



---

# **FISIOLOGIA BACTERIANA**

**Mgs. T.M. Maria Ester Aliaga**  
**Doc. Microbiología**

# FISIOLOGIA BACTERIANA

---

- El estudio de las funciones realizadas por los microorganismos.
- La función fundamental de todo ser vivo es **crecer**, esto es :  
aumentar en forma ordenada el **numero y la masa de todos sus componentes celulares** y que están compuestas fundamentalmente por macromoléculas de:
  - ✚ proteínas,
  - ✚ polisacáridos,
  - ✚ lípidos y
  - ✚ ac. nucleicos

# FISIOLOGIA BACTERIANA

---

## **Biosíntesis proteica:**

- Es una de las funciones más importantes, ya que se sintetizan fundamentalmente dos clases de proteínas:
- Estructurales
- Funcionales (enzimas)  
Corresponden a proteínas especializadas que catalizan las reacciones químicas del metabolismo bacteriano

# FISIOLOGIA BACTERIANA

---

Las bacterias:

- Sintetizan en forma rápida todos sus componentes celulares
- La mayoría son autosuficientes, por presencia de genoma con la información necesaria para realizar los procesos de:
  - duplicación del ADN,
  - Transcripción a ARN m
  - Traducción a proteínas

# FISIOLOGIA BACTERIANA

---

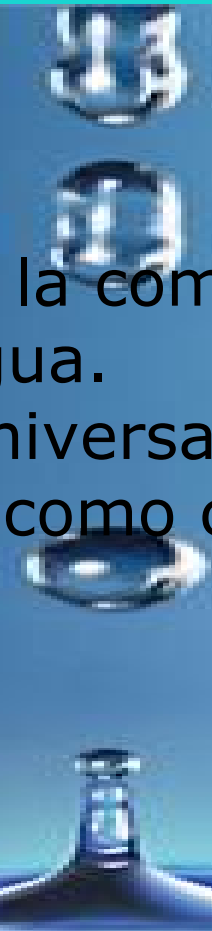
- La bacteria incorpora sustancias necesarias para vivir, una vez en el interior del citoplasma se producen una serie de reacciones que en su conjunto se define como **metabolismo bacteriano**
- La bacteria además es capaz de reproducirse, transmitiendo su material genético a la progenie

# REQUERIMIENTOS NUTRICIONALES

## **AGUA:**

Más del 80% de la composición celular bacteriana es agua.

Es el solvente universal, cumple una función tampón y actúa como coenzima de enzimas hidrolasas.



# REQUERIMIENTOS NUTRICIONALES

## Fuente de Carbono:

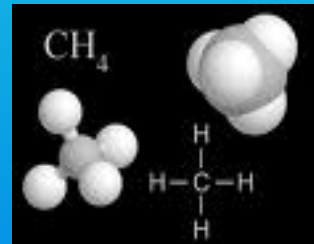
Todos los compuestos orgánicos poseen carbono.

Las **fuentes más simples** de carbono son el:

- CO<sub>2</sub> y
- el CH<sub>4</sub>.

○ **Fuentes más complejas** son:

- ✚ aminoácidos,
- ✚ hidratos de carbono y
- ✚ lípidos



# REQUERIMIENTOS NUTRICIONALES

---

De acuerdo a la fuente de carbono utilizada las bacterias se clasifican en:

- **Autótrofas (litótrofas):** Utilizan como fuente de carbono sustancias simples :  $\text{CO}_2$  y  $\text{CH}_4$
- **Heterótrofas(organótrofas):** Requieren de macromoléculas orgánicas más complejas Ej.: Hidratos de carbono.



# REQUERIMIENTOS NUTRICIONALES

---

## **NITROGENO:**

- Componente principal de proteínas y ac. Nucleicos

## **AZUFRE:**

- Es utilizado por la bacteria para sintetizar aminoácidos azufrados tales como la cisteína y metionina. También forma parte de vitaminas como la biotina y tiamina.

# REQUERIMIENTOS NUTRICIONALES

---

## Dadores y receptores de H<sub>2</sub>

- Las bacterias patógenas para la especie humana, realizan su metabolismo en base a reacciones químicas, obteniendo energía fundamentalmente por **oxido-reducción**.
- De modo que requieren de sustratos oxidables y aceptores finales de electrones

# REQUERIMIENTOS NUTRICIONALES

---

## **Iones inorgánicos:**

- Fósforo
- Potasio
- Magnesio

# REQUERIMIENTOS NUTRICIONALES

---

## **Oligoelementos:**

- Fierro
- Cobre
- Molibdeno
- Zinc

# REQUERIMIENTOS NUTRICIONALES

---

## Factores de crecimiento:

Son aquellas sustancias indispensables, pero, que la bacteria **es incapaz de sintetizar**:

Bases nitrogenadas

Aminoácidos

Colesterol

Vitaminas



# Transporte de nutrientes

---

**1.- Transporte pasivo.** No consume energía, ya que es un proceso de difusión en el que las moléculas pasan de un lado al otro de la membrana a favor de un **gradiente de concentración o un gradiente eléctrico** (cargas iónicas).

Dentro del transporte pasivo se diferencian:

# Transporte de nutrientes

**Difusión simple.** Las moléculas pasan a través de la bicapa lipídica de la membrana, sin que intervengan las proteínas. Así se difunden el O<sub>2</sub>, el CO<sub>2</sub>, el H<sub>2</sub>O, la urea, etc.

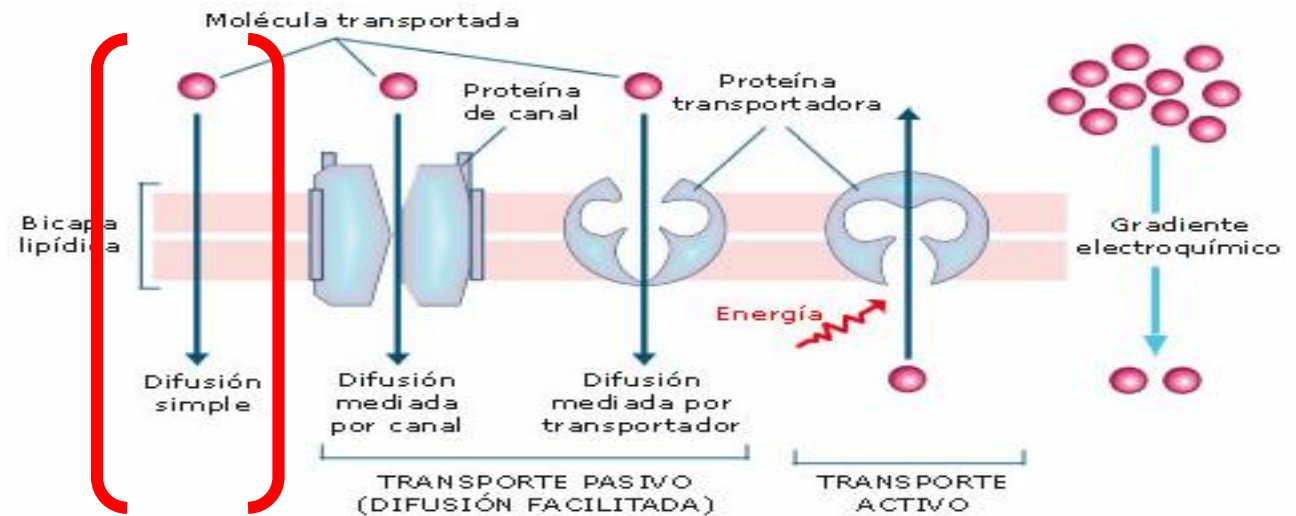


Figura 14: Modalidades de transporte a través de la membrana plasmática

# Transporte de nutrientes

**Difusión facilitada.** El transporte se lleva cabo gracias a la intervención de unas proteínas transportadoras, que pueden ser de dos tipos:

**Proteínas de canal,** que son pequeños poros que permiten el paso fundamentalmente de iones inorgánicos ( $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ ), por lo que también se denominan canales iónicos, y se abren o se cierran en respuesta a estímulos eléctricos o a moléculas transmisoras.

**Proteínas transportadoras (permeasas)** que permiten el paso de solutos orgánicos mediante un cambio en la forma de la molécula transportadora.

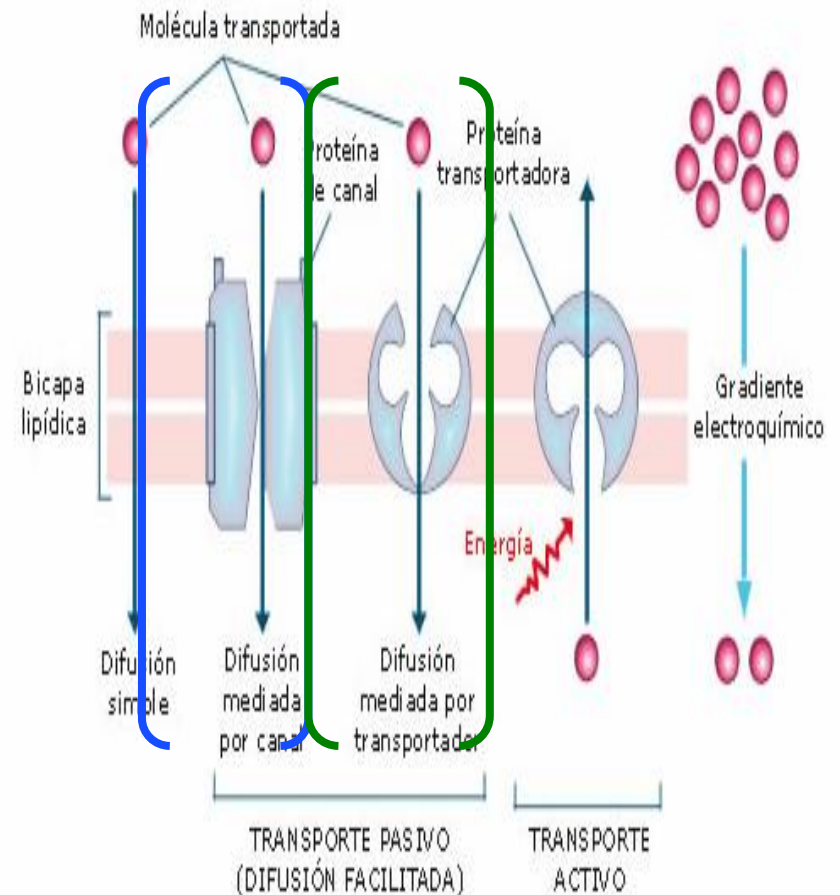


Figura 14: Modalidades de transporte a través de la membrana plasmática



# Transporte de nutrientes

**2.- ACTIVO:** Existe un gasto de energía

Requiere de un sistema enzimático, para introducirlo contra un gradiente de concentración.

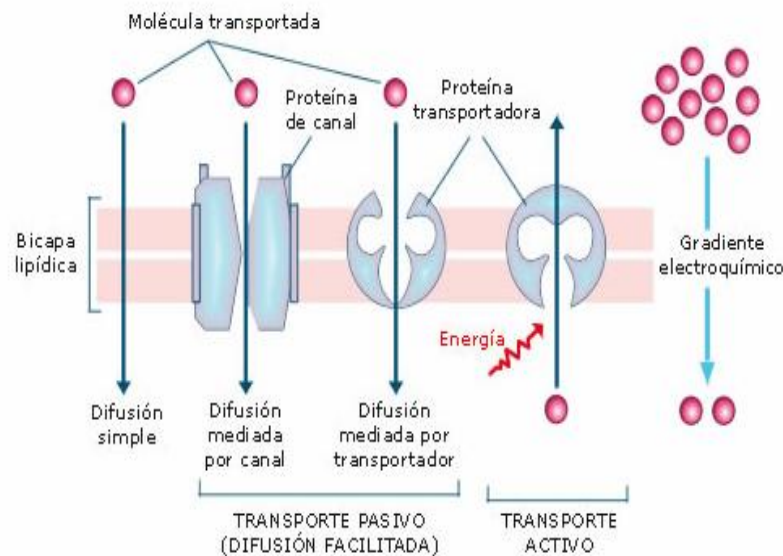
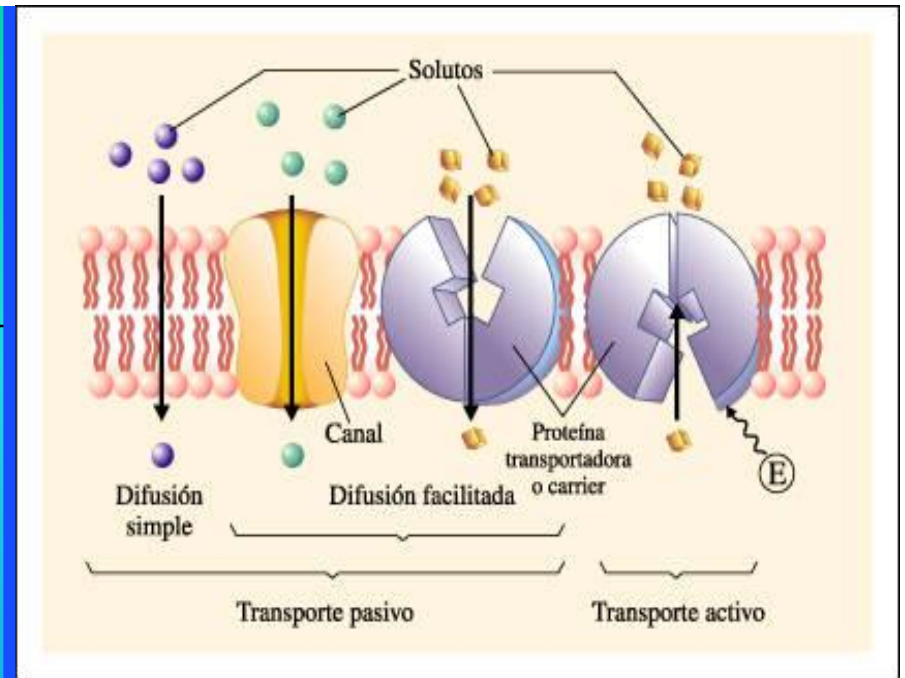
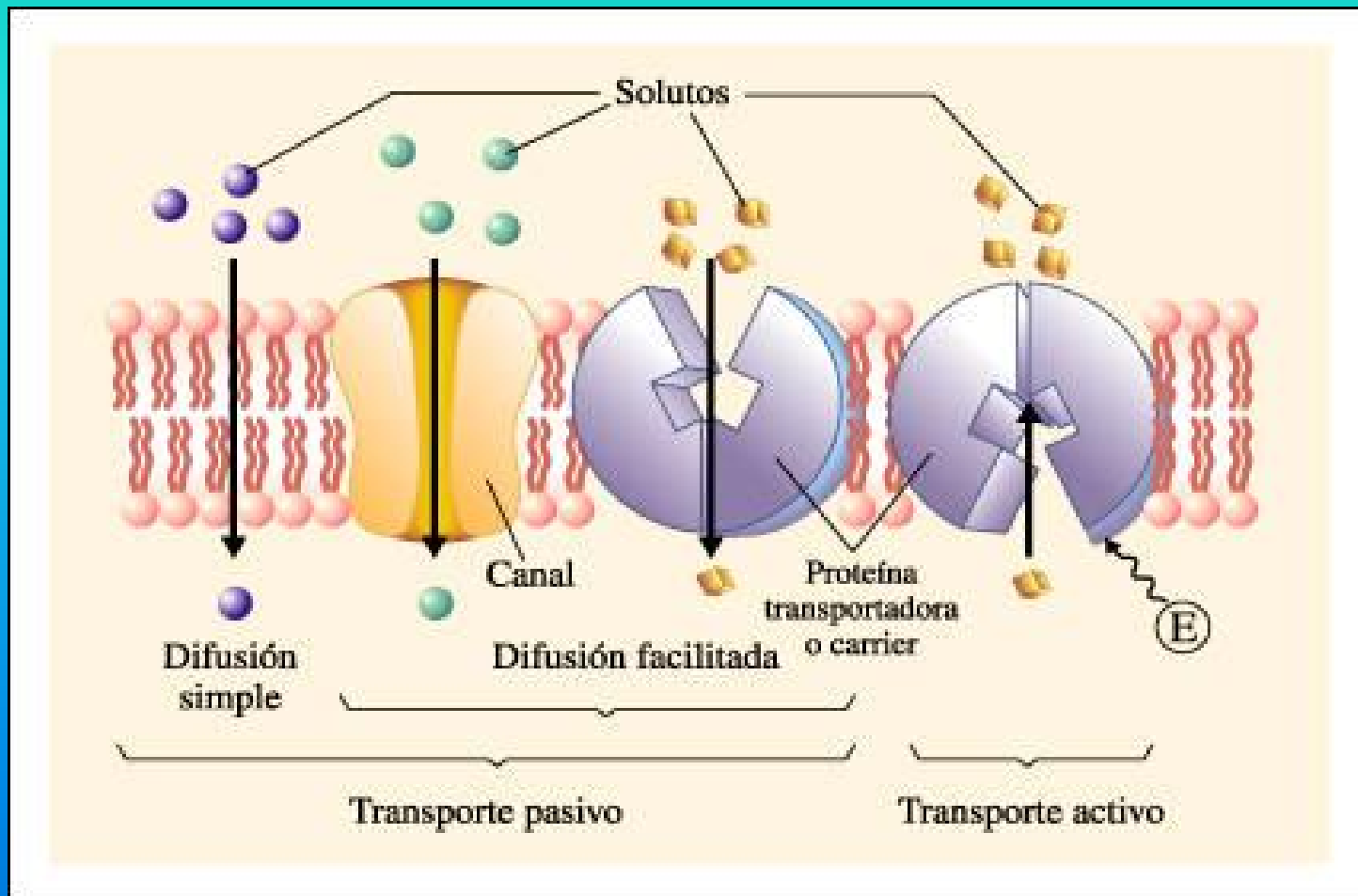


Figura 14: Modalidades de transporte a través de la membrana plasmática

La sustancia que se transporta se combina en el exterior con un transportador unido a la membrana que posteriormente la libera en el interior de la célula, sin que sufra ningún tipo de modificación química



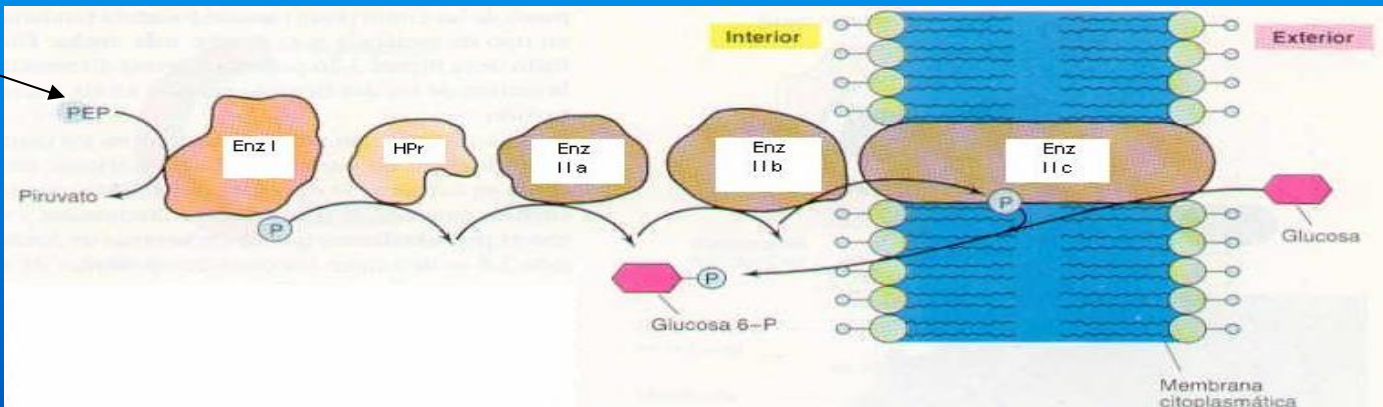
# Transporte de nutrientes

## 3.-Translocación de grupos:

Es el proceso en el que se modifica químicamente al compuesto que se transporta a través de la membrana.

Los ejemplos mejor conocidos de este tipo de transporte incluyen a la glucosa, manosa, fructosa, N-acetilglucosamina, y  $\beta$ -glucósidos; que son *fosforilados* durante el transporte, mediante un sistema de fosfotransferasas.

Ac. Fosfoenol  
piruvico



# NUTRICION

---

La nutrición, tiene por objeto el aporte de sustancias necesarias para el proceso de biosíntesis.

Este proceso requiere de energía la cuál se obtiene de dos fuentes:

- Solar           » Bacterias fotosintéticas
- Química       » **Bacterias quimiosintéticas**

# FUENTES DE ENERGIA

LUZ

COMPUESTOS QUÍMICOS

FOTOTROFIA

QUIMIOTROFIA



COMPUESTOS REDUCIDOS

COMPUESTOS OXIDADOS



FOTOTROFOS

QUIMIOORGANOTROFOS

QUIMIOLITOTROFOS

**ATP** **Microorganismos de importancia médica**

# CLASIFICACION DE LOS ORGANISMOS

(SEGÚN FUENTE DE OBTENCION DE CARBONO Y ENERGIA)

<u>Organismos</u>	<u>Fuente de Energía</u>	<u>Fuente de C</u>
Fototrofos	Luz	
Quimiotrofos	Química	
Autotrofos		CO <sub>2</sub>
Heterotrofos		Comp Orgánicos
Fotoautotrofos	Luz	CO <sub>2</sub>
Fotoheterotrofos	Luz	Comp Orgánicos
Quimioautotrofos	Química	CO <sub>2</sub>
Quimioheterotrofos	Química	Comp Orgánicos

# Condiciones físico - químicas

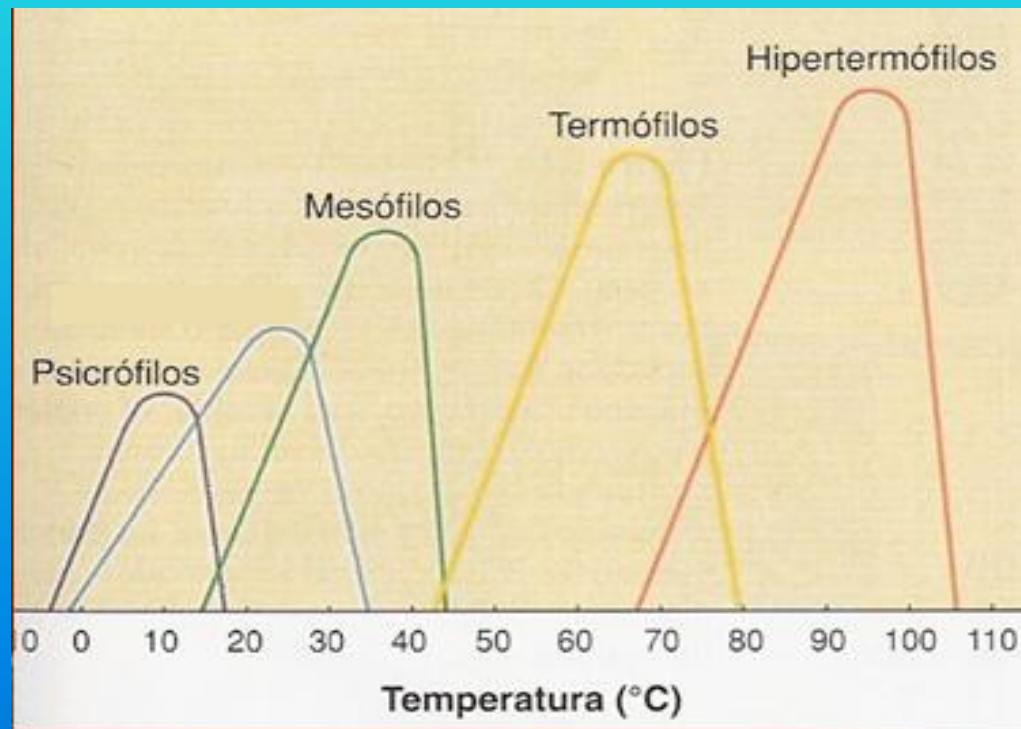
---

Condiciones que proporciona el medio que influyen en el crecimiento bacteriano:

- Temperatura
- Presión osmótica
- pH

# Temperatura

---





## Temperatura de crecimiento °Celsius

---

<b>Bacterium</b>	<b>Minimo</b>	<b>Optimo</b>	<b>Maximo</b>
<b><i>Listeria monocytogenes</i></b>	<b>1</b>	<b>30-37</b>	<b>45</b>
<b><i>Pseudomonas maltophilia</i></b>	<b>4</b>	<b>35</b>	<b>41</b>
<b><i>Thiobacillus novellus</i></b>	<b>5</b>	<b>25-30</b>	<b>42</b>
<b><i>Staphylococcus aureus</i></b>	<b>10</b>	<b>30-37</b>	<b>45</b>
<b><i>Escherichia coli</i></b>	<b>10</b>	<b>37</b>	<b>45</b>
<b><i>Streptococcus pyogenes</i></b>	<b>20</b>	<b>37</b>	<b>40</b>
<b><i>Streptococcus pneumoniae</i></b>	<b>25</b>	<b>37</b>	<b>42</b>
<b><i>Bacillus flavothermus</i></b>	<b>30</b>	<b>60</b>	<b>72</b>
<b><i>Thermus aquaticus</i></b>	<b>40</b>	<b>70-72</b>	<b>79</b>
<b><i>Methanococcus jannaschii</i></b>	<b>60</b>	<b>85</b>	<b>90</b>
<b><i>Sulfolobus acidocaldarius</i></b>	<b>70</b>	<b>75-85</b>	<b>90</b>
<b><i>Pyrobacterium brockii</i></b>	<b>80</b>	<b>102-105</b>	<b>115</b>

# pH:

---

Acidófilas  
**Neutrófilas**  
Basófilas

1- 5,5

**5,5 - 8**

8,5- 11,5

Organismo	Minimo pH	Optimo pH	Maximo pH
<i>Lactobacillus acidophilus</i>	4.0-4.6	5.8-6.6	6.8
<i>Staphylococcus aureus</i>	4.2	7.0-7.5	9.3
<i>Escherichia coli</i>	4.4	6.0-7.0	9.0
<i>Clostridium sporogenes</i>	5.0-5.8	6.0-7.6	8.5-9.0
<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	5.6	6.6-7.0	8.0
<i>Streptococcus pneumoniae</i>	6.5	7.8	8.3

# Presión osmótica (salinidad)

---

Halófitas	< 1% NaCl
Halófitas leves	1-6 % ( <i>S aureus</i> )
Halófitas moderadas	6-15 %
Halófitas extremas	16-30 % (arqueas)

# METABOLISMO BACTERIANO

## El metabolismo

---

Es el conjunto de reacciones y procesos físico-químicos que ocurren en una célula, son la base de la vida a nivel molecular, y permiten las diversas actividades de las células:

- crecer,
- reproducirse,
- mantener sus estructuras,
- responder a estímulos, etc.

# METABOLISMO BACTERIANO

---

- **Endoenzimas:** Comandan y regulan todas las reacciones de síntesis y degradación: Oxidasas, reductasas, Transaminasas
- **Exoenzimas:** Degradan macromolécula: Hidrolasas

## Síntesis de enzimas:

- **Constitutivas:** Síntesis independiente del medio externo, se sintetizan siempre Ej. Enzimas que degradan la glucosa.
- **Inducidas:** Síntesis depende de la presencia de o ausencia del sustrato en el medio Ej.:  $\beta$ -galactosidasa solo se sintetiza cuando existe lactosa en el medio.

# METABOLISMO BACTERIANO

---

- Las sustancias capaces de acelerar una reacción química se denominan **catalizadores**
- En las células vivas los catalizadores biológicos son las **enzimas**
- Cada enzima actúa sobre un sustrato específico y cataliza exclusivamente una reacción
- La función crucial de las enzimas consiste en acelerar las reacciones bioquímicas a una temperatura compatible con el funcionamiento normal de la célula

# METABOLISMO BACTERIANO

<b>Clase de enzima</b>	<b>Tipo de reacción química que cataliza</b>	<b>Ejemplo</b>
<b>Oxidoreductasa</b>	<b>Ox – red con ganancia o perdida de oxígeno e hidrógeno</b>	<b>Citocromo oxidasa Lactato deshidrogenasa</b>
<b>Transferasas</b>	<b>Transferencias de grupos funcionales como grupos: aminos, acetilo o fosfatos</b>	<b>Acetato cinasa Alanina desaminasa</b>
<b>Hidrolasas</b>	<b>Hidrólisis agregando agua</b>	<b>Lipasa, sacarasa etc</b>
<b>Isomerasas</b>	<b>Reordenamiento de los átomos en el interior de la molécula</b>	<b>Glucosa-fosfatoisomerasa</b>
<b>Ligasas</b>	<b>Unión de dos moléculas</b>	<b>Acetil CoA sintetasa, DNA ligasa</b>

# Regulación metabólica

---

La síntesis proteica esta regulada a través del sistema de **operones**, que es un grupo de genes estructurales cuya expresión esta regulada por elementos de control o genes (promotor – operador ) y genes reguladores los cuales corresponden a **unidades regulatorias génicas**



• **un gen regulador:** controla el tiempo y velocidad de transcripción de otros genes  
• Codifica para una proteína que se pega al operador, obstruyendo el promotor

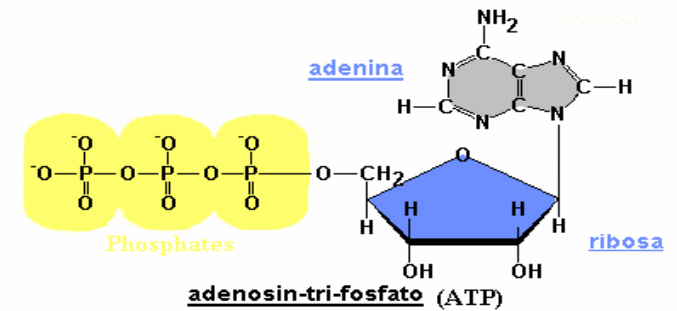
**un operador:** controla el acceso de la ARN polimerasa al promotor



**Un promotor:** donde la ARN polimerasa reconoce el sitio de **inicio de la transcripción**

**un gen estructural:**  
**codifican las enzimas relacionadas o las proteínas estructurales**

# METABOLISMO BACTERIANO



El metabolismo se puede dividir en dos clases de reacciones químicas: las que liberan energía y las que consumen energía

## Reacciones de degradación » CATABOLICAS

Proceso de degradación de los sustratos orgánicos (H de C, lípidos y proteínas) y de su conversión en energía utilizable **ATP**

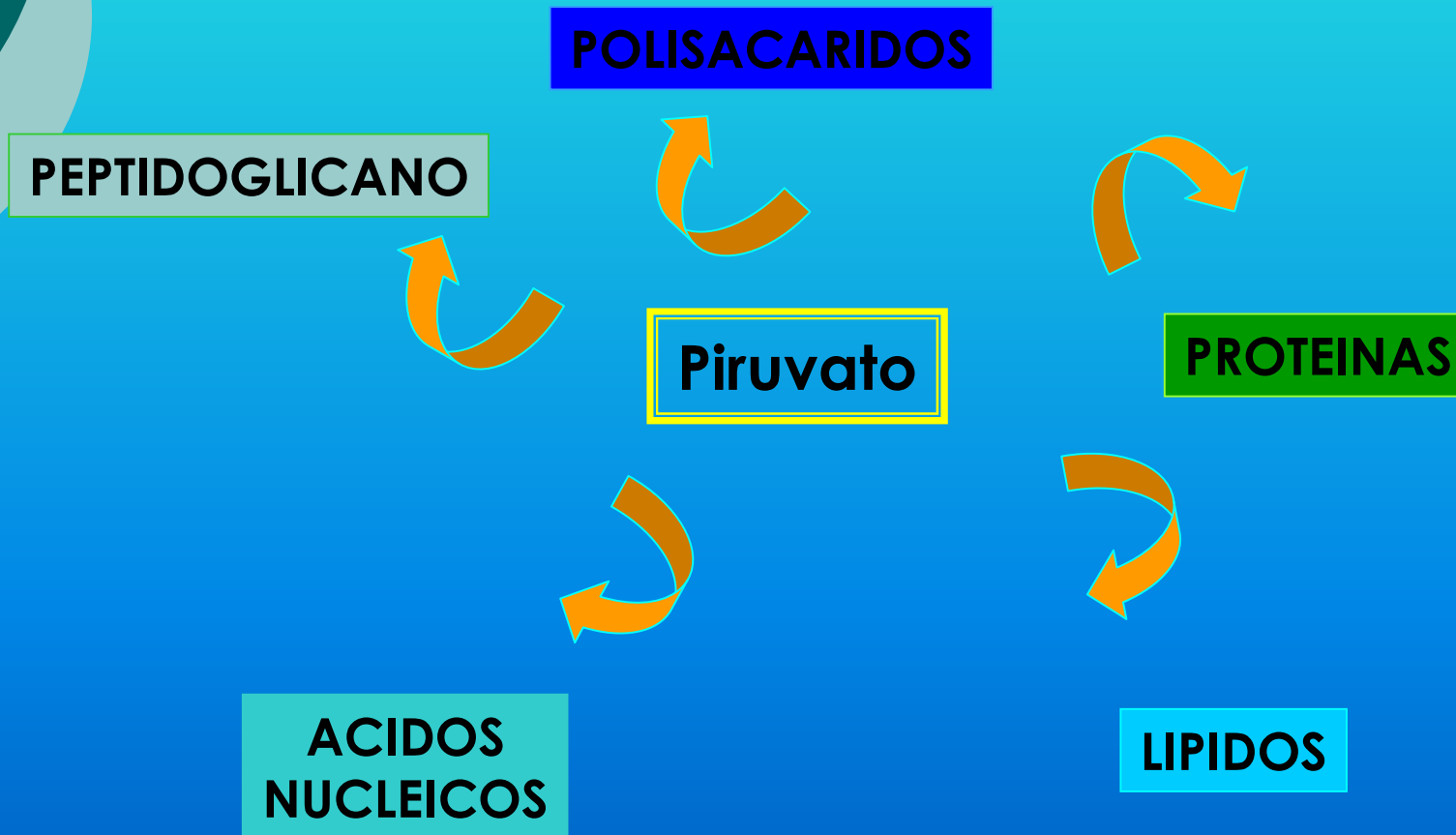
## Reacciones de síntesis » ANABOLICAS

La energía obtenida del catabolismo es empleada en la síntesis de componentes celulares (pared celular, proteínas, ac. Grasos, y ac. Nucleico)

# METABOLISMO BACTERIANO

---

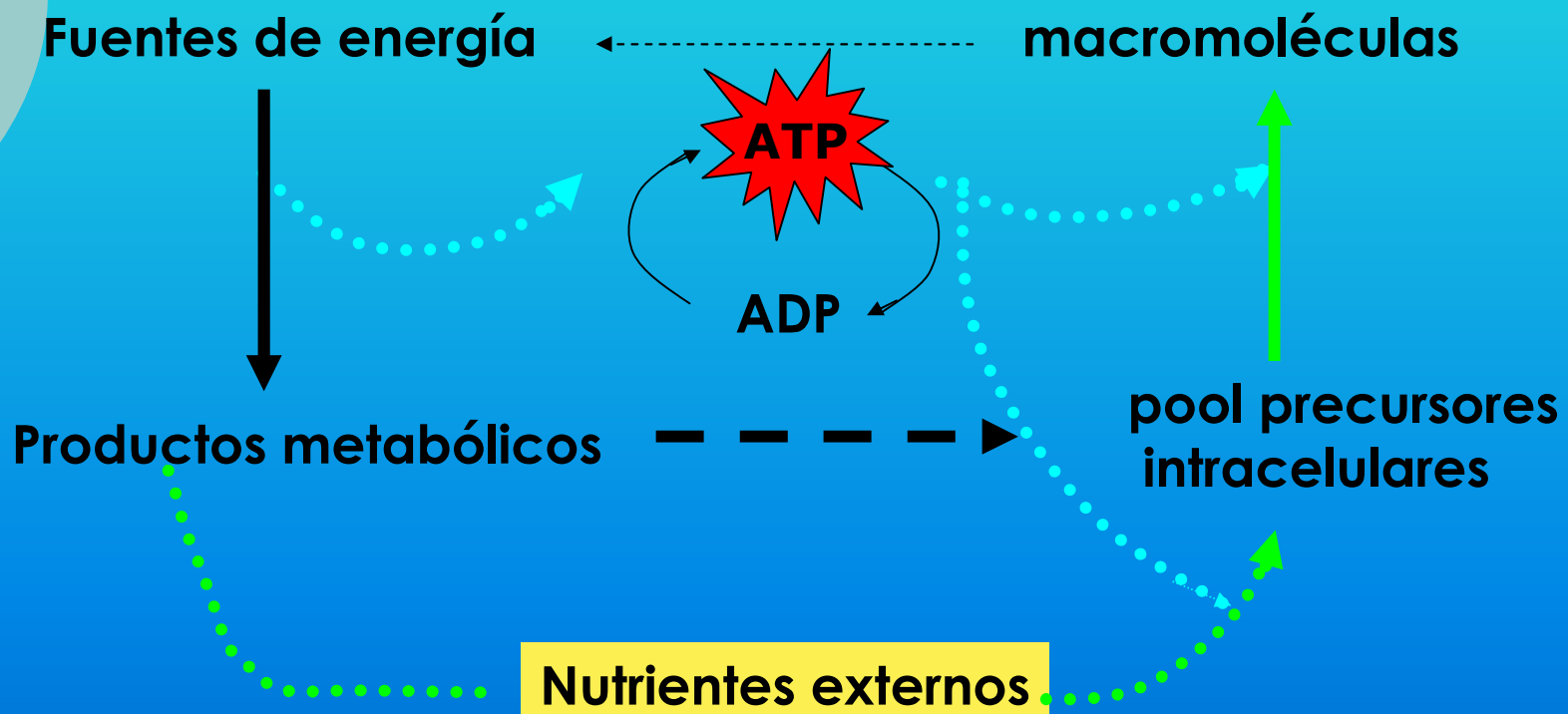
## ANABOLISMO



# METABOLISMO BACTERIANO

CATABOLISMO

ANABOLISMO



# METABOLISMO BACTERIANO

---

- La energía se requiere continuamente para:
- Catabolismo
- Anabolismo (Biosíntesis).
- Transporte Activo.
- Traslocación de proteínas a través de la membrana citoplasmática.
- Movimiento flagelar.

# METABOLISMO BACTERIANO

---

En las bacterias de interés médico los **sistemas de oxido-reducción** que transforman la energía química de los nutrientes en una forma biológicamente útil, incluyen :

- **La fermentación**
- **La respiración.**

# METABOLISMO BACTERIANO

---

- En la **fermentación** tanto la molécula dadora como la aceptora de electrones, son compuestos orgánicos,
- En la **respiración** hay un aceptor final exógeno, que cuando es el oxígeno hablamos de **respiración aerobia**, y cuando es un compuesto inorgánico hablamos de **respiración anaerobia**

# METABOLISMO BACTERIANO

---

- En las bacterias el aceptor final de electrones puede ser:  $O_2$ , nitratos, sulfatos, o sustancias orgánicas.
- Esta capacidad de aceptor final de electrones permite clasificar las bacteria en tres grupos:



# METABOLISMO BACTERIANO

---

## **Aerobio estricto**

Receptor final es el O<sub>2</sub>.  
Ej: *Mycobacterium tuberculosis*

## **Anaerobio estricto**

Receptor final es SO<sub>4</sub> o NO<sub>3</sub>.  
Ej: *Clostridium perfringens*)

## **Aerobio facultativo**

respiración aeróbica  
“ anaeróbica  
fermentación  
(Mayoría de bacterias  
patógenas para le especie  
humana)

# BACTERIAS HETEROTROFAS

## RUTAS CATABOLICAS QUE PRODUCEN ENERGIA

---

### FOSFORILACION A NIVEL DE SUSTRATO

\* fermentación

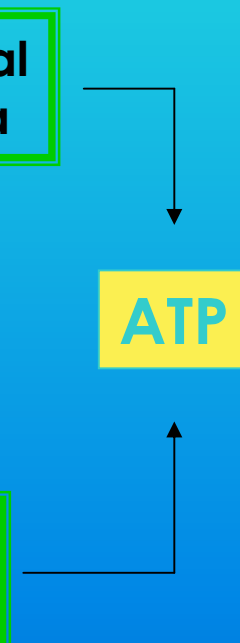
oxidación parcial  
molec orgánica

ATP

### FOSFORILACION OXIDATIVA

\* respiración

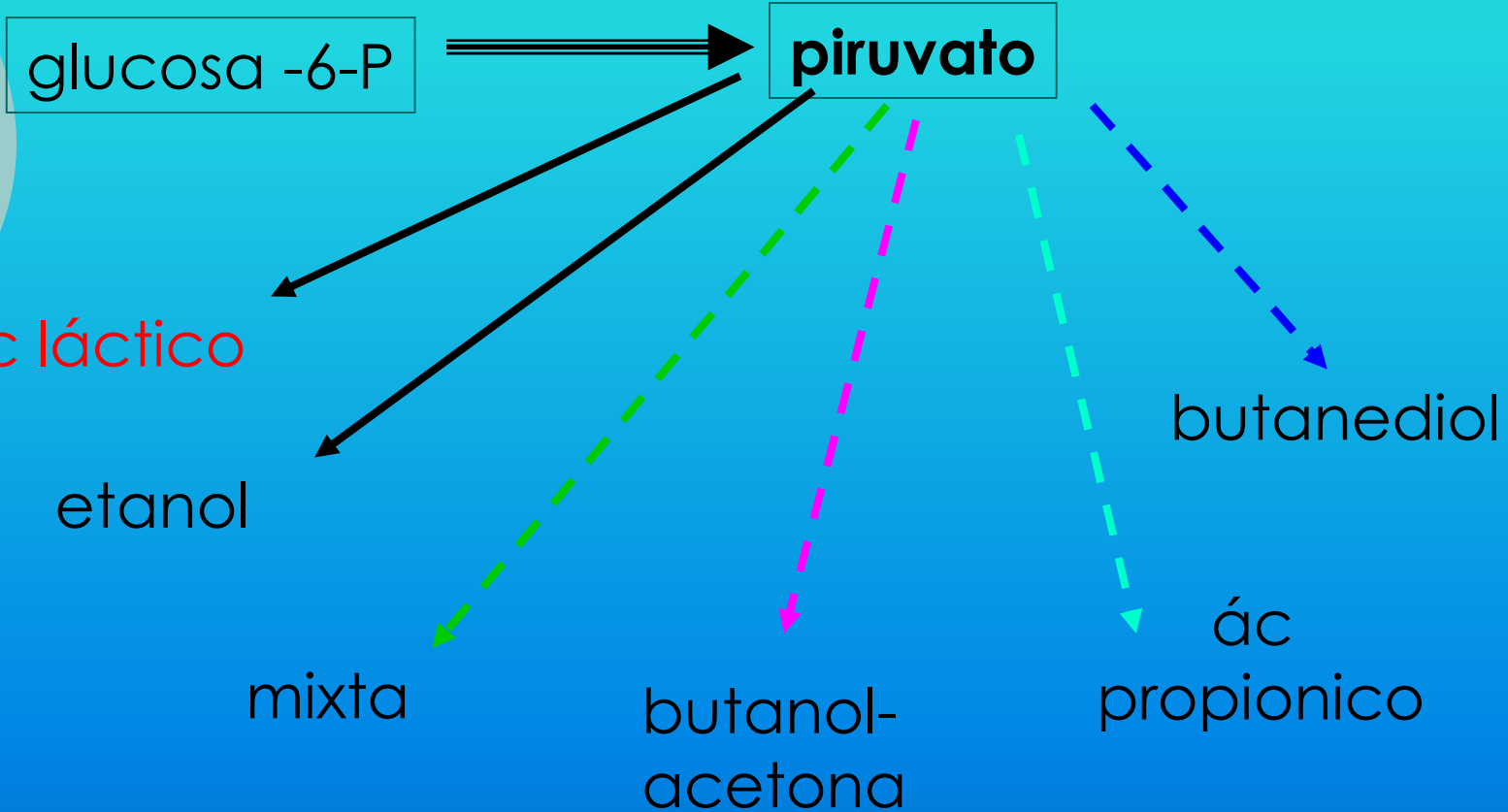
fuerza motriz  
de protones



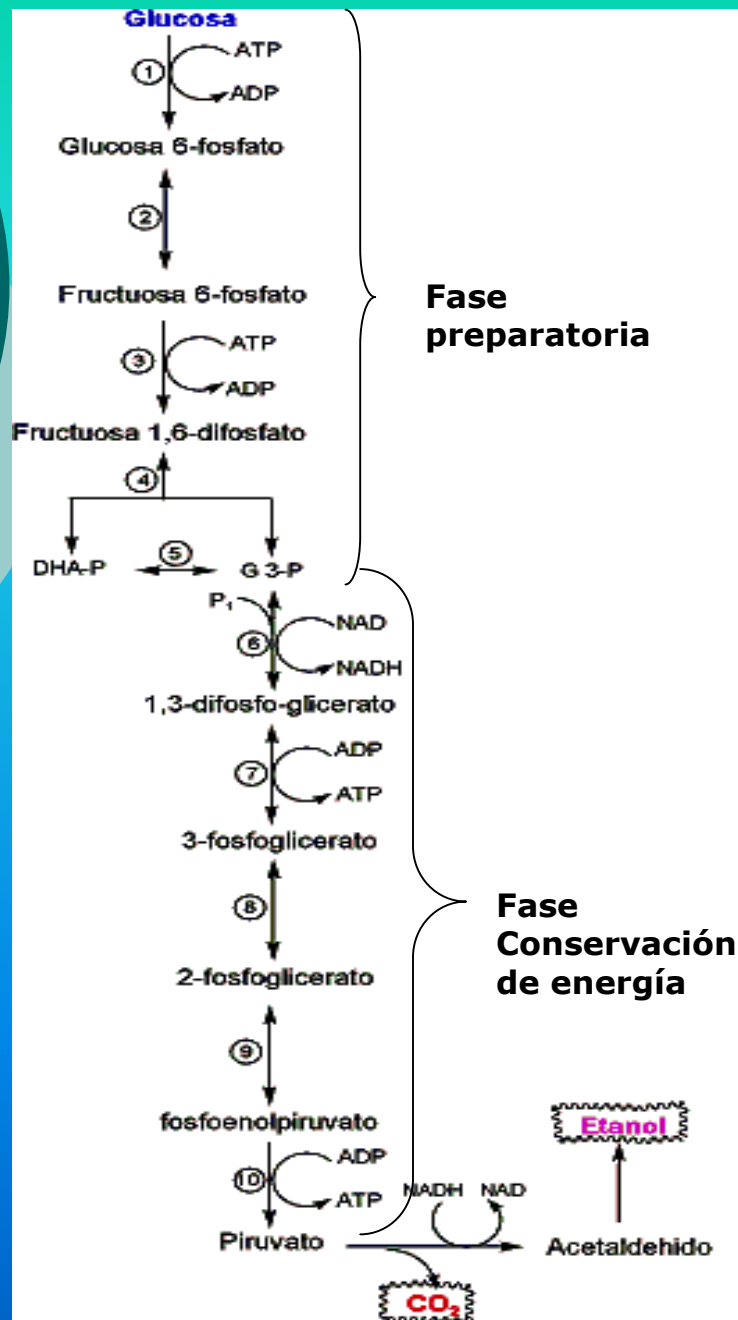
# FERMENTACION

(Ausencia de oxígeno)

Vía Embden Meyerhoff



FOSFORILACION A NIVEL SUSTRATO



**La reacción es catalizada por:**

- 1 Hexoquinasa
- 2 Glucosa -6-fosfato isomerasa
- 3 Fosfofructoquinasa
- 4 Aldolasa
- 5 Triosa fosfato isomerasa
- 6 Gliceraldehido-3-fosfatodehidrogenasa
- 7 3-fosfoglicerato quinasa
- 8 Fosfogliceromutasa
- 9 Fosfoenolpiruvato deshidratasa
- 10 Piruvato quinasa

**DHA-P = Dihidroxicetona fosfato**

**G3-P = Gliceraldehido 3-fosfato**

**P<sub>1</sub> = Representa un grupo de fosforo inorgánico**

**ATP** **ATP**

# Fosforilación oxidativa

# Ciclo de Krebs

Todos los organismos obtienen su energía química de moléculas como la glucosa



Los organismos rompen la glucosa y capturan la energía en los enlaces de alta energía de moléculas como el ATP (adenosín trifosfato)

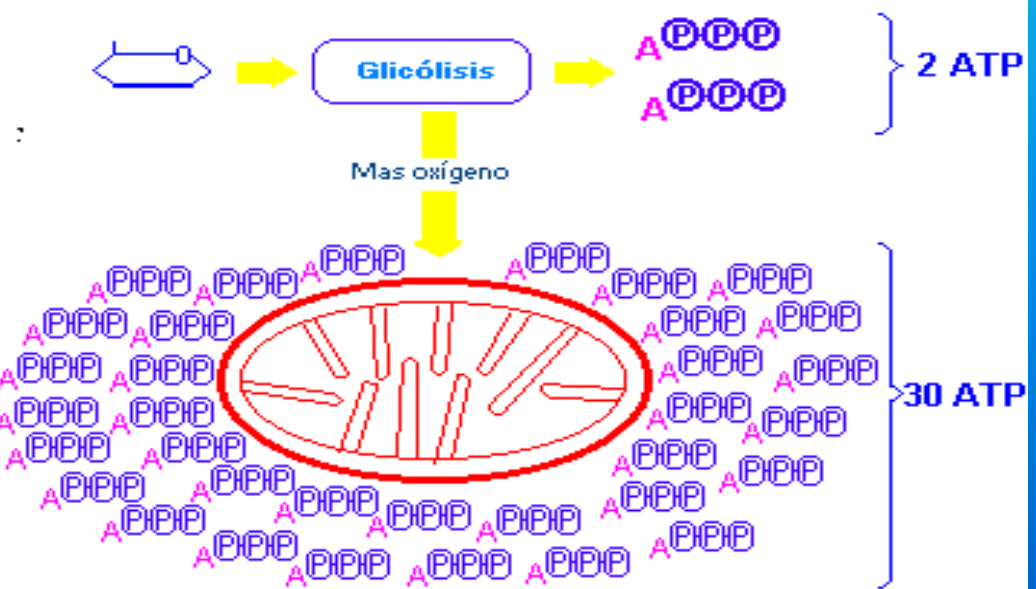
La glicólisis es la primera etapa en la ruptura de la glucosa y tiene como resultado la producción de dos moléculas de ATP



La glicólisis no utiliza oxígeno para liberar la energía de la glucosa, pero requiere un proceso para reciclar un intermediario limitante: el NADH. La obtención de energía en ausencia de oxígeno se conoce como fermentación. Cuando el aporte de oxígeno es limitado las células obtienen energía por la vía glicolítica.



En presencia de oxígeno, muchos seres vivos tienen la habilidad para continuar degradando los productos de la glicólisis hasta anhídrido carbónico y agua. Este proceso conocido como respiración aeróbica resulta en la producción de 30 moléculas adicionales de ATP.



# Regulación metabólica

---

- En un medio óptimo, la célula regula sus vías metabólicas tan eficientemente que ningún intermediario es sintetizado en exceso
- Si existe una fuente de carbón en exceso, se pone en juego toda la maquinaria enzimática para utilizarla
- Si un aminoácido está en exceso, se reprime su biosíntesis.

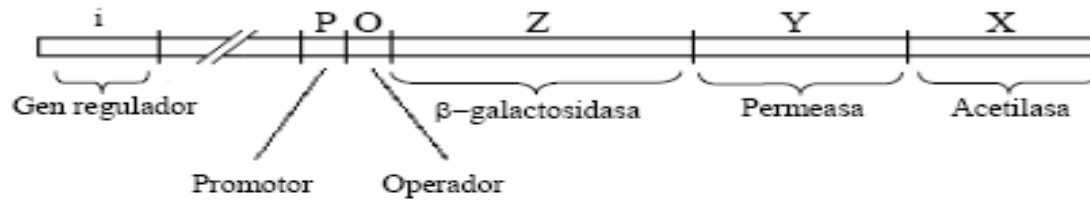
# Regulación metabólica

---

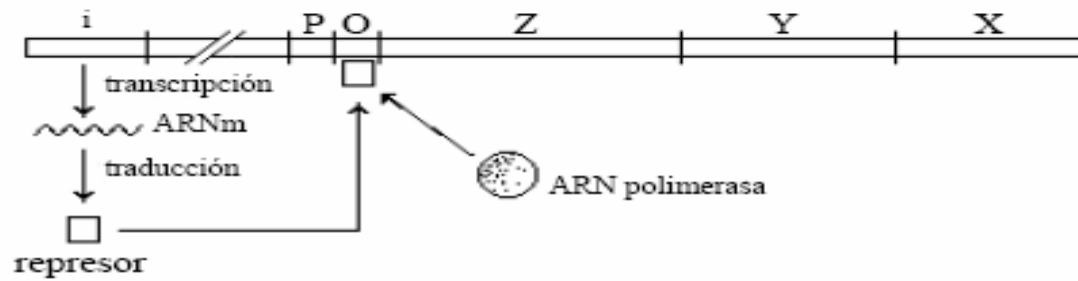
**La regulación enzimática** se realiza fundamentalmente en dos niveles:

- **Actividad enzimática:** enzimas alostéricas, fosforilación
- **Síntesis enzimática :** regulación de la expresión génica, operones

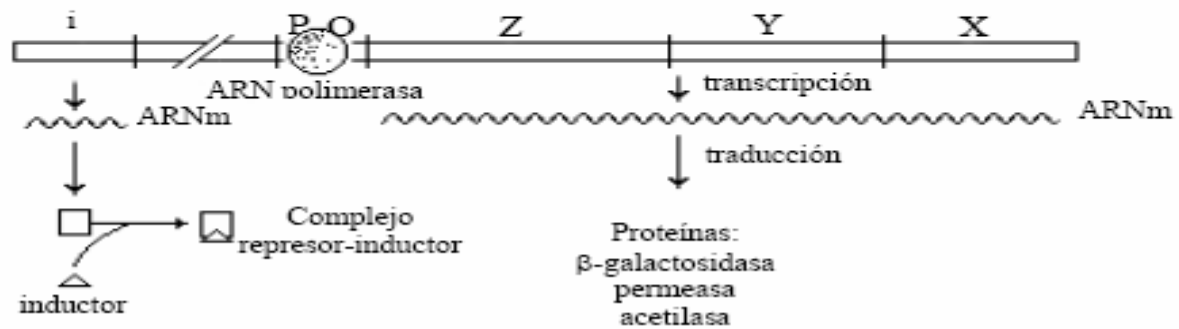
### Organización Operón *Lac*



### En ausencia del inductor



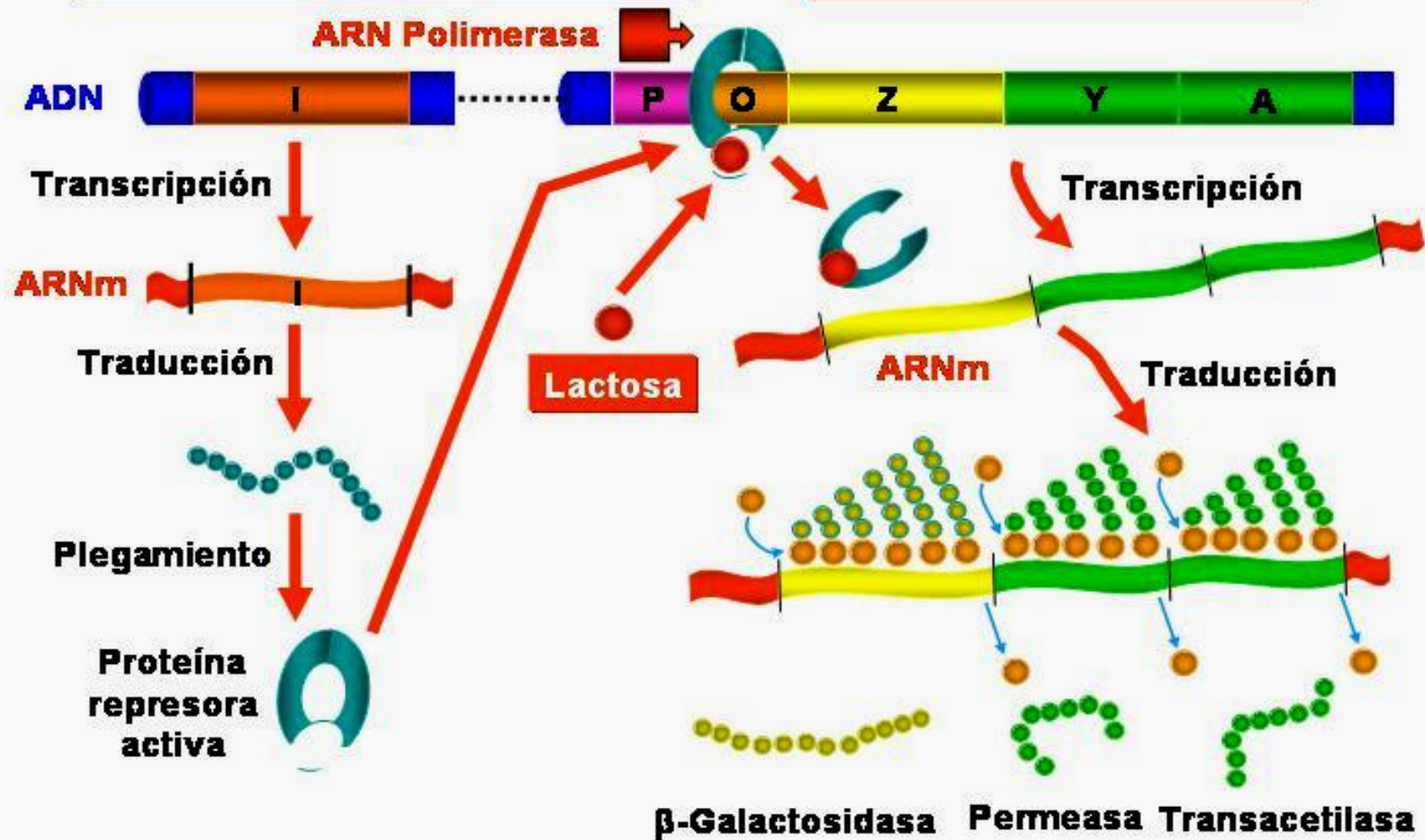
### En presencia del inductor





# Operón Lactosa

## Con Inductor



# Multiplicación Bacteriana

---

Como resultado del metabolismo bacteriano, el microorganismo crece y se multiplica.

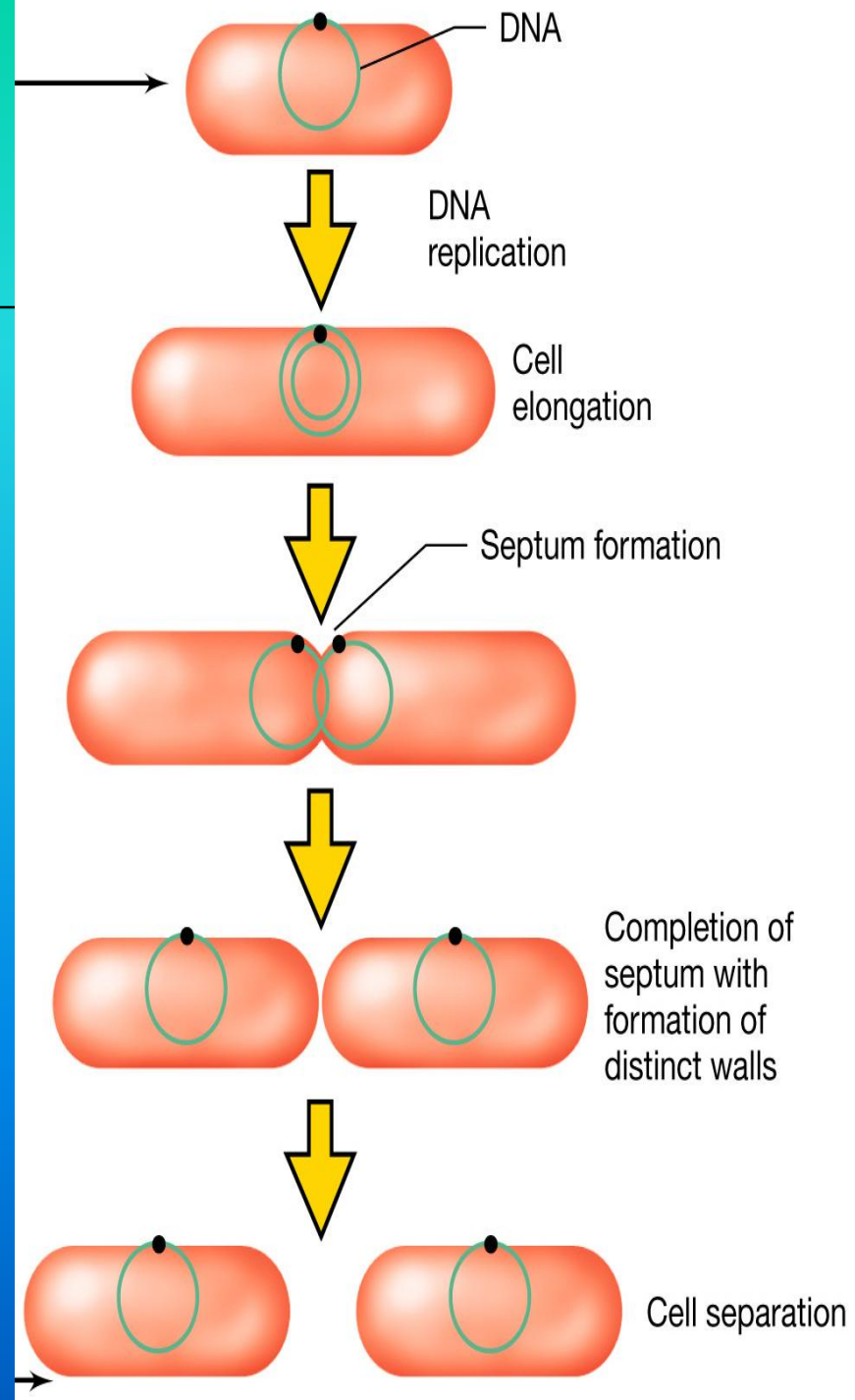
La multiplicación implica el aumento del número, pero no del tamaño bacteriano. Estas, se reproducen normalmente por fisión binaria.

# División Celular

El primer paso es la duplicación del ADN.

Posteriormente, la membrana citoplasmática y la pared celular se invaginan, separando en dos regiones el ADN cromosómico.

Finalmente, las paredes en crecimiento se unen formando dos células individuales, cada una de las cuales es esencialmente idéntica a la célula parental.



# TIEMPO DE GENERACION (G)

Es el intervalo de tiempo que transcurre en que una célula se divide y da origen a la formación de dos células. Ej. *Escherichia coli* el  $G = 20$  min. Se dice que las bacterias crecen en forma exponencial o logarítmica:

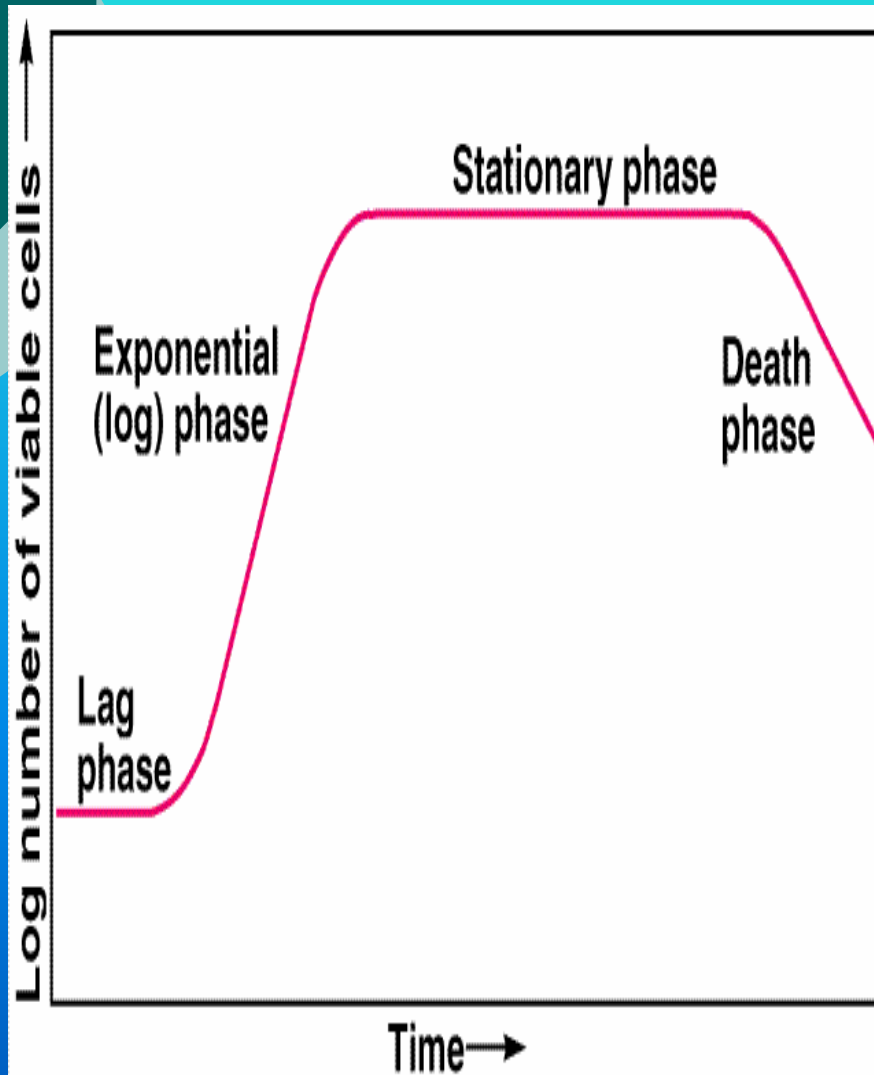
1 generación	→	2 células
2 generaciones	→	4 células
3 generaciones	→	8 células
4 generaciones	→	16 células
5 generaciones	→	32 células
6 generaciones	→	64 células
n generaciones	→	$2^n$

# CURVA DE CRECIMIENTO

---

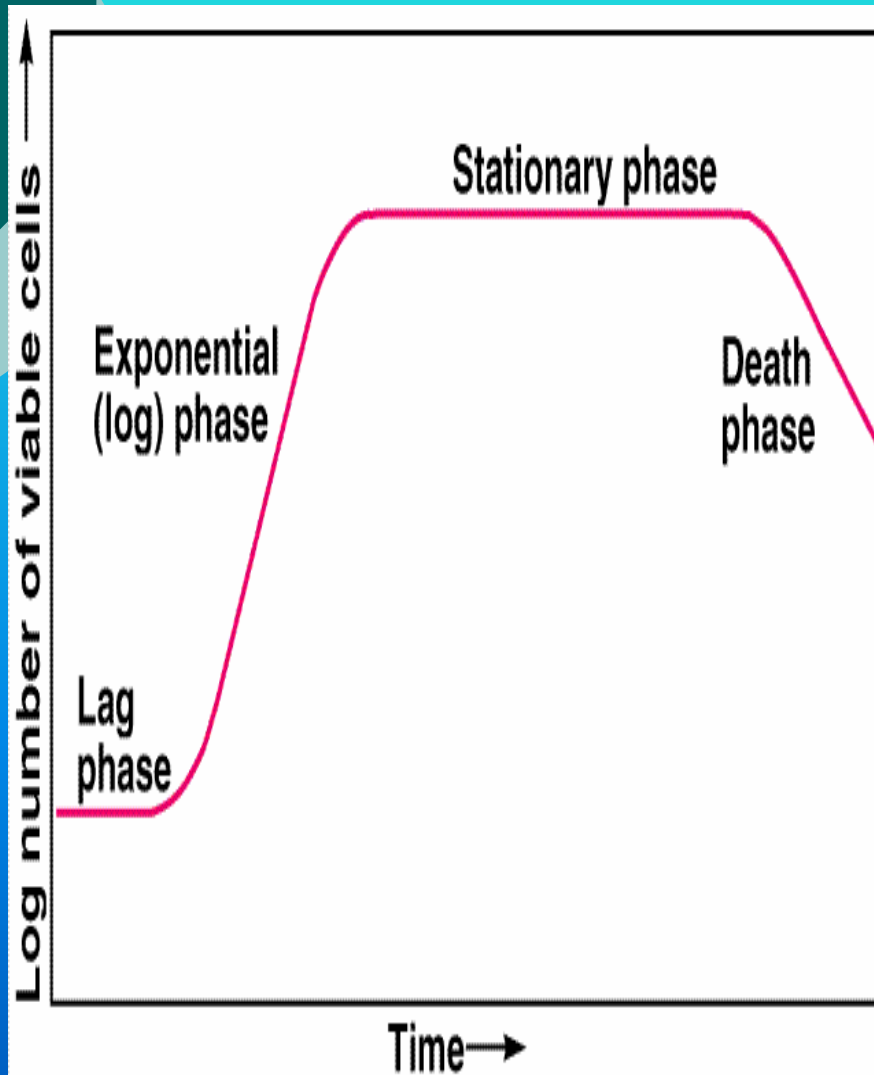
- o Se observa el crecimiento de una bacteria en un medio líquido (Bach), al que no se agregan ni se quitan sustancias,
- o Está representado por una serie de fases o etapas
- o El período de tiempo que dura cada fase dependerá de las características de las bacterias y medio de cultivo.

# CURVA DE CRECIMIENTO



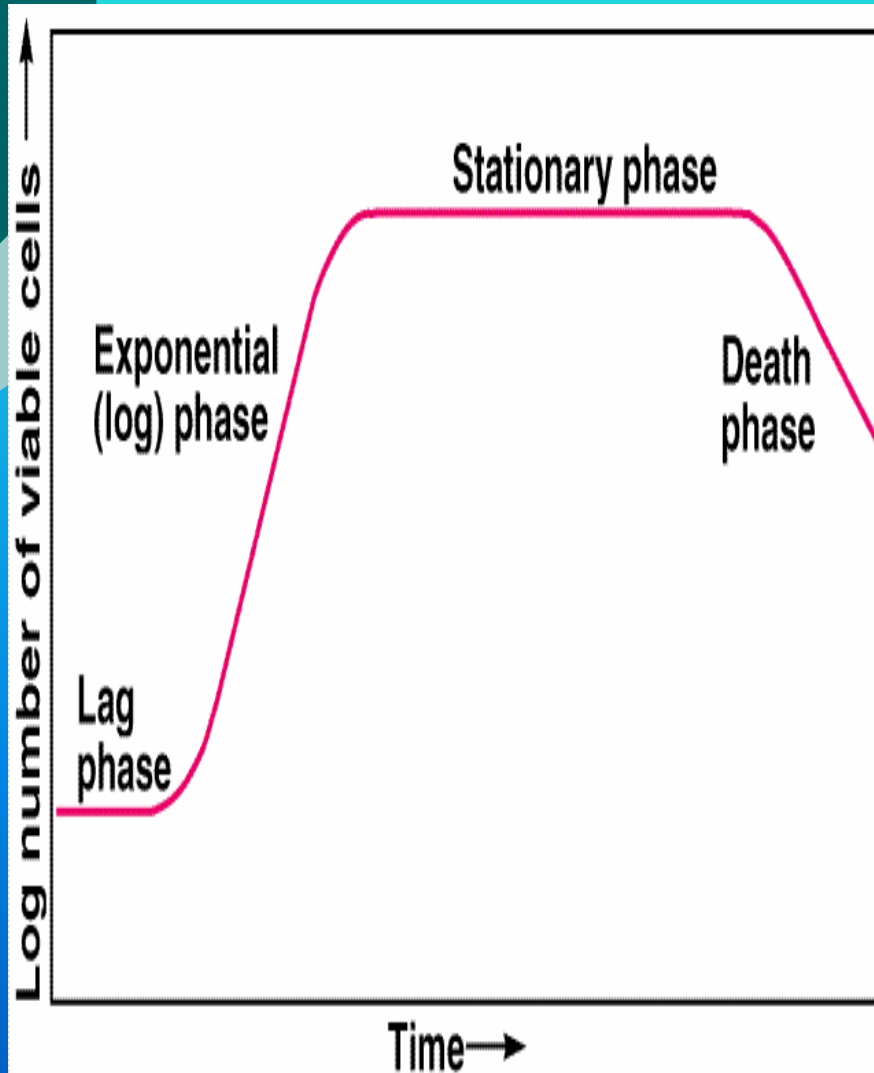
- **Latencia :** La fase de latencia dura aproximadamente 4 hrs.
- No hay crecimiento visible y de hecho puede haber una reducción en el número de bacterias.
- Es un período de adaptación, en que las bacterias tienen una gran actividad metabólica, pero no se dividen

# CURVA DE CRECIMIENTO



- **Logarítmica :** Después de 6 hrs., aproximadamente, de haber sembrado las bacterias en un medio óptimo, las bacterias comienzan a dividirse en forma constante y máxima.
- El número de bacterias aumenta en progresión geométrica y la resultante es una línea recta ascendente. Este período termina más o menos a las 12 hrs, debido a la disminución de los nutrientes disponibles

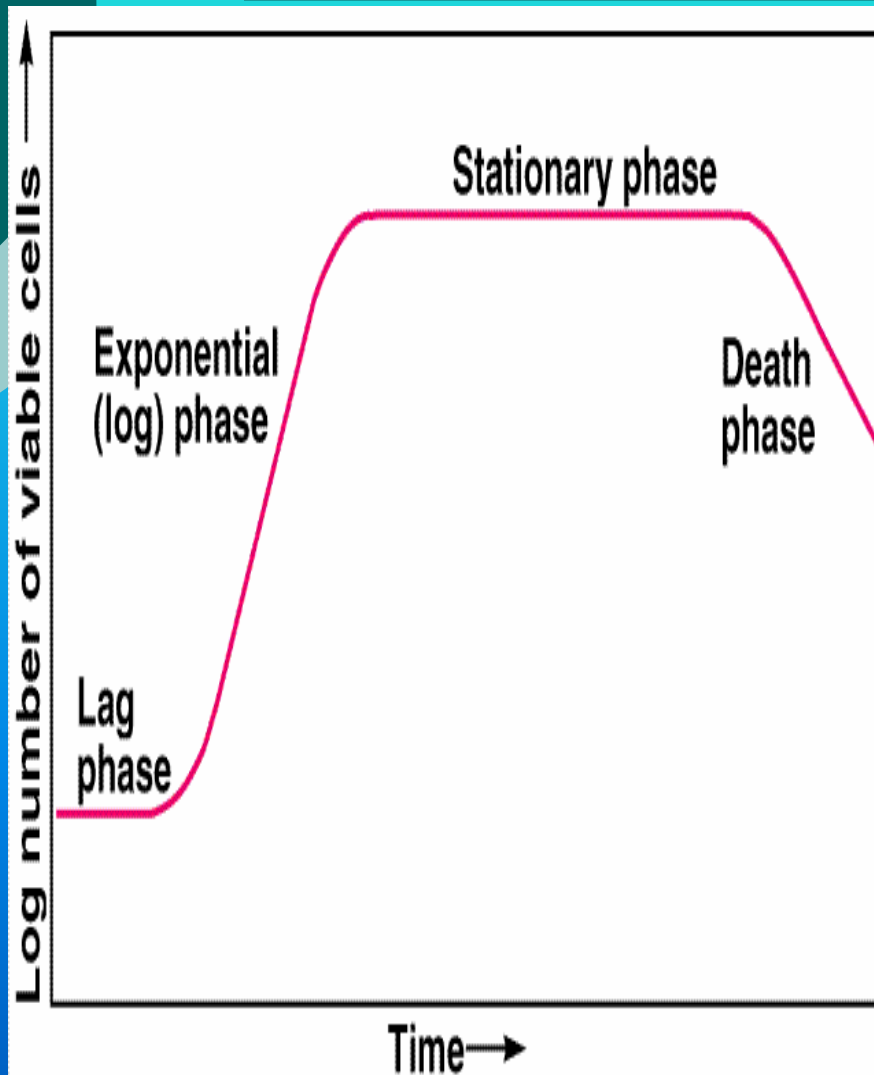
# CURVA DE CRECIMIENTO



- **Estacionaria :** Debido a la acumulación de desechos metabólicos y disminución de los nutrientes, la actividad metabólica decae.
- Las bacterias se dividen con menor frecuencia y el número total de bacterias vivas permanece constante, puesto que el número de muertes se equilibra con el de multiplicación.
- En la mayoría de las bacterias esta fase se produce entre las 18 a 24 hrs.



# CURVA DE CRECIMIENTO



- **Regresión :** En esta fase, conocida también como fase de muerte, las bacterias dejan de multiplicarse y mueren con el tiempo, debido al término de nutrientes, acumulación de material de desecho y disminución del espacio físico.
- No todas las bacterias del cultivo se encuentran en esta fase al mismo tiempo, por lo tanto se representa como una pendiente, que no llega a 0
- Esta curva sólo se produce en condiciones de laboratorio.

# **Factores que afectan el crecimiento bacteriano**

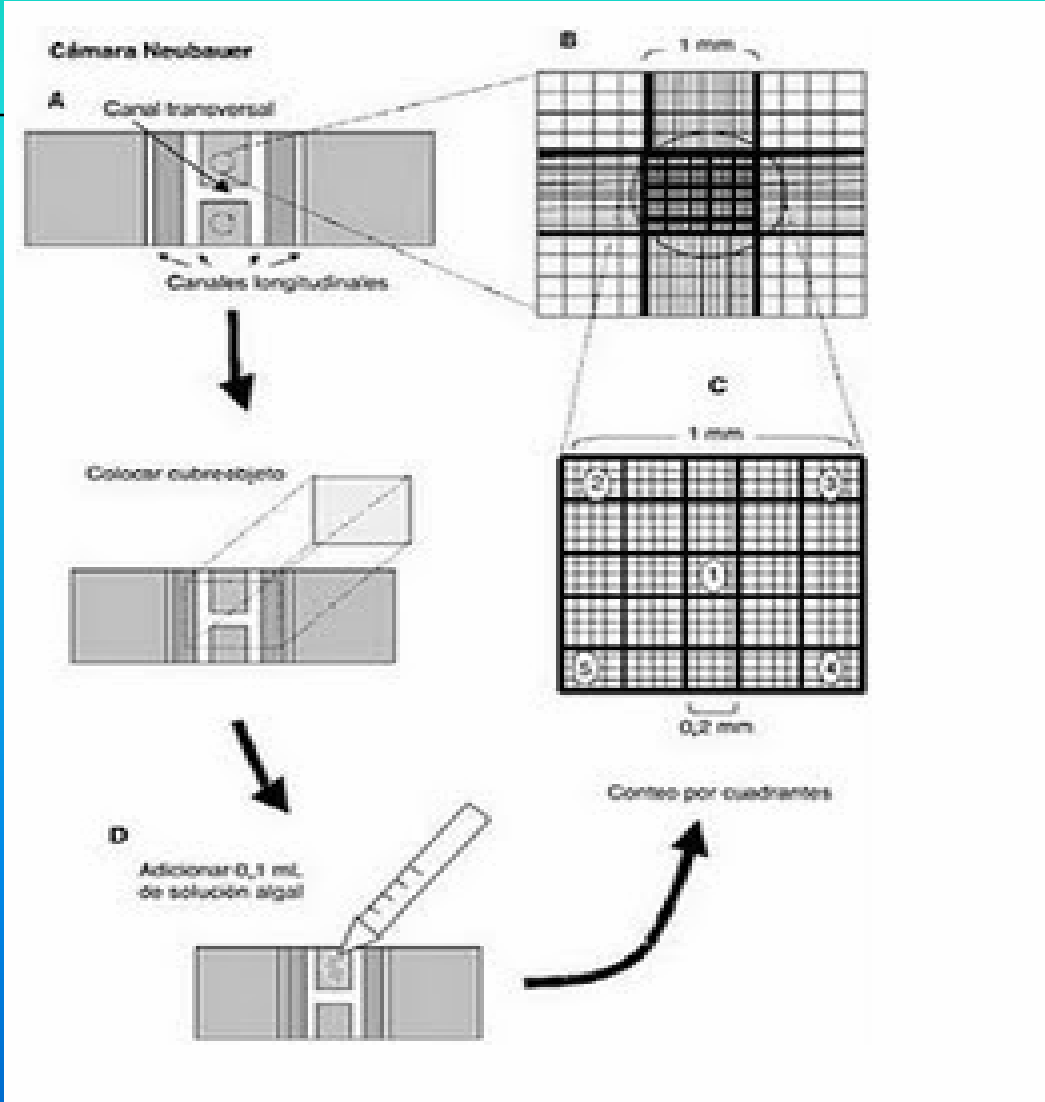
---

- Temperatura
- pH
- Agua
- Concentración de sales
- Oxígeno

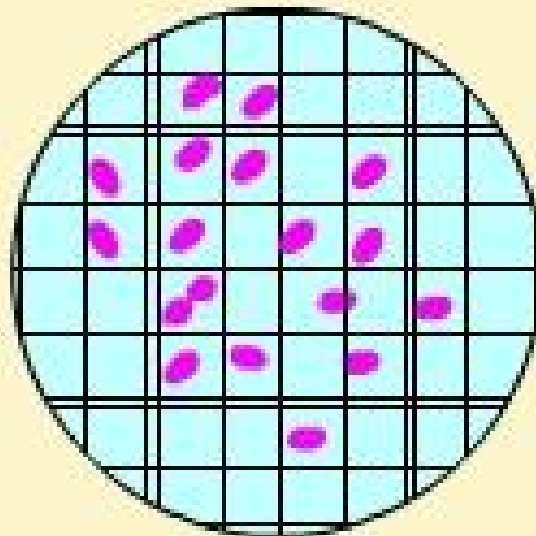
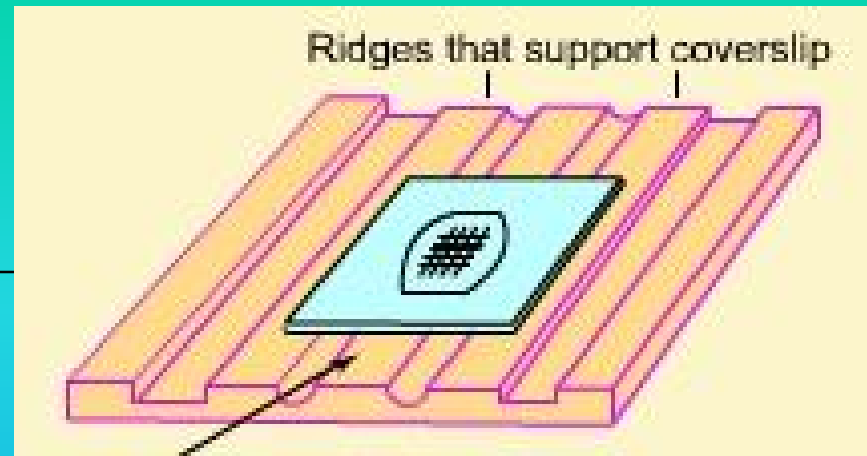
# **MEDICION CRECIMIENTO BACTERIANO**

---

- 1. Conteo del número de células (microscopio).**
- 2. Por la turbidez del cultivo en medio líquido.**
- 3. Medición del peso seco de la masa celular.**
- 4. Medición de la concentración de nitrógeno.**
- 5. Recuento en placa de bacterias viables.**
- 6. Filtración por membrana**
- 7. Método de los tubos múltiples.**



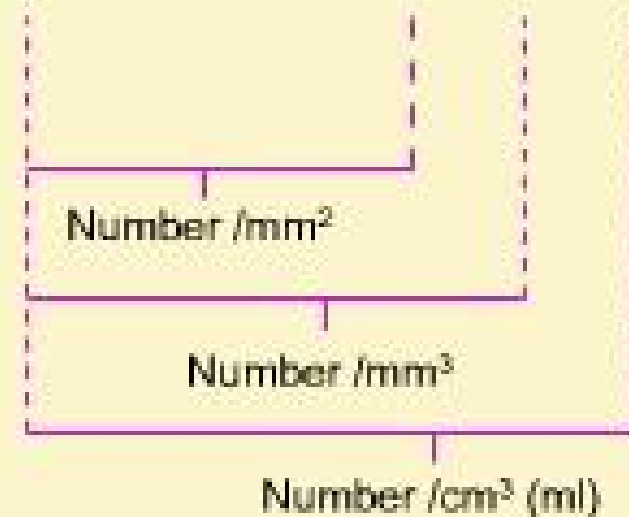
# Medición del Crecimiento (Cámara de Neubauer)



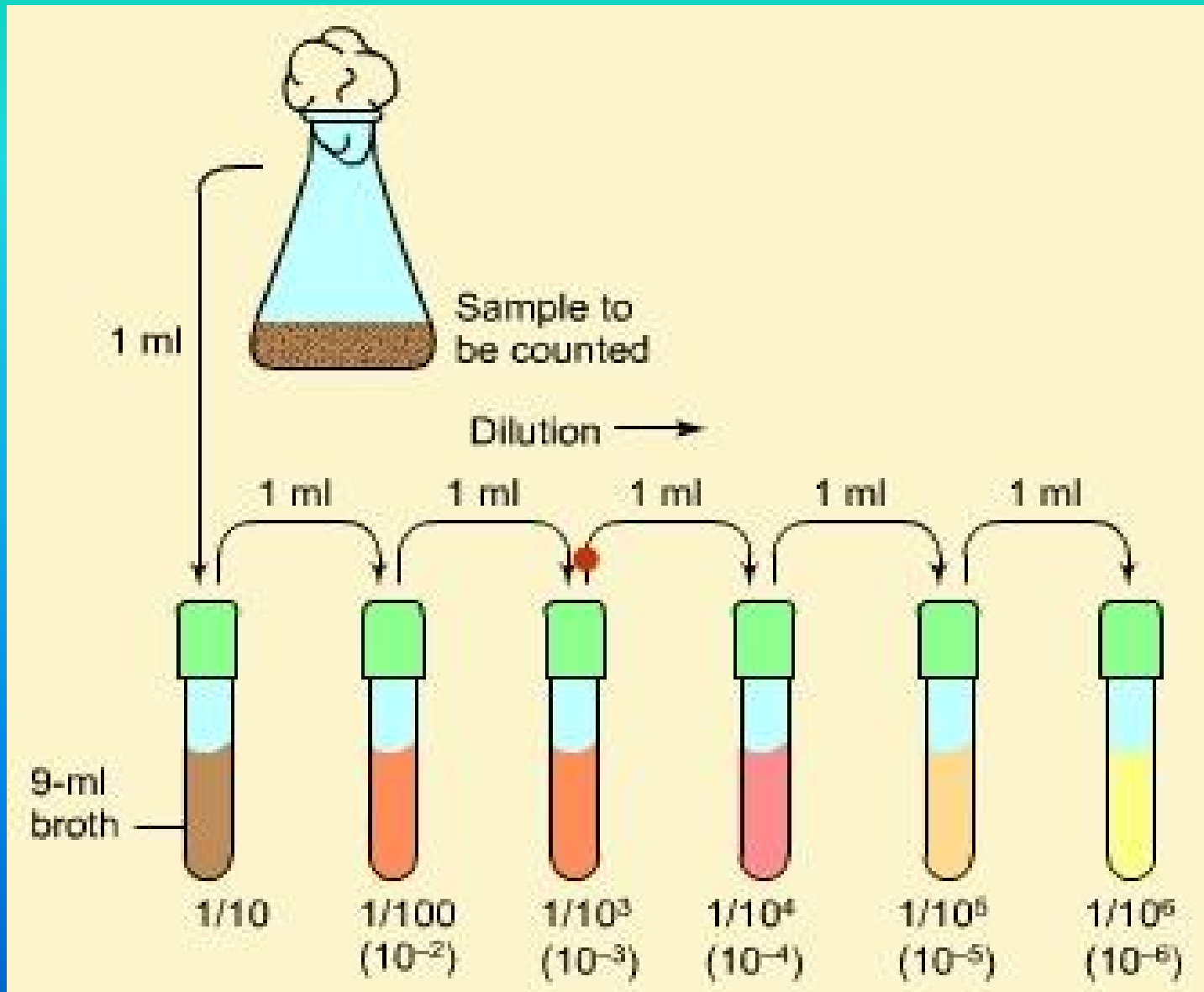
Microscopic observation; all cells are counted in large square: 12 cells (in practice, several squares are counted and the numbers averaged).

To calculate number per milliliter of sample:

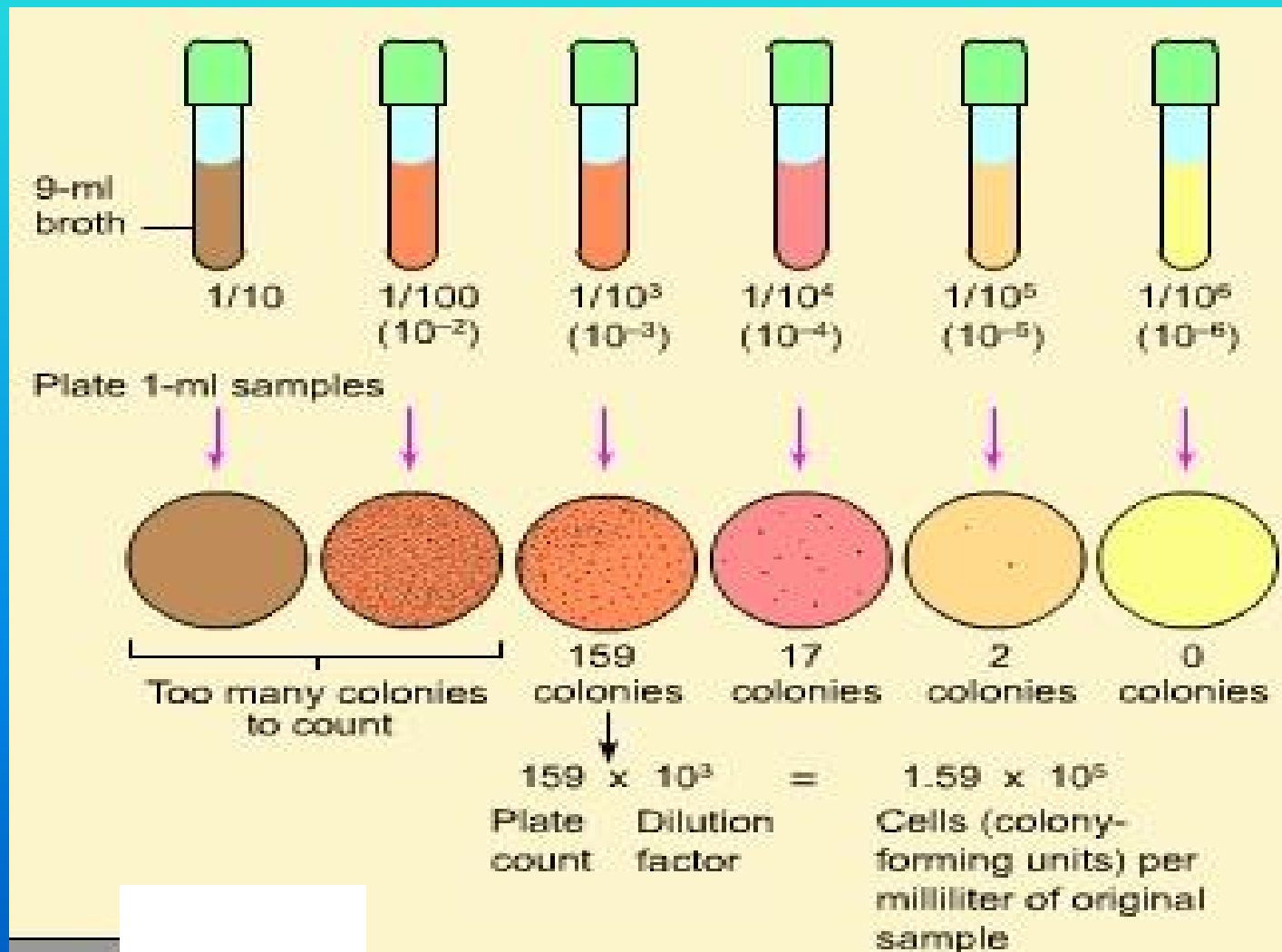
$$12 \text{ cells} \times 25 \text{ squares} \times 50 \times 10^3 = 1.5 \times 10^7$$



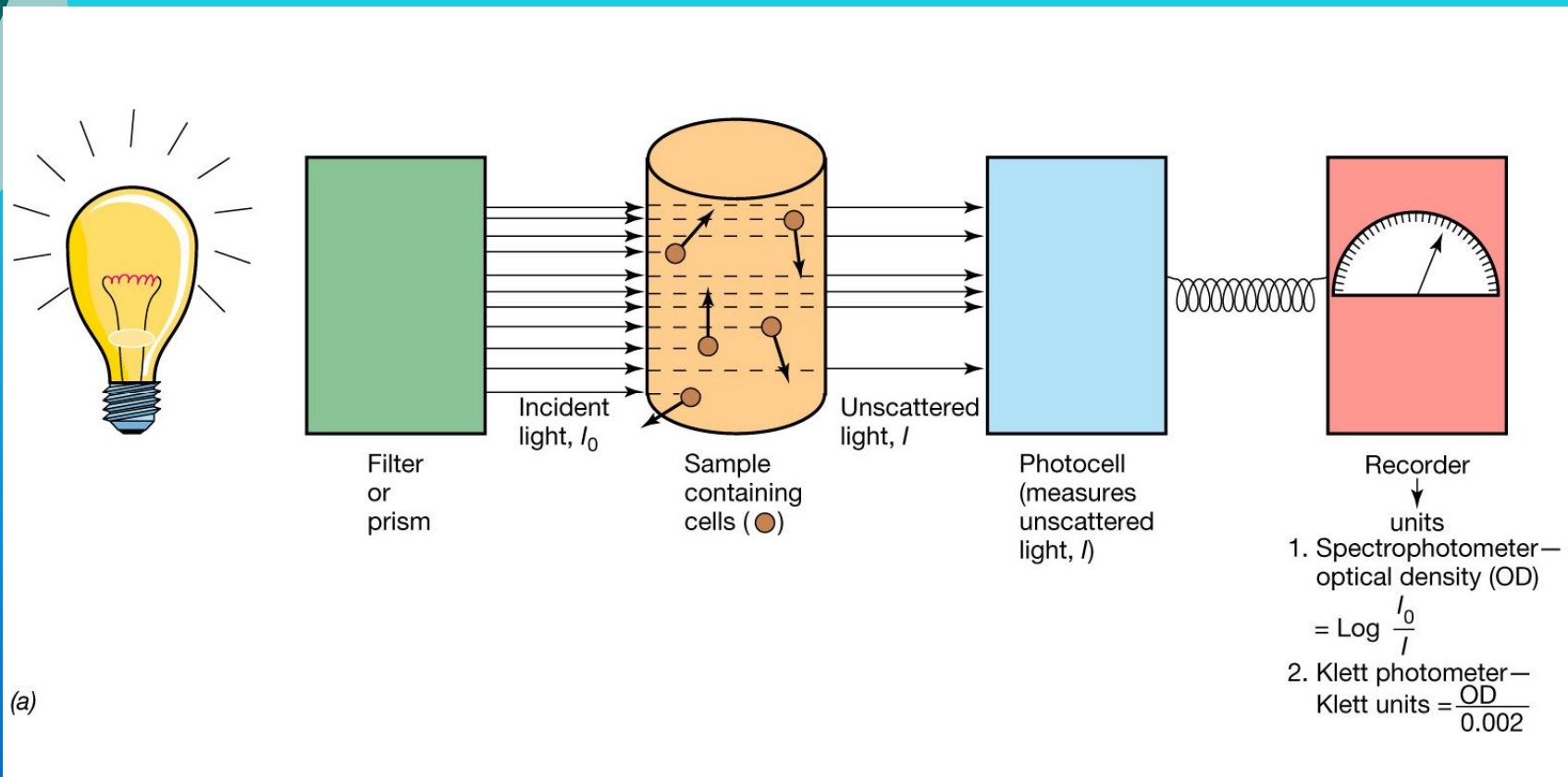
# Medición del Crecimiento (Tubos Múltiples)



# Medición del crecimiento



# Espectrofotómetro en medida del crecimiento





---

*GRACIAS*

GRACIAS

GRACIAS

GRACIAS

**GRACIAS**

GRACIAS

