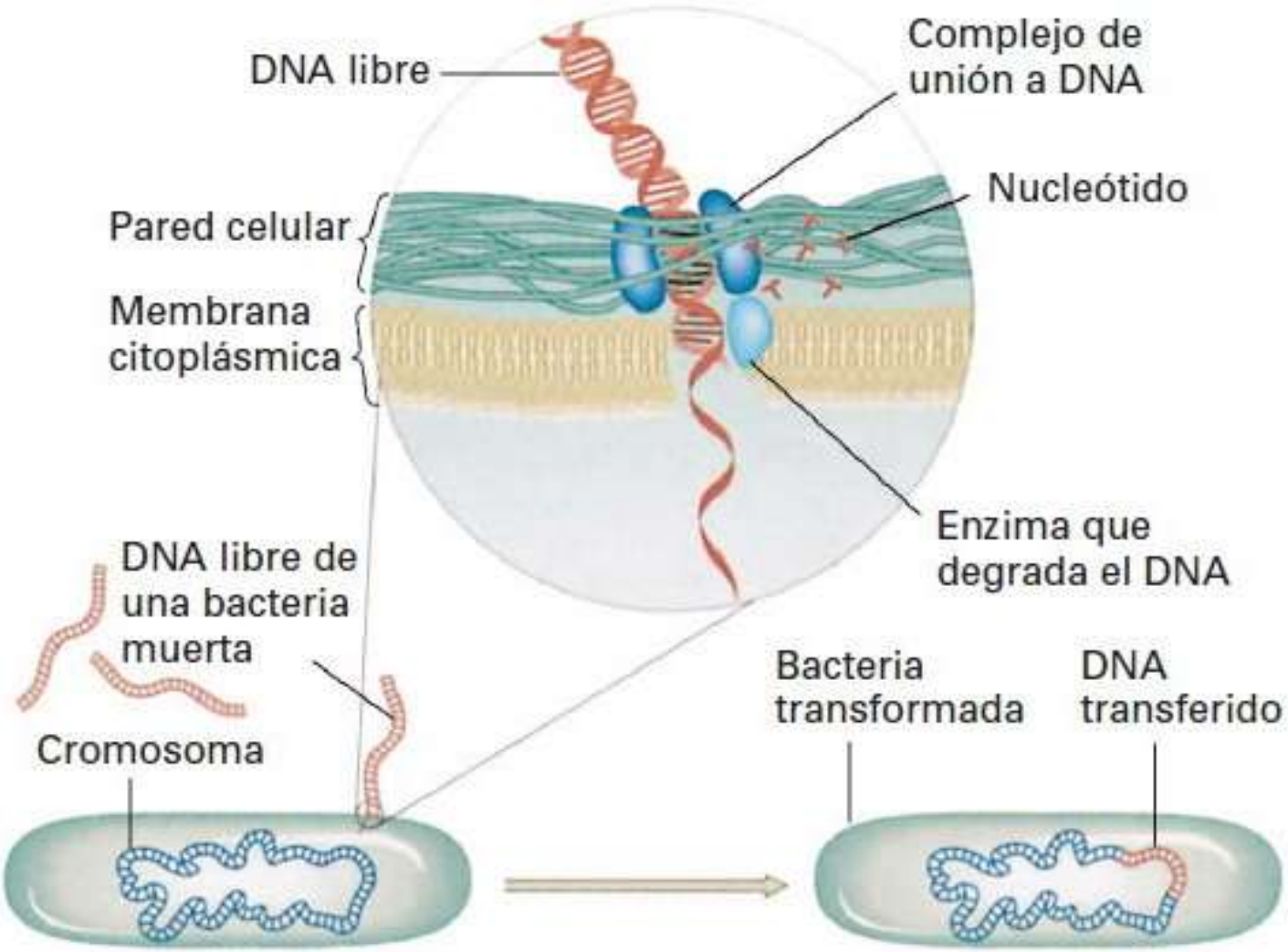
Transformación bacteriana

Consiste en el intercambio genético producido cuando una bacteria es capaz de captar fragmentos de ADN de otra bacteria que se encuentran dispersos en el medio donde vive. Sólo algunas bacterias pueden ser transformadas. Las que pueden serlo se dice que son competentes.

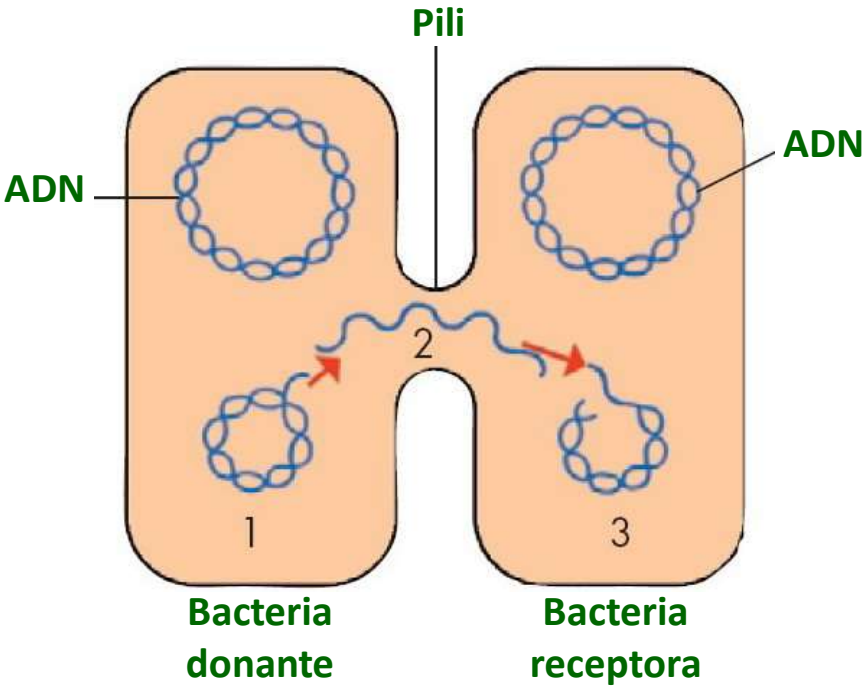


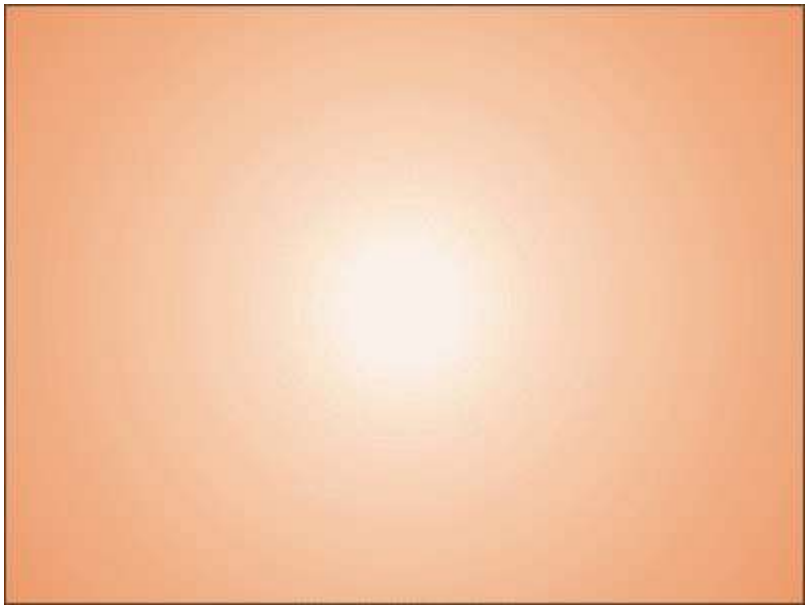


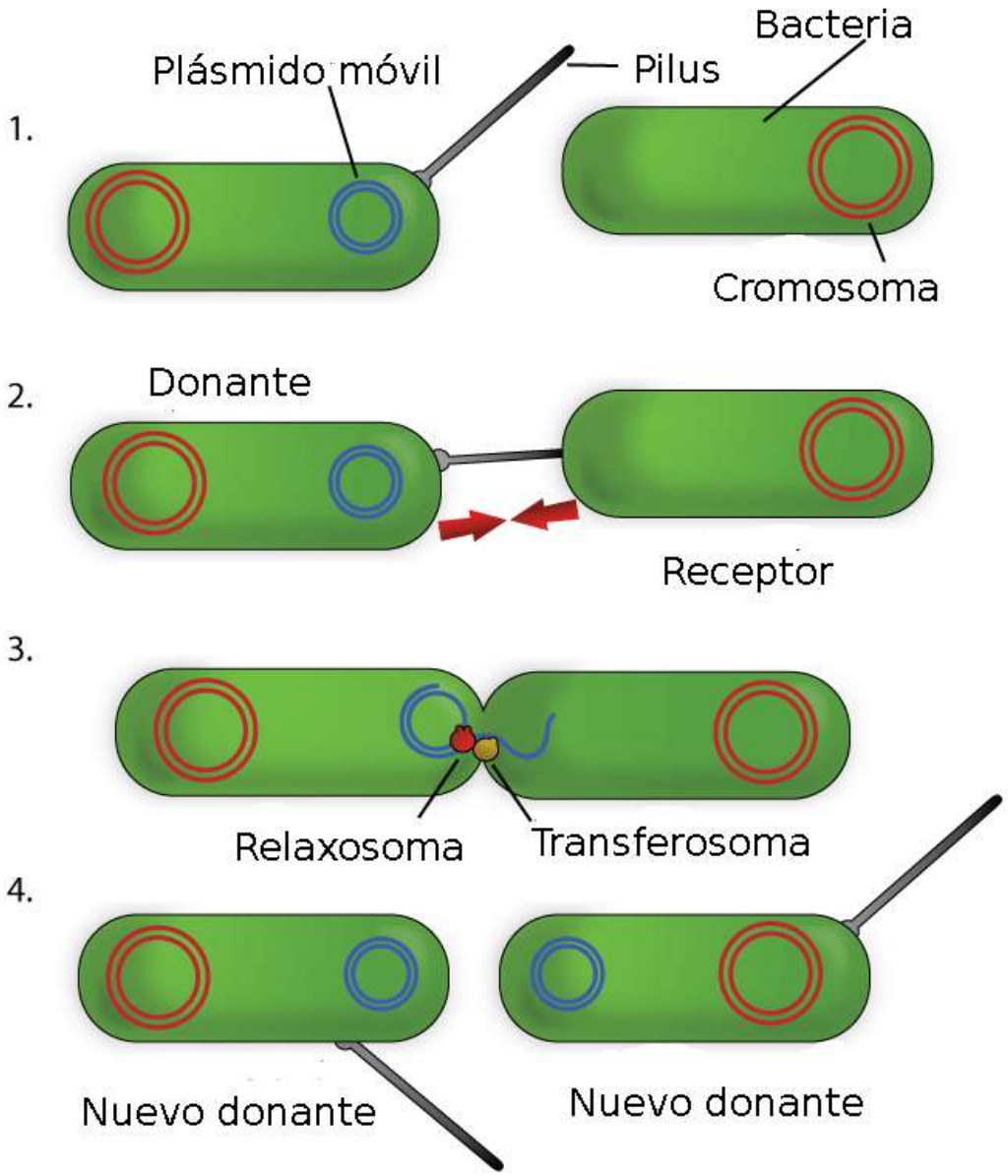
TRANSFORMACIÓN



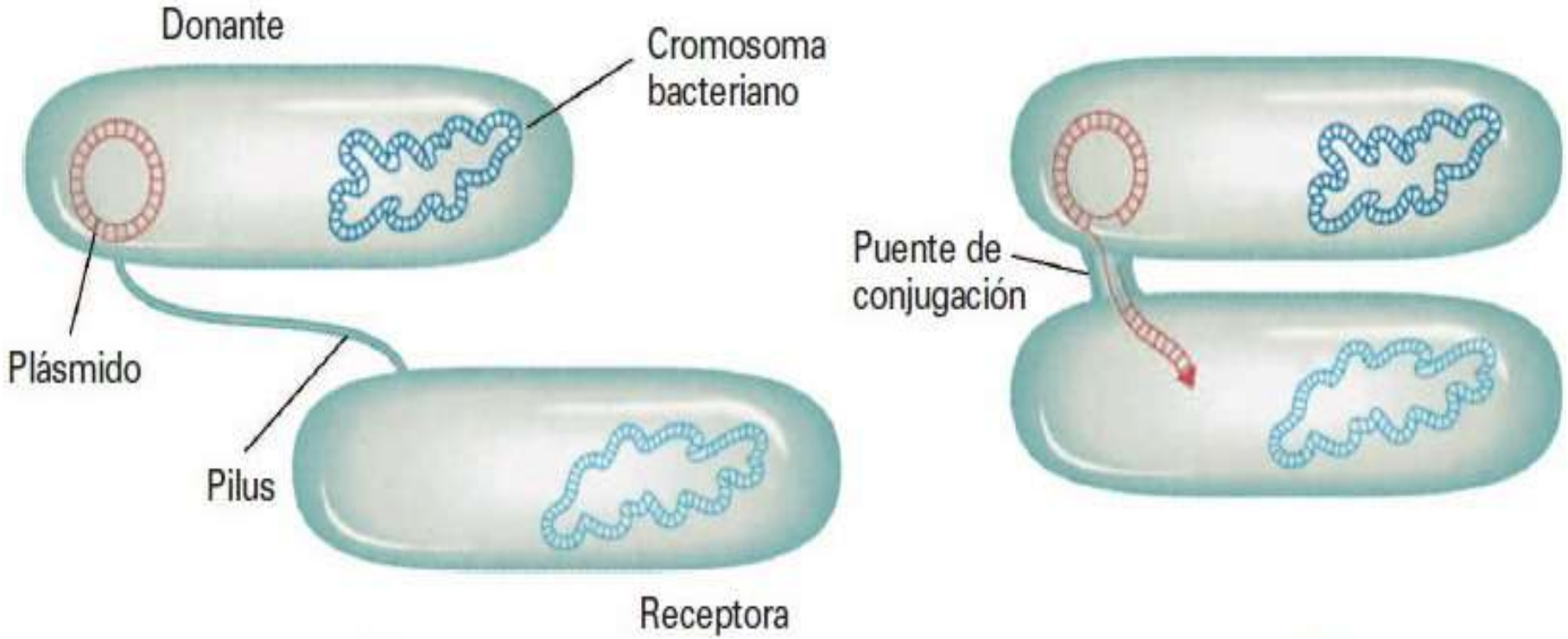
CONJUGACIÓN



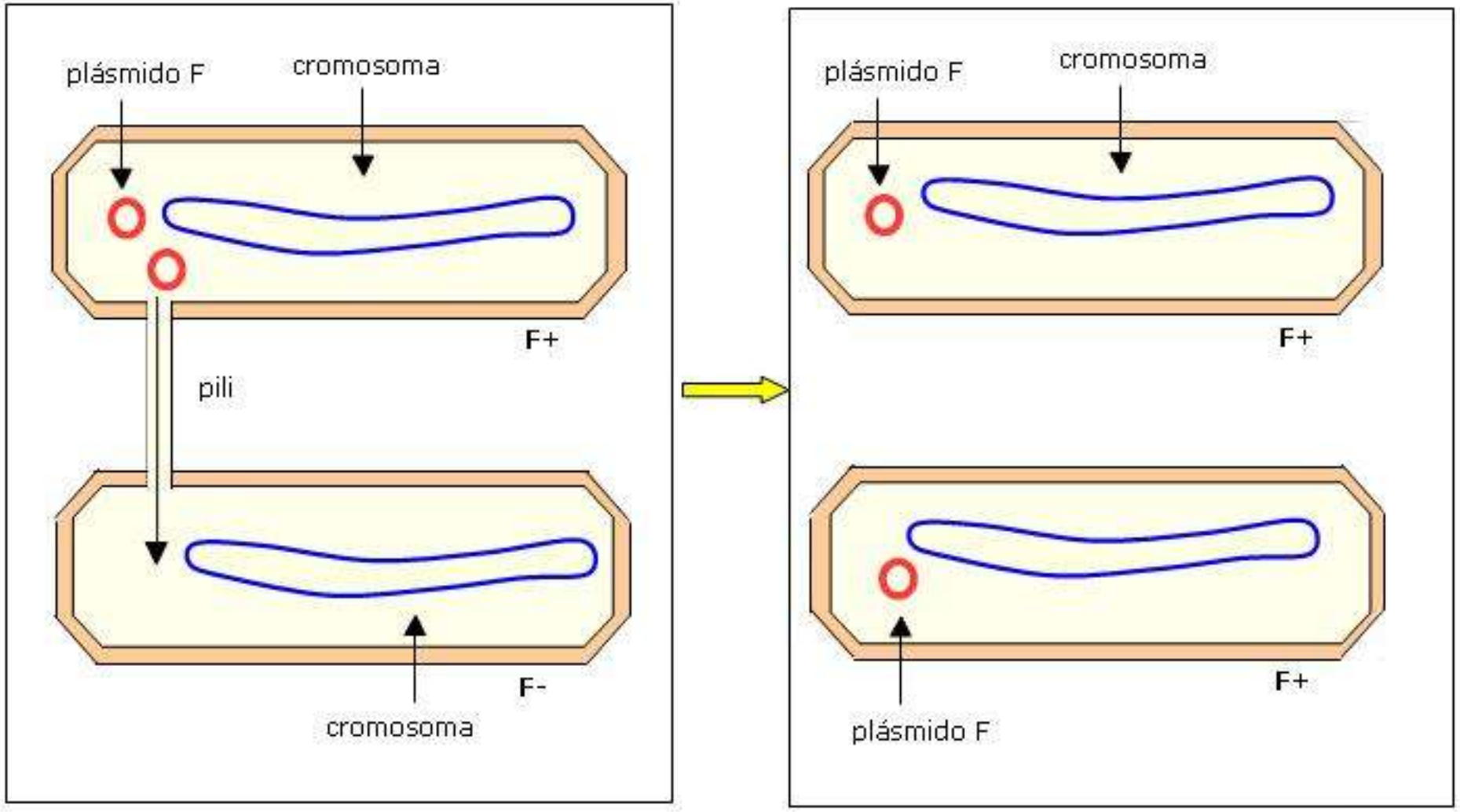




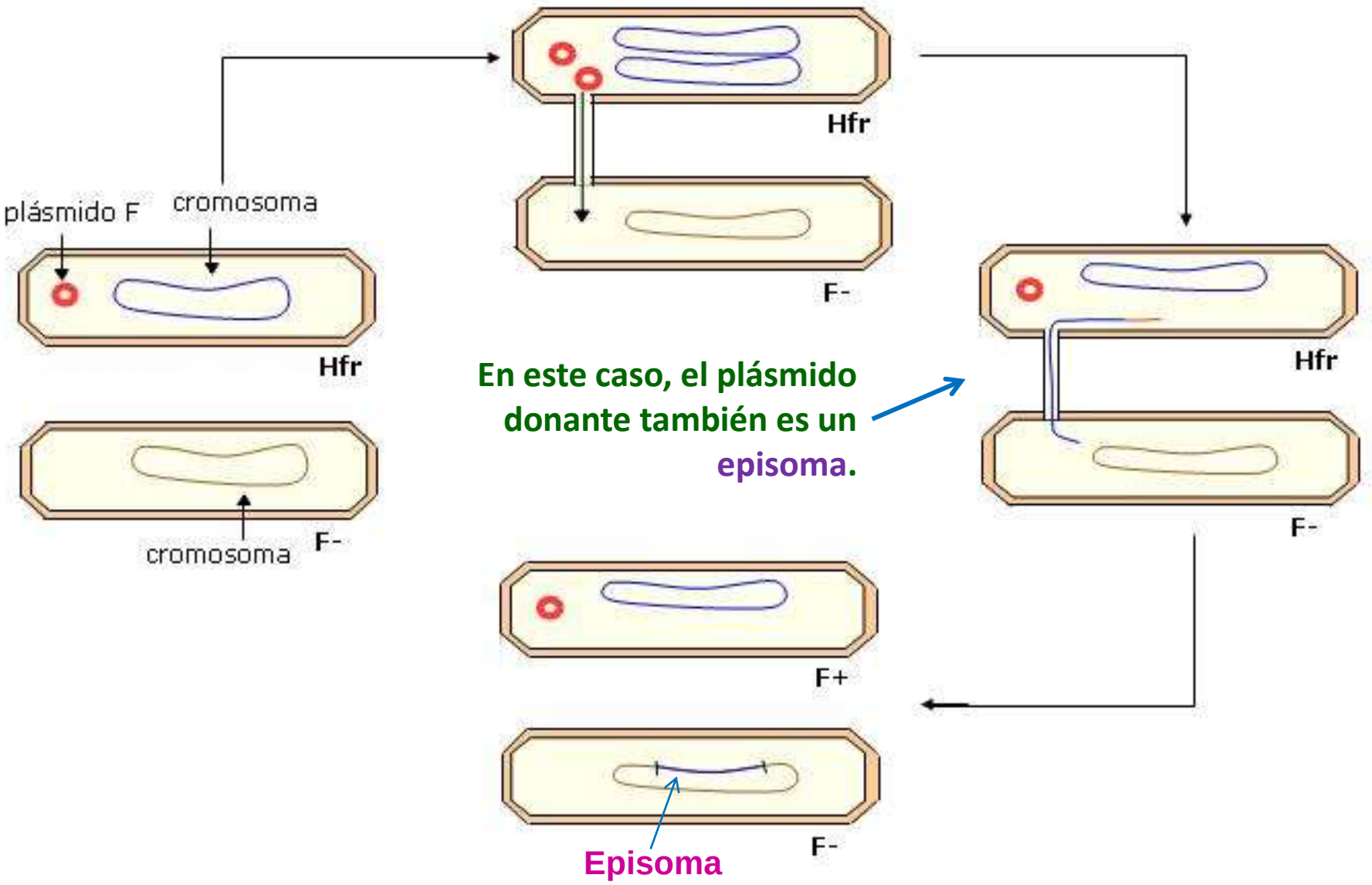
CONJUGACIÓN



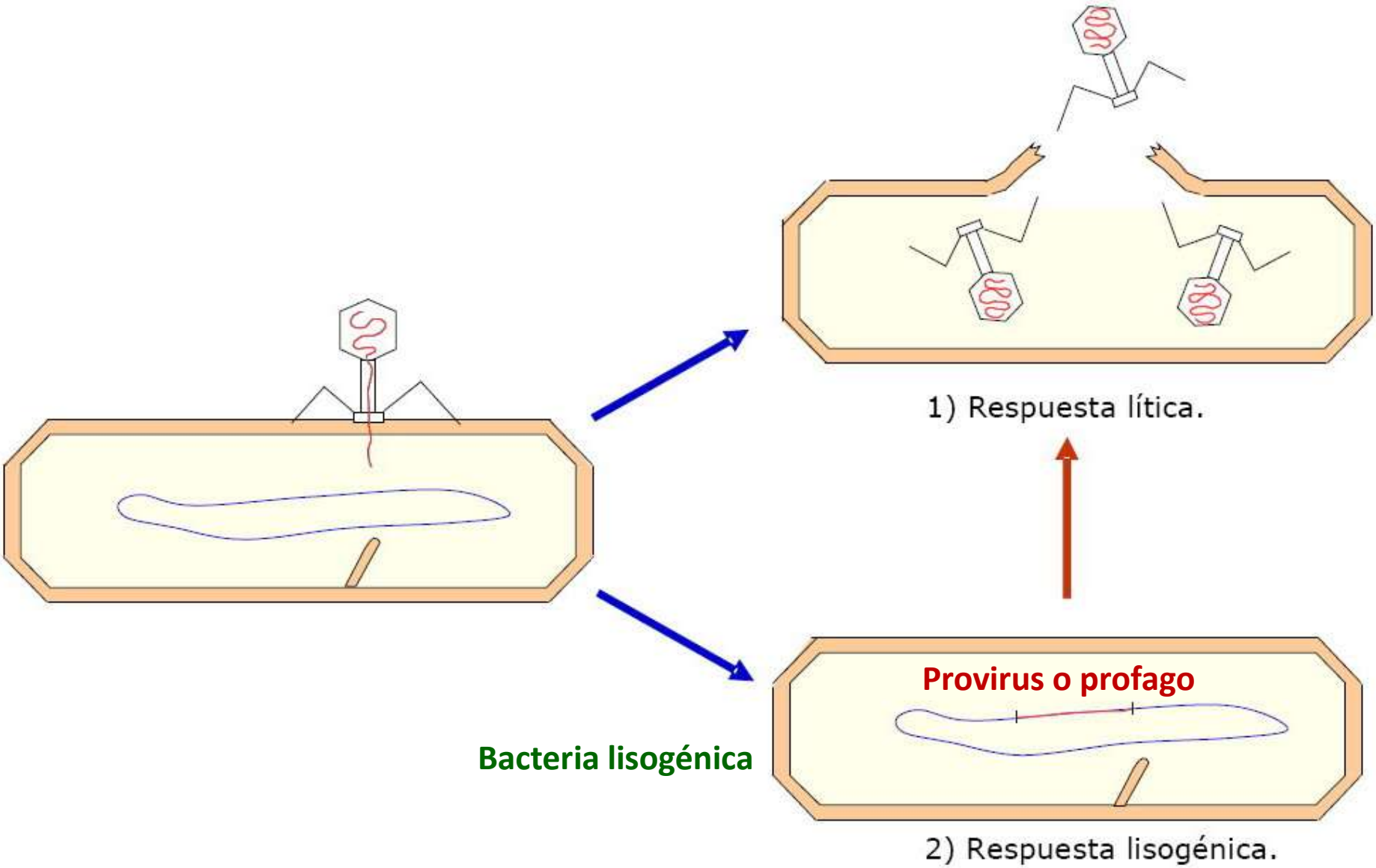
Conjugación I



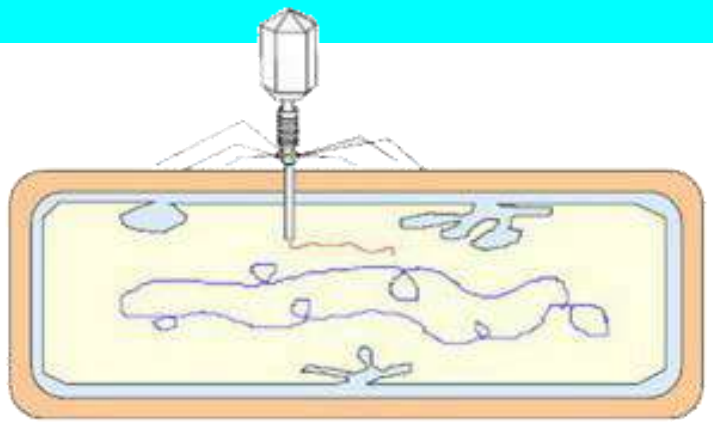
Conjugación II



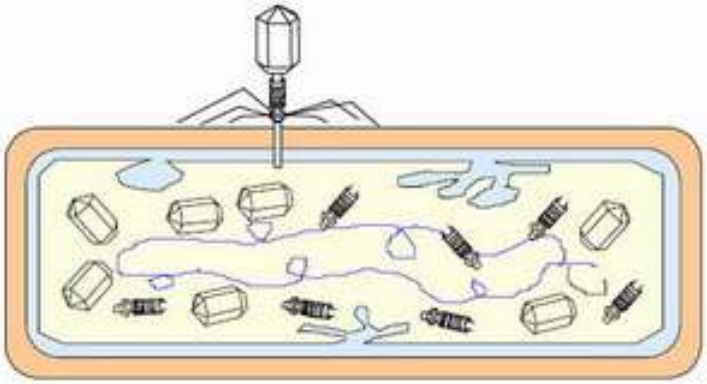
RESPUESTAS AL ATAQUE VÍRICO A UNA BACTERIA



CICLO LÍTICO

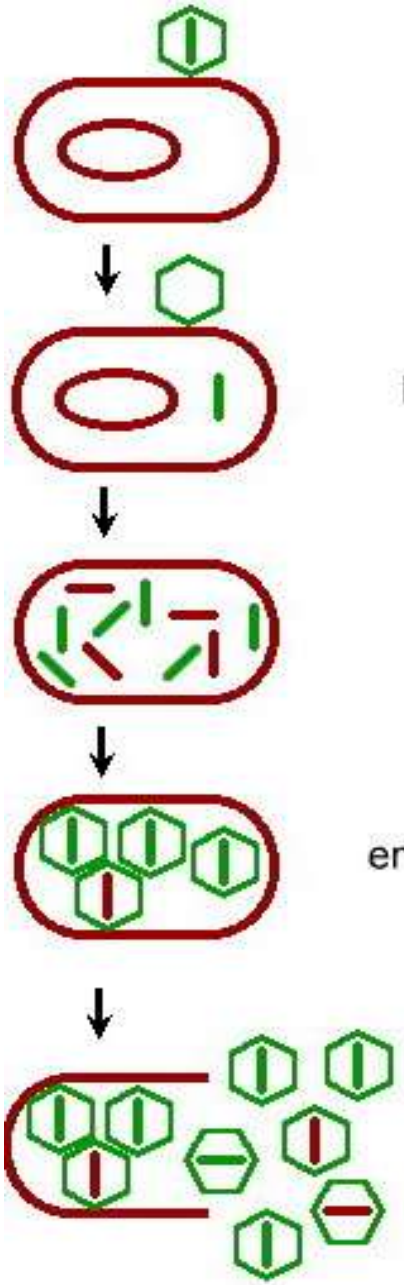


Fijación y entrada



Fase de eclipse o de multiplicación

Lisis y liberación



Fijación del fago a la célula

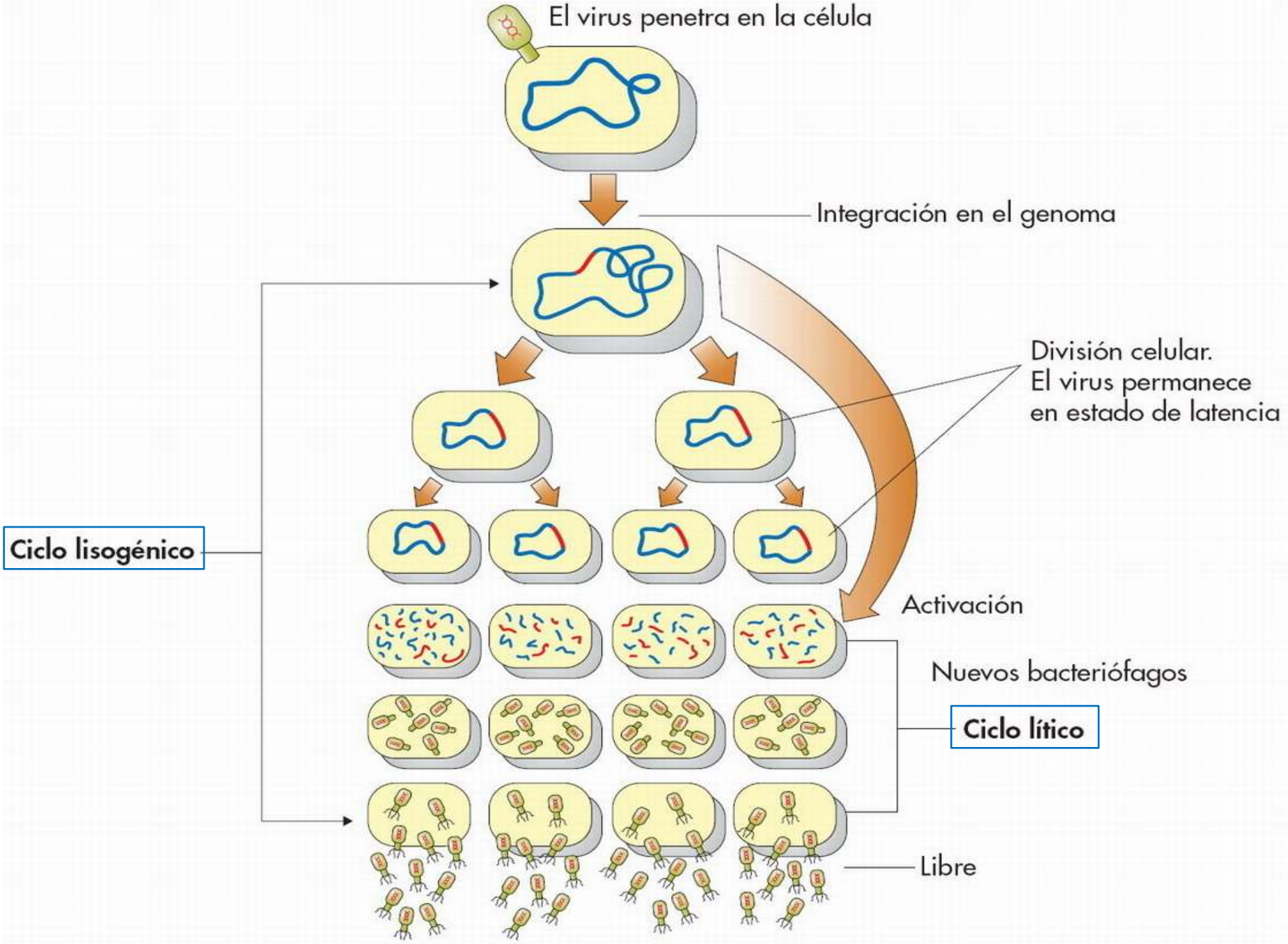
Inyección del material genético viral

Degradación del DNA bacteriano
y replicación del genoma viral

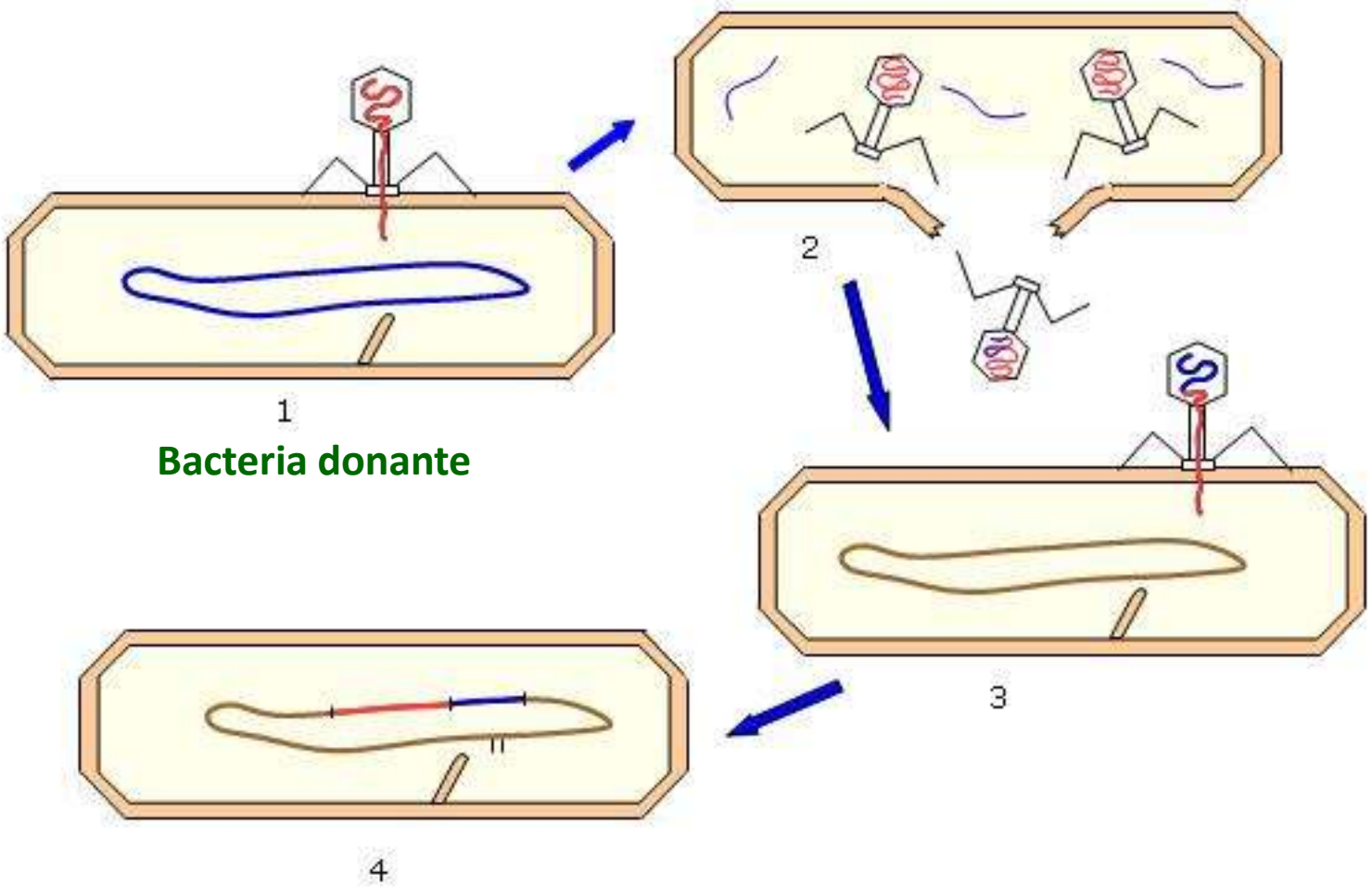
Síntesis de cápsides y
empaquetamiento del material genético
viral y bacteriano

Lisis celular y
liberación de partículas

CICLO VÍRICO COMPLETO

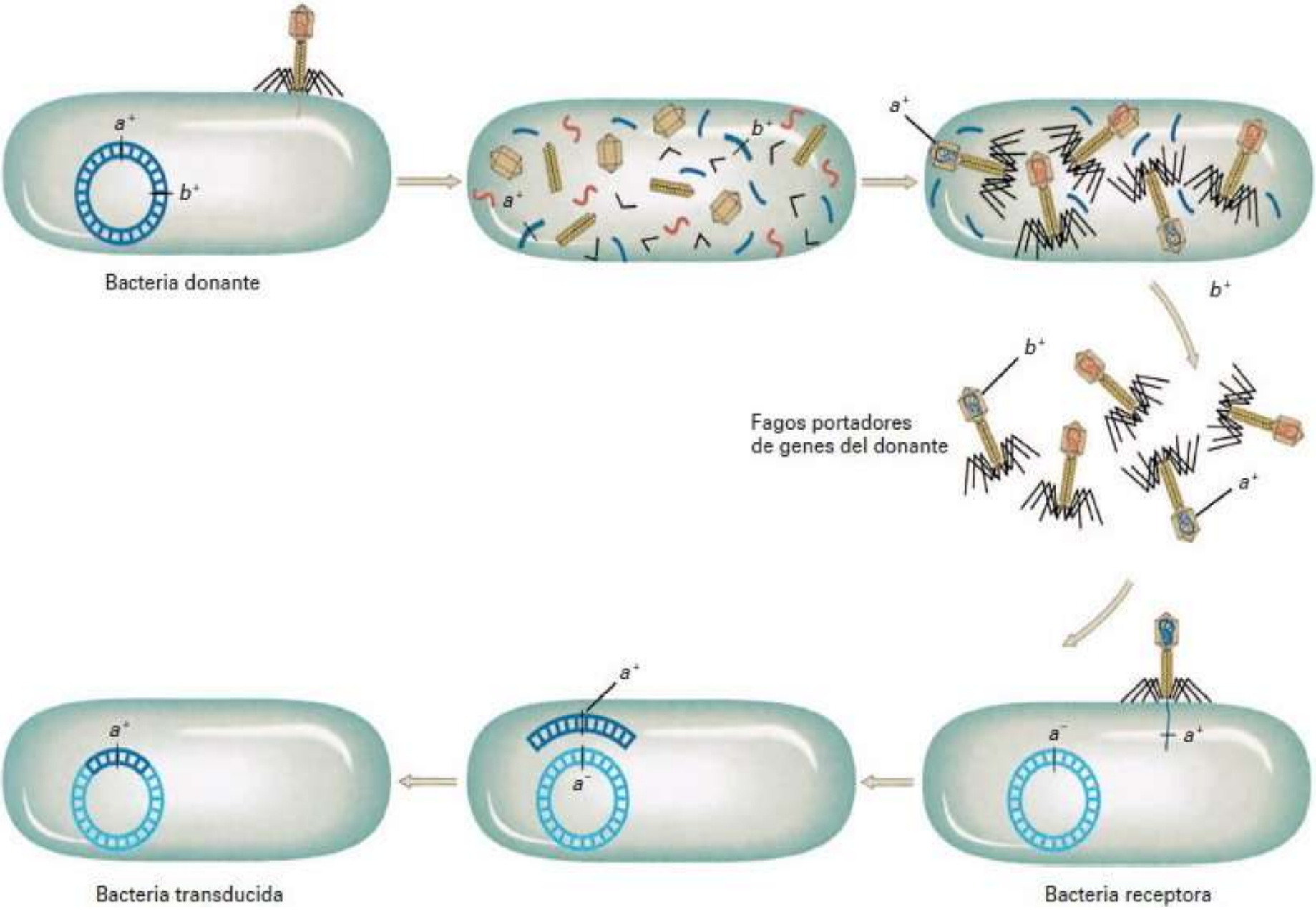


Transducción



Transducción: 1) Fijación del fago a la bacteria; 2) Respuesta lítica; 3) Transducción del fragmento de ADN a otra bacteria; 4) Integración del ADN en el genoma.

TRANSDUCCIÓN



Crecimiento microbiano

CRECIMIENTO MICROBIANO

El periodo que necesita un microorganismo para originar dos células nuevas se llama tiempo de regeneración o de duplicación. Dado que el nº de células se dobla en cada uno de esto periodos, el crecimiento microbiano es exponencial.

REQUISITOS PARA EL CRECIMIENTO MICROBIANO

Físicos
- temperatura (≈ 37 ºC, pero las hay termófilas y psicrófilas)
- pH (en general, ≈ 6,5 - 7,5)
- presión osmótica adecuada

Químicos:
- C
- N (→ proteínas y ácidos nucleicos)
- S (→ vitaminas y aminoáciodos)
- P (→ ácidos nucleicos y fosfolípidos), oligoelementos (Cu, Zn, Fe, Mo,…)
- O (→ hay bacterias aerobias y anaerobias obligadas y facultativas)
- Factores de crecimiento orgánico (→ compuestos orgánicos esenciales que un microorganismo no puede sintetizar).

CULTIVOS BATERIANOS

El estudio de las bacterias se realiza mediante cultivos, que consisten en esencia, en extractos nutritivos estériles, ya sean líquidos o sólidos. Los líquidos, preparados en tubos de ensayo debidamente tapados con algodón graso y esterilizados, suelen ser caldo de carne, suero sanguíneo y sangre, enriquecidos con ciertas sustancias sin las cuales no pueden reproducirse (aminoácidos, peptona, etc.). Los sólidos se obtienen a partir de los líquidos mediante adición de agar-agar o gelatina en caliente, luego se vierte sobre tubos de ensayo inclinados o sobre cajas de Petri; posteriormente se esterilizan, se siembran utilizando el asa de platino y se colocan en la estufa de cultivo a la temperatura adecuada que favorezca su multiplicación.

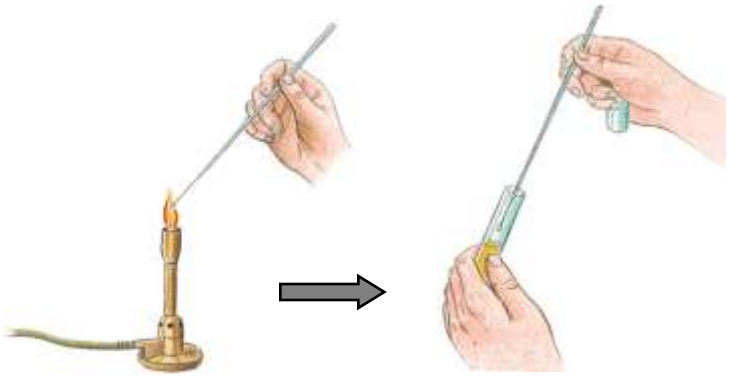
ANTES DEL CULTIVO HAY QUE ESTERILIZAR EL MATERIAL

MÉTODOS FÍSICOS

- **CALOR**
  - **SECO**
    - Asas de Henle
  - **HÚMEDO**
    - Autoclaves
- **RADIACIONES ELECTROMAGNÉTICAS**
  - Microondas, ultravioleta, rayos X, rayos γ y electrones.
- **FILTROS**

MÉTODOS QUÍMICOS

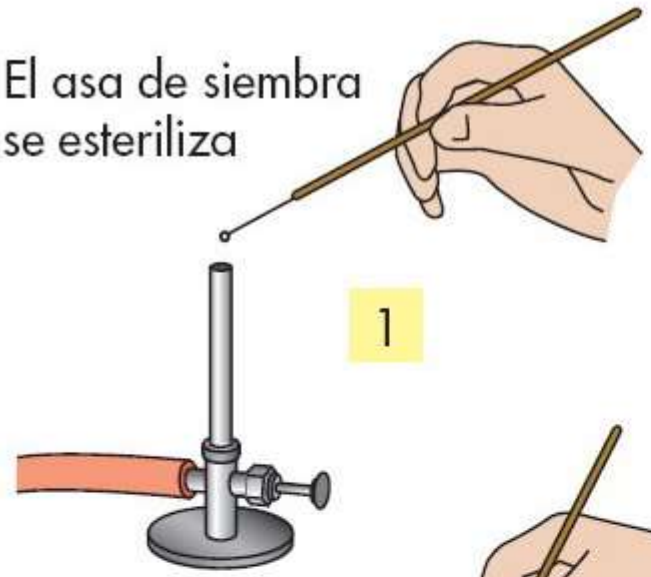
- **AGENTES MICROBICIDAS**
  - Bactericidas, fungicidas o viricidas
- **AGENTES ESTÁTICOS**
  - Bacteriostáticos, fungistáticos o viristáticos



Utilización de un asa de cultivo como método de transferencia aséptica

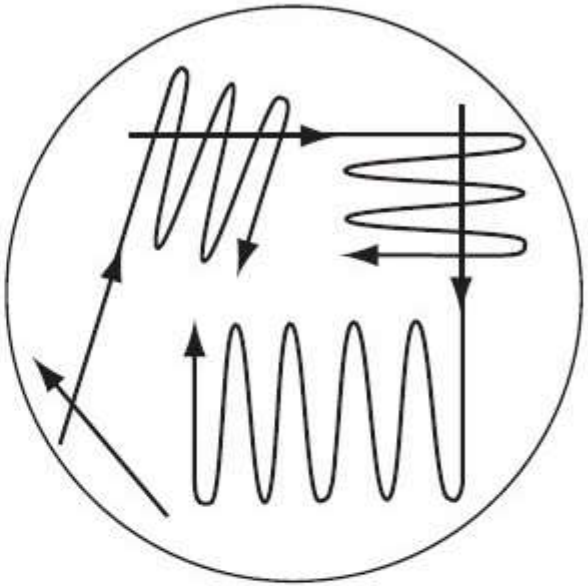
CULTIVO DE BACTERIAS

El asa de siembra se esteriliza

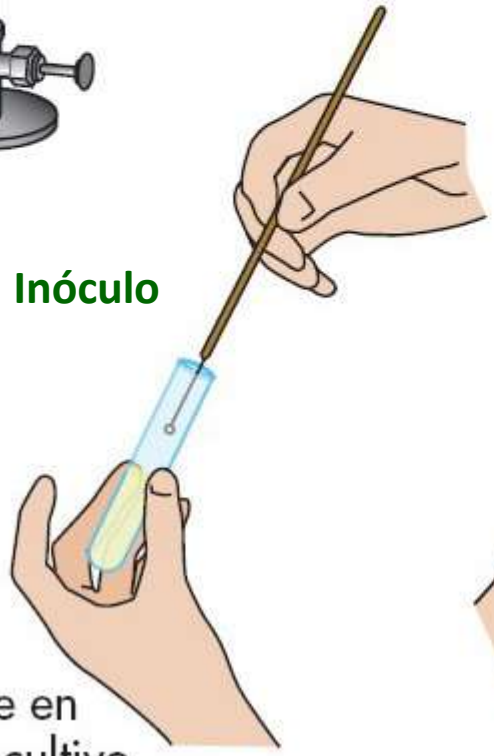


1

Movimiento del asa de siembra sobre el medio de cultivo



Inóculo



2

Se introduce en el caldo de cultivo

Cultivo

3

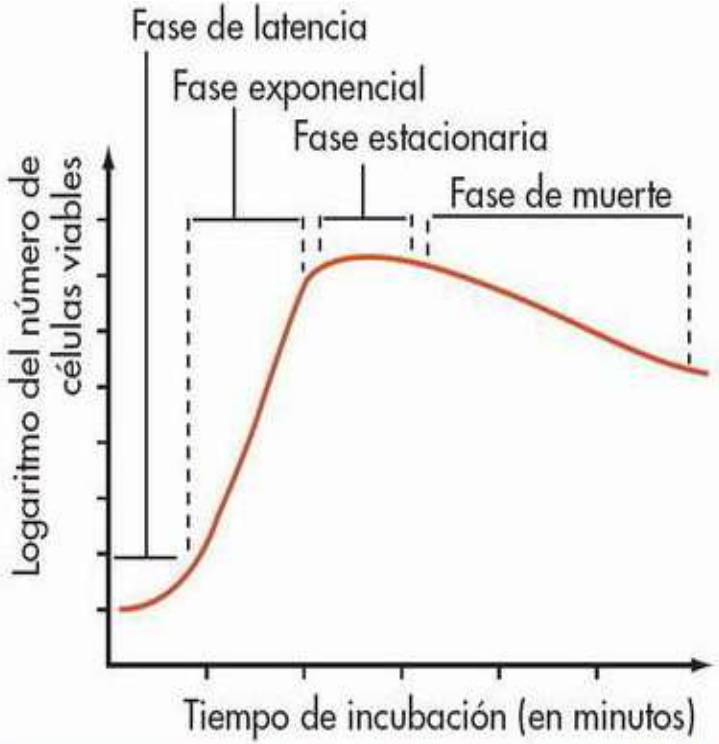
Se extiende sobre la placa de Petri formando estrías

CULTIVO DE BACTERIAS EN CÁPSULAS PETRI

Un cultivo puro o axénico contiene un solo tipo de microorganismo.

Asas de cultivo

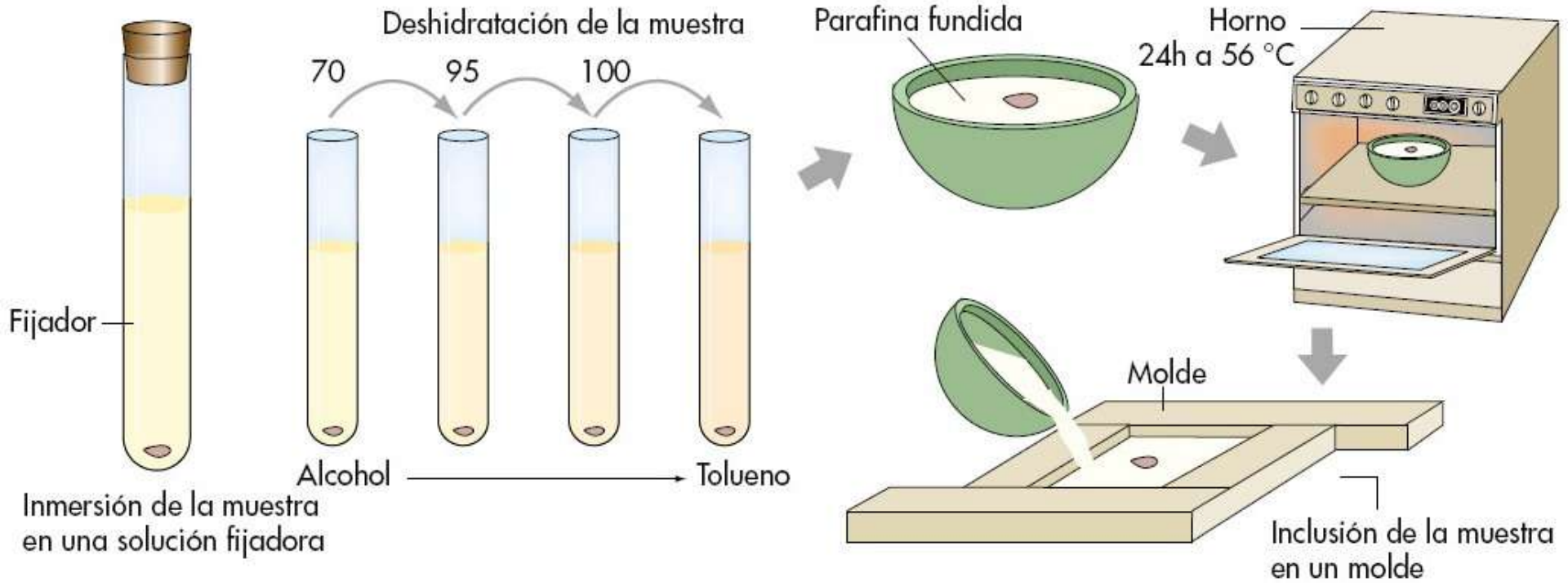
CRECIMIENTO DE UN CULTIVO DE BACTERIAS



Curva generalizada del crecimiento de un cultivo bacteriano

- *Fase de latencia. Durante esta fase el incremento de células es pequeño.*
- *Fase exponencial. Las bacterias se multiplican rápidamente; no hay ningún factor que limite su crecimiento.*
- *Fase estacionaria. La población se mantiene estable.*
- *Fase de muerte. Muy pocas bacterias continúan dividiéndose para producir nuevas células.*

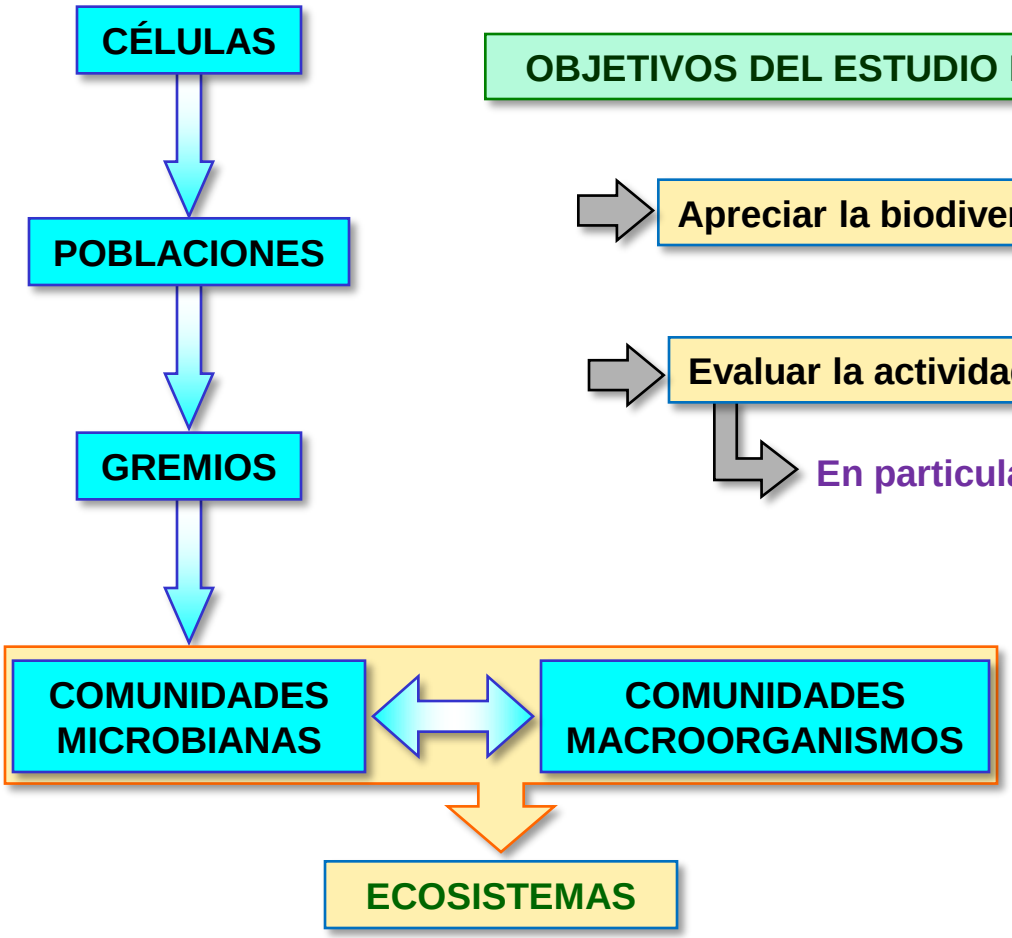
PREPARACIÓN DE MUESTRAS AL MICROSCOPIO



Ecología microbiana

Ciclos biogeoquímicos

IMPORTANCIA DE LOS ECOSISTEMAS MICROBIANOS



OBJETIVOS DEL ESTUDIO DE LA ECOLOGÍA MICROBIANA

- Apreciar la biodiversidad de los microorganismos
- Evaluar la actividad de los microorganismos
  - En particular en la especie humana

Ver

CICLOS BIOGEOQUÍMICOS

PATOGENIDAD MICROBIANA

IMPORTANCIA BIOLÓGICA DE LAS BACTERIAS

Gran *diversidad metabólica*
Gran velocidad de *reproducción* → Éxito evolutivo

Reciclado de la materia en los ecosistemas

- Ciclo del N (bacterias nitrificantes),…

Vida simbiótica

- Bacterias del tracto digestivo (*flora bacteriana*).
- Flora del estómago de los rumiantes, que tb. sintetizan vit.
- Bacterias que viven en las raíces de las leguminosas y fijan el N_2

Patogenia

→ Enfermedades
- Exotoxinas (proteínas secretadas)
- Endotoxinas (comp. de sus paredes celulares, Gram -)

PATOGENIDAD MICROBIANA

INFECCIÓN

- Invasión de un ser vivo por microorganismos patógenos.

NO SIEMPRE PRODUCE UNA

Depende de

- Grado de patogenicidad o virulencia del microorganismo.
- Susceptibilidad del huesped.
- Factores ambientales.
- Equilibrios o desequilibrios en la flora bacteriana normal.

ENFERMEDAD

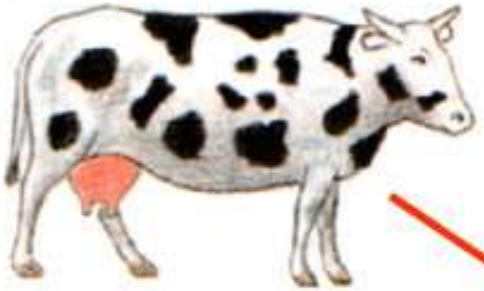
- Infección que produce daños en el huésped

Mecanismos que contribuyen

- Invasión y destrucción de tejidos.
- Toxinas que inducen una pérdida de funcionalidad.
- Escape a la respuesta inmunitaria.

ESLABONES DE UNA CADENA INFECCIOSA

1 FUENTE DE LA INFECCIÓN



Reservorio

2 FORMA DE TRANSMISIÓN

Vehículo

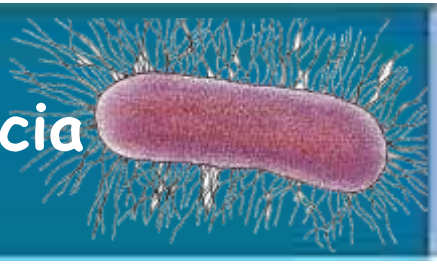
3 HUESPED

Hay personas portadores, que están infectadas pero no tienen aún los síntomas.

Si es un animal → VECTOR { mecánico / biológico }

La enfermedad que nos transmite un animal infectado se llama zoonosis.

MECANISMO DE LA PATOGENIDAD MICROBIANA

Entrada	Aberturas cutáneas (glándulas sudoríparas,…). Perforando las mucosas (ap. respiratorio,…). Inoculados por picaduras, heridas, inyecciones,…
Adherencia 	Unión de las adhesinas del glucocálix, fimbrias,… del patógeno a receptores específicos de la superficie de una célula.
Estrategia para la supervivencia	Cápsulas que impiden la fagocitosis o proteínas resistentes a la fagocitosis, calor o ácidos. Exoenzimas → digieren coágulos o ác. hialurónico.
Daño sobre las células huésped	Utilización de los nutrientes del huésped (ej.: segregan *sideróforos* que extraen el Fe). Por daño directo. Producción de toxinas.
Transmisibidad	Transmisión por contacto directo o indirecto. Transmisión por vehículos (agua, aire,…). Por vectores (animales, sobre todo Artrópodos).

PATOGENIDAD MICROBIANA. TOXIGENICIDAD

VIRULENCIA → **Grado en que un microorganismo patógeno es capaz de producir una enfermedad.**

Factores de virulencia → **Mecanismos por los que los microorganismos son patógenos.**

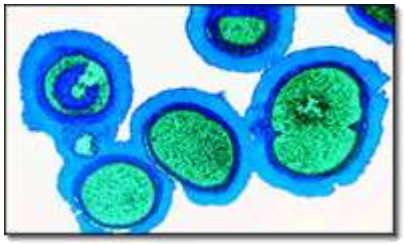
TOXIGENIDIDAD

- **Exotoxinas**
  - **neurotoxinas**
  - **enterotoxinas**
  - **citoxinas**

  → *botulismo, cólera, tétanos,…*

  Antitoxinas (Anticuerpos) → **Pierden su toxicidad al calentarlas o al tratarlas con toxoides** (formaldehído, fenol,…).

- **Endotoxinas** → **pared celular de las bacterias Gram –**



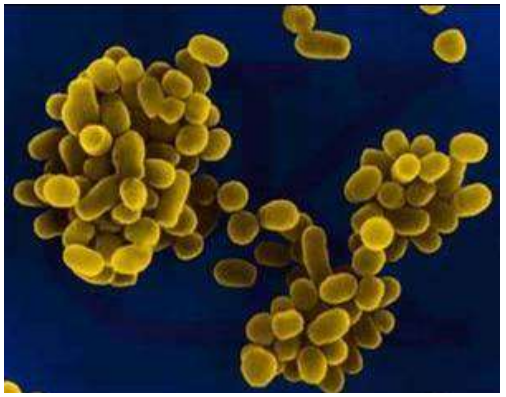
PATOGENIDAD MICROBIANA. EXOENZIMAS

(ii) **EXOENZIMAS**:

- **hialuronidasa** → Hidroliza el *ácido hialurónico*, por lo cual disminuye la *cohesión* entre las células facilitando la invasión bacteriana.
- **lecitinasa** → Hidroliza los *lípidos de membrana* de la célula huésped.
- **coagulasas**: fibrinógeno → fibrina
- **leucocidinas**: lisan leucocitos
- **hemolisinas**: lisan los eritrocitos liberando al plasma la hemoglobina.

(iii) **La proliferación de microorganismos**:

- Pueden crear una competencia por un nutriente entre el microbio y las células del hospedador.
- Se pueden bloquear vasos sanguíneos o producir daños en las células.



TRASMISIBIDAD MICROBIANA

Cadena epidemiológica:

Fuente de infección → **Mecanismos de transmisión** → **Huésped**

- **Contagio directo por la piel:** rabia, tétanos, gangrena, pie de atleta,…
- **Vía sexual** (ETS): SIDA, herpes, hepatitis B, gonorrea, sífilis, candidiasis,…
- **Por el aire** (aerosoles, polvo)**:** resfriado, gripe, sarampión, paperas, varicela..
- **Por alimentos o agua contaminados:** poliomielitis, cólera, hepatitis A, salmonelosis, botulismo, amebiasis,…
- **Transmitidas por animales (zoonosis)** → **vectores de transmisión: (mecánicos o biológicos)**
  (artrópodos: ácaros, pulgas, mosquitos, moscas)

Plasmodium → **mosquito Anopheles** → **malaria o paludismo**
Trypanosoma → **mosca tse-tse** → **enfermedad del sueño**

ETAPAS en el DESARROLLO de una ENFERMEDAD INFECCIOSA

Incubación → **Desarrollo** → **Convalecencia**

- **Incubación**: Tiempo desde que entra el patógeno hasta los primeros síntomas. Puede ser muy largo
- **Desarrollo**: Avance de la enfermedad con sus síntomas
- **Convalecencia**: Periodo hasta que se recupera la situación inicial previa a la enfermedad

FIN