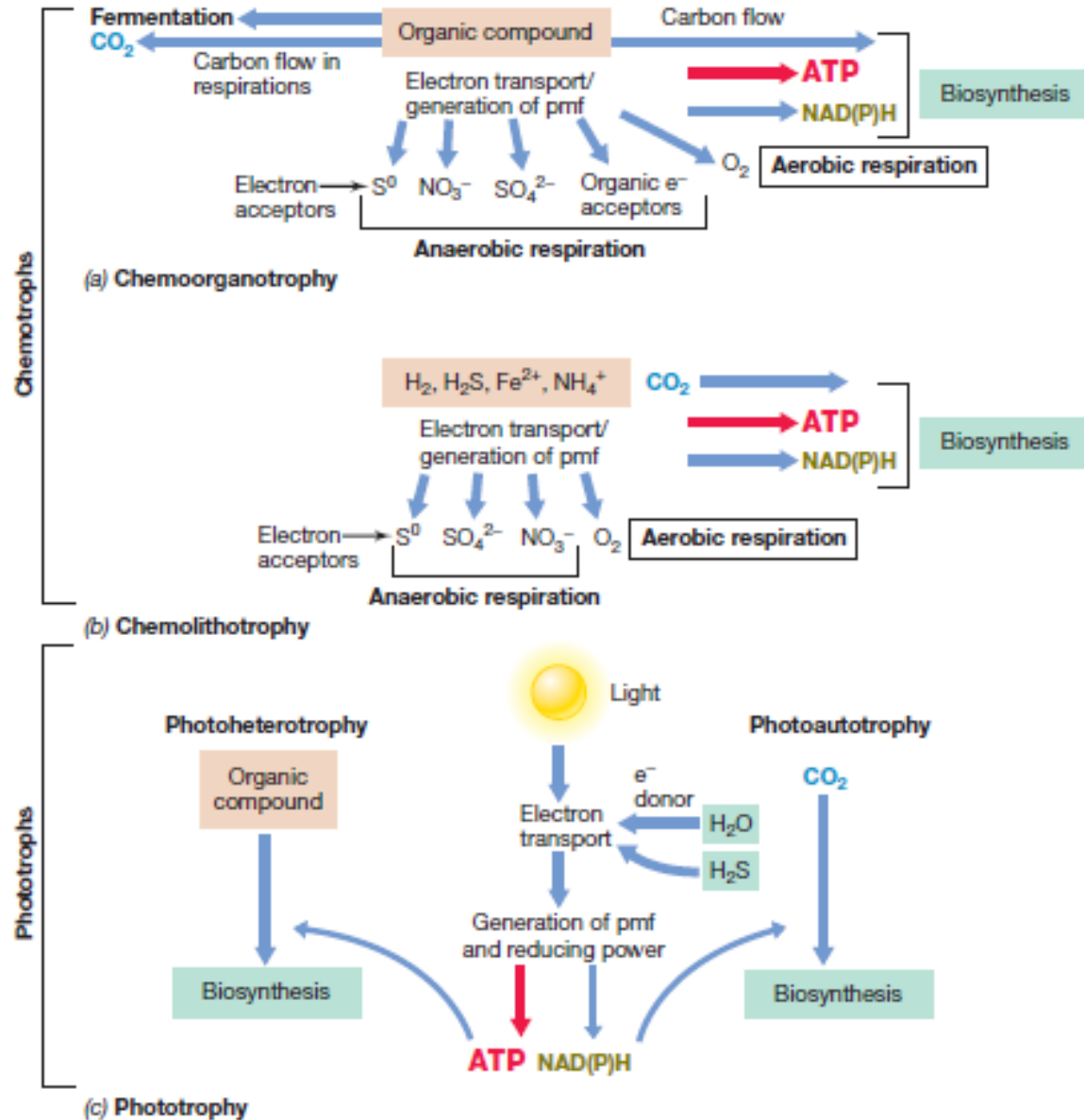
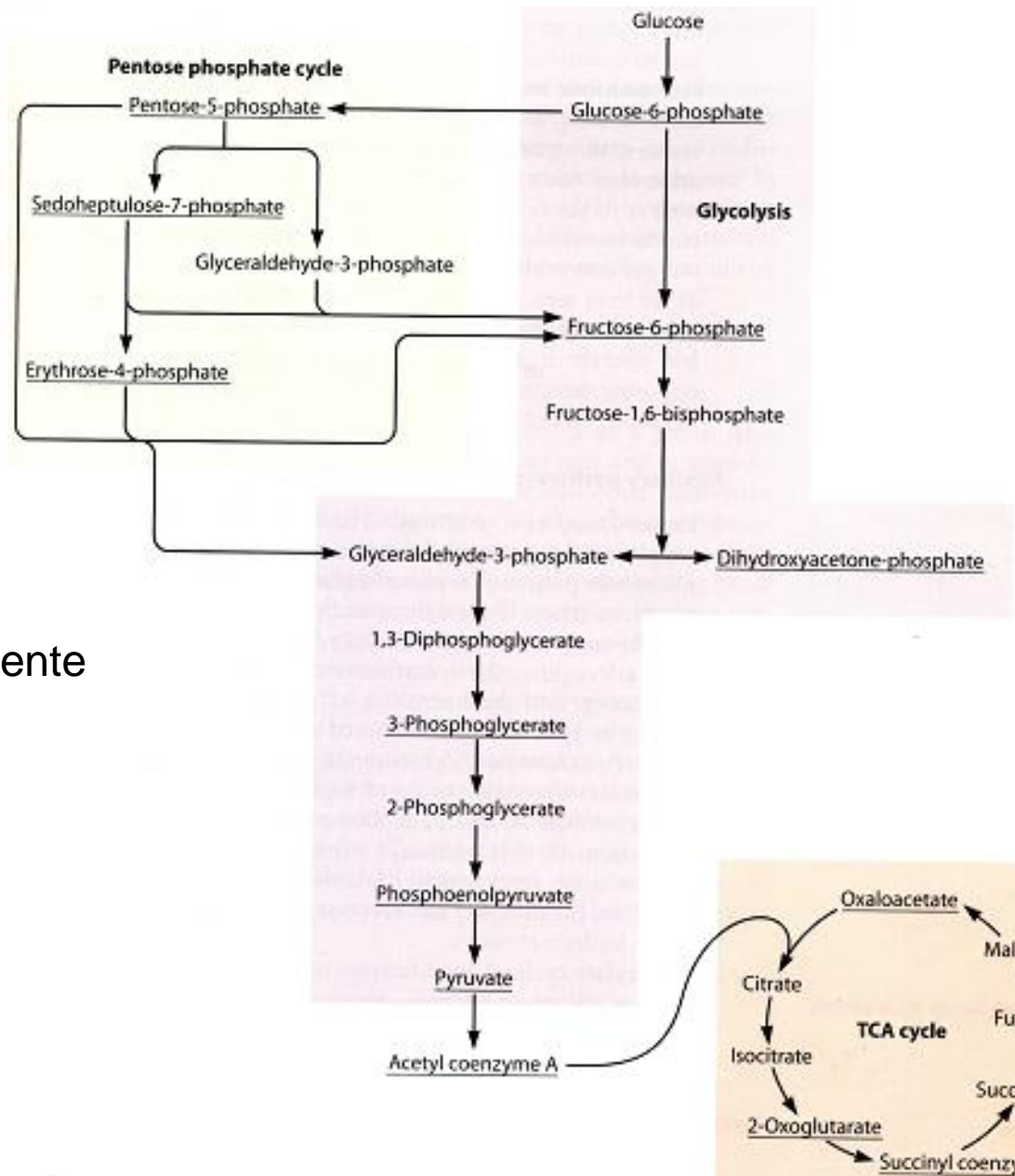


# Diversidad Catabólica de los Procariotas



**Metabolismo Central.** Consiste en 3 rutas comunes y varias rutas accesorias, especie-específicas.

- ✓ **Glicólisis** (ruta EMP)
- ✓ **Ruta de la Pentosa-P** (PP)
- ✓ **Ciclo de los ácidos tricarboxílicos** (TCA)

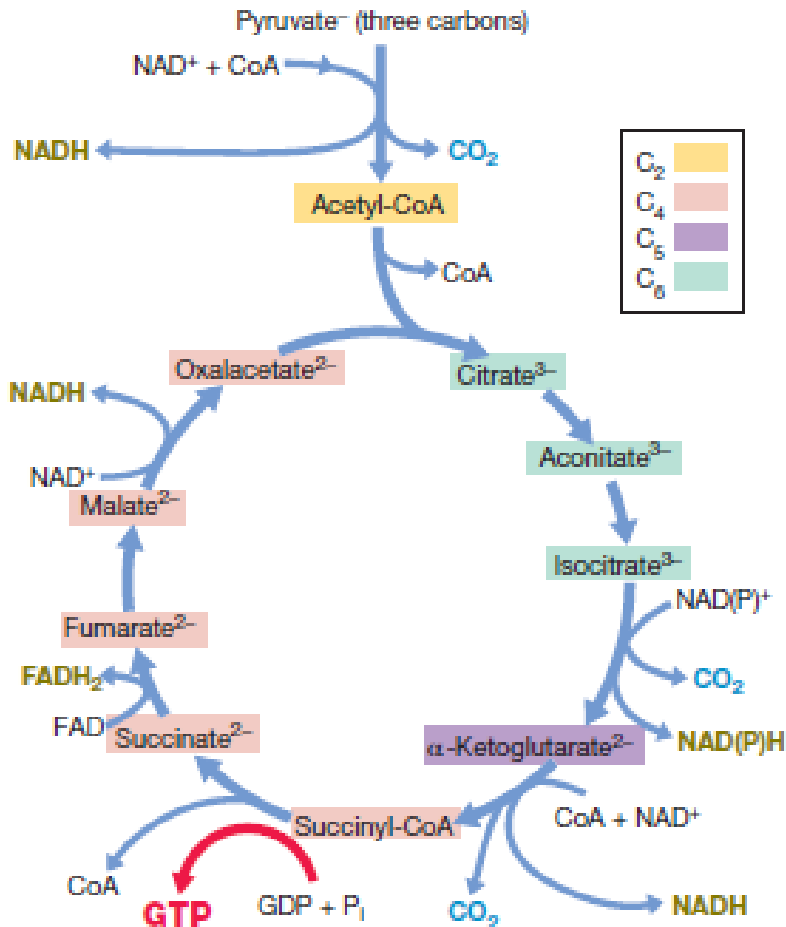


### Principales rutas oxidativas

Están conservadas universalmente y dan lugar a la síntesis de los

**13 metabolitos precursores** (subrayados)

# Ciclo de los Acidos Tricarboxílicos o (Krebs)



## Balance energético en la Respiración Aeróbica

**Energetics Balance Sheet for Aerobic Respiration**

(1) **Glycolysis:**  $\text{Glucose} + 2 \text{NAD}^+ \rightarrow 2 \text{Pyruvate}^- + 2 \text{ATP} + 2 \text{NADH}$

↓ to CAC
↓ to Complex I

(a) Substrate-level phosphorylation  
 $2 \text{ADP} + \text{P}_i \rightarrow 2 \text{ATP}$

(b) Oxidative phosphorylation  
 $2 \text{NADH} \rightarrow 6 \text{ATP}$

**8 ATP**

(2) **CAC:**  $\text{Pyruvate}^- + 4 \text{NAD}^+ + \text{GDP} + \text{FAD} \rightarrow 3 \text{CO}_2 + 4 \text{NADH} + \text{FADH}_2 + \text{GTP}$

↓ to Complex I
↓ to Complex II

(a) Substrate-level phosphorylation  
 $1 \text{GDP} + \text{P}_i \rightarrow 1 \text{GTP} (=1 \text{ATP})$

(b) Oxidative phosphorylation  
 $4 \text{NADH} \rightarrow 12 \text{ATP}$   
 $1 \text{FADH}_2 \rightarrow 2 \text{ATP}$

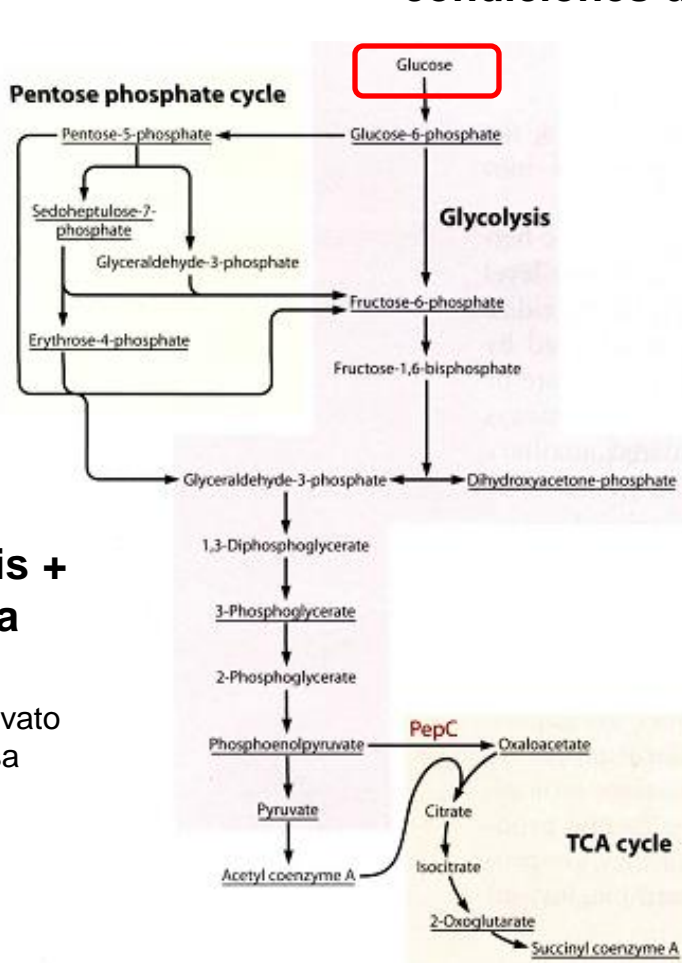
**15 ATP (× 2)**

(3) **Sum:** Glycolysis plus CAC  $\rightarrow$  **38 ATP per glucose**

# Flexibilidad del Metabolismo Central

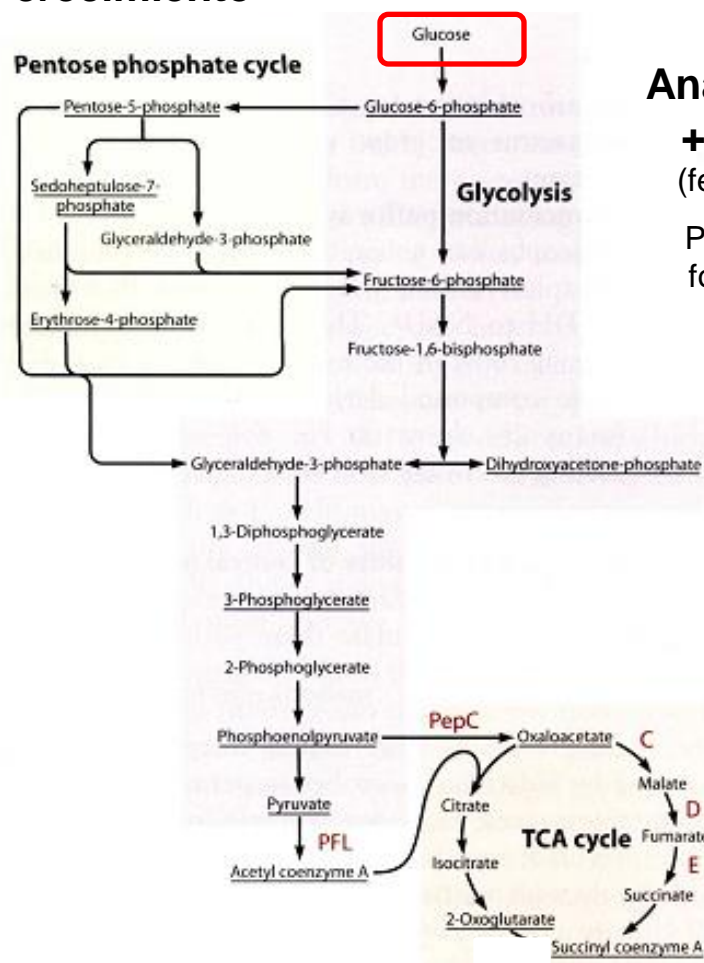
Las rutas centrales pueden operar en sentido directo o reverso, permitiendo a los microorganismos crecer con diferentes sustratos y aceptores de electrones

Obtención de metabolitos precursores en *E. coli* (heterótrofo facultativo) en distintas condiciones de crecimiento



**Aerobiosis + glucosa**

PEP C:  
fosfoenolpiruvato  
carboxilasa



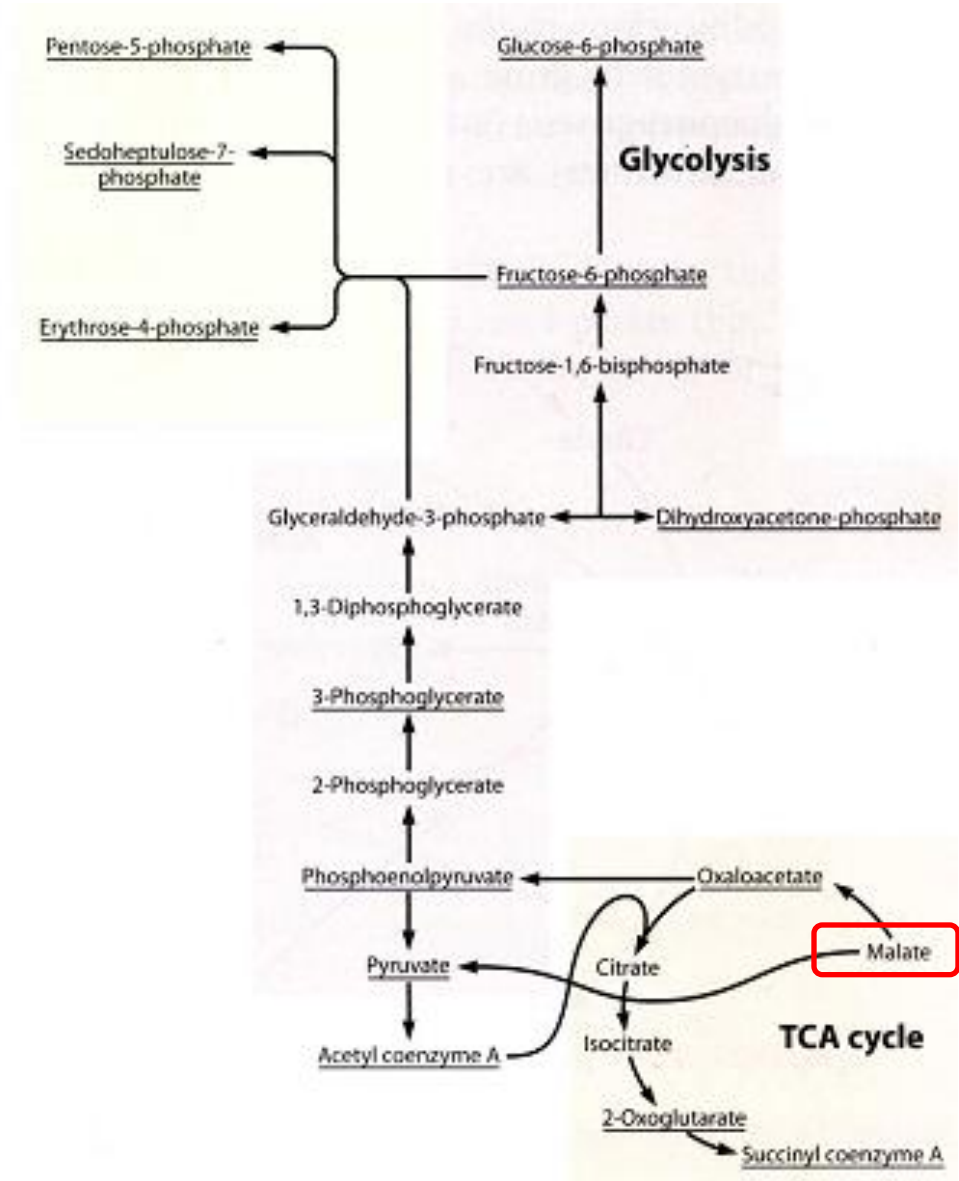
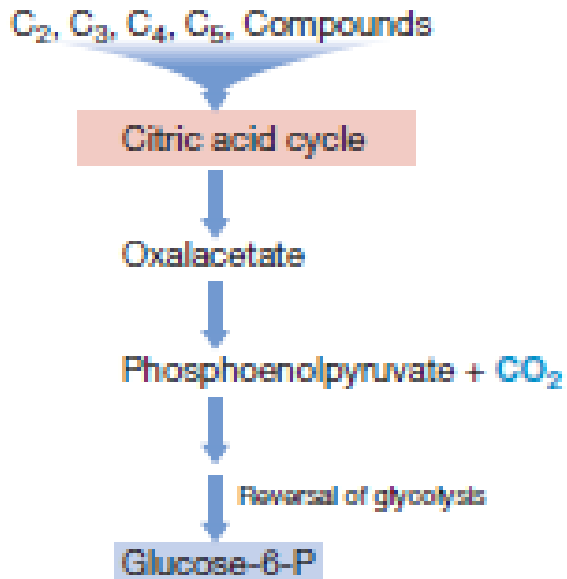
**Anaerobiosis**

**+ glucosa**  
(fermentación)

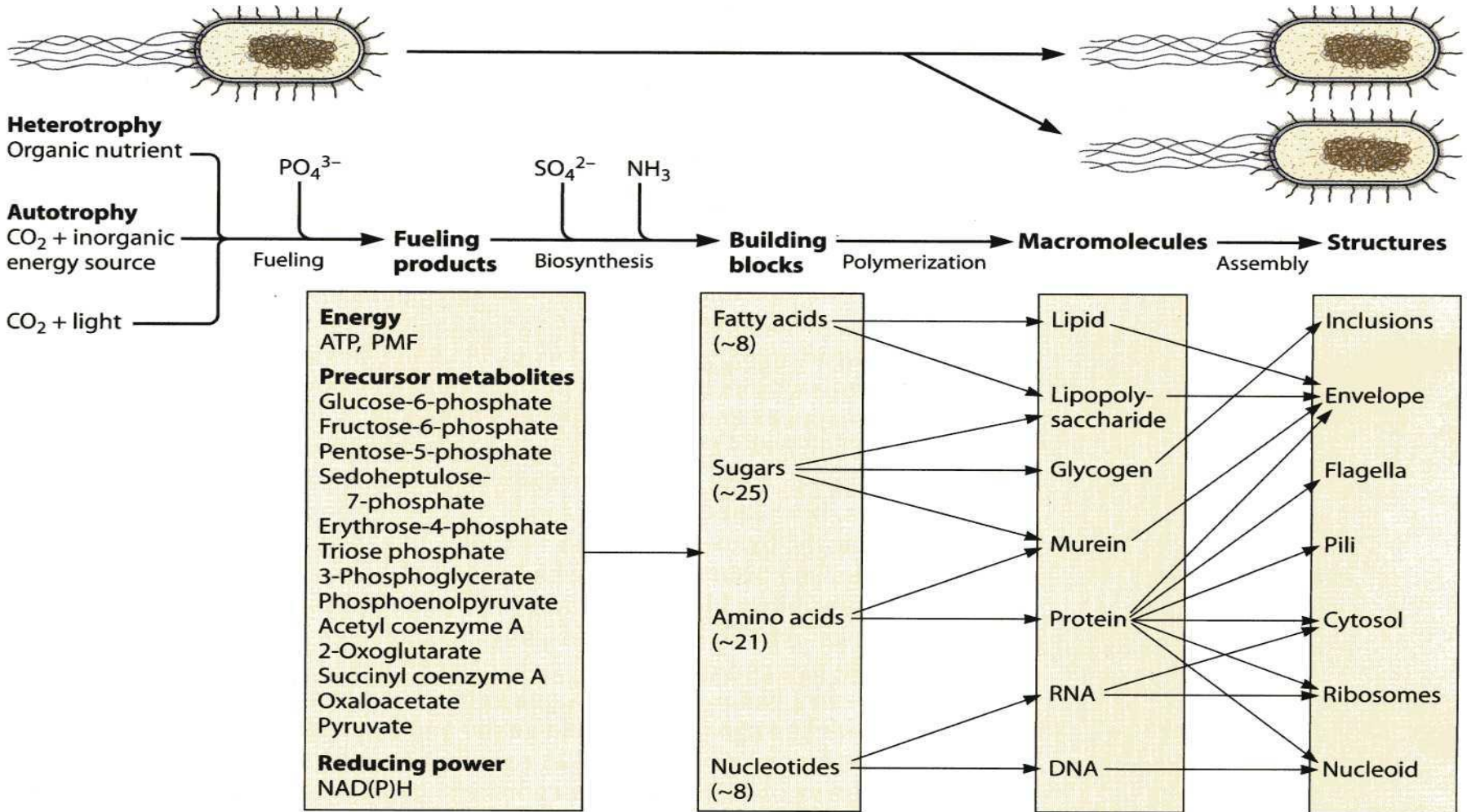
PFL: piruvato  
formato liasa

# Crecimiento aeróbico en malato

**Gluconeogénesis:**  
formación de hexosa  
partir de precursores  
de 2-5 C

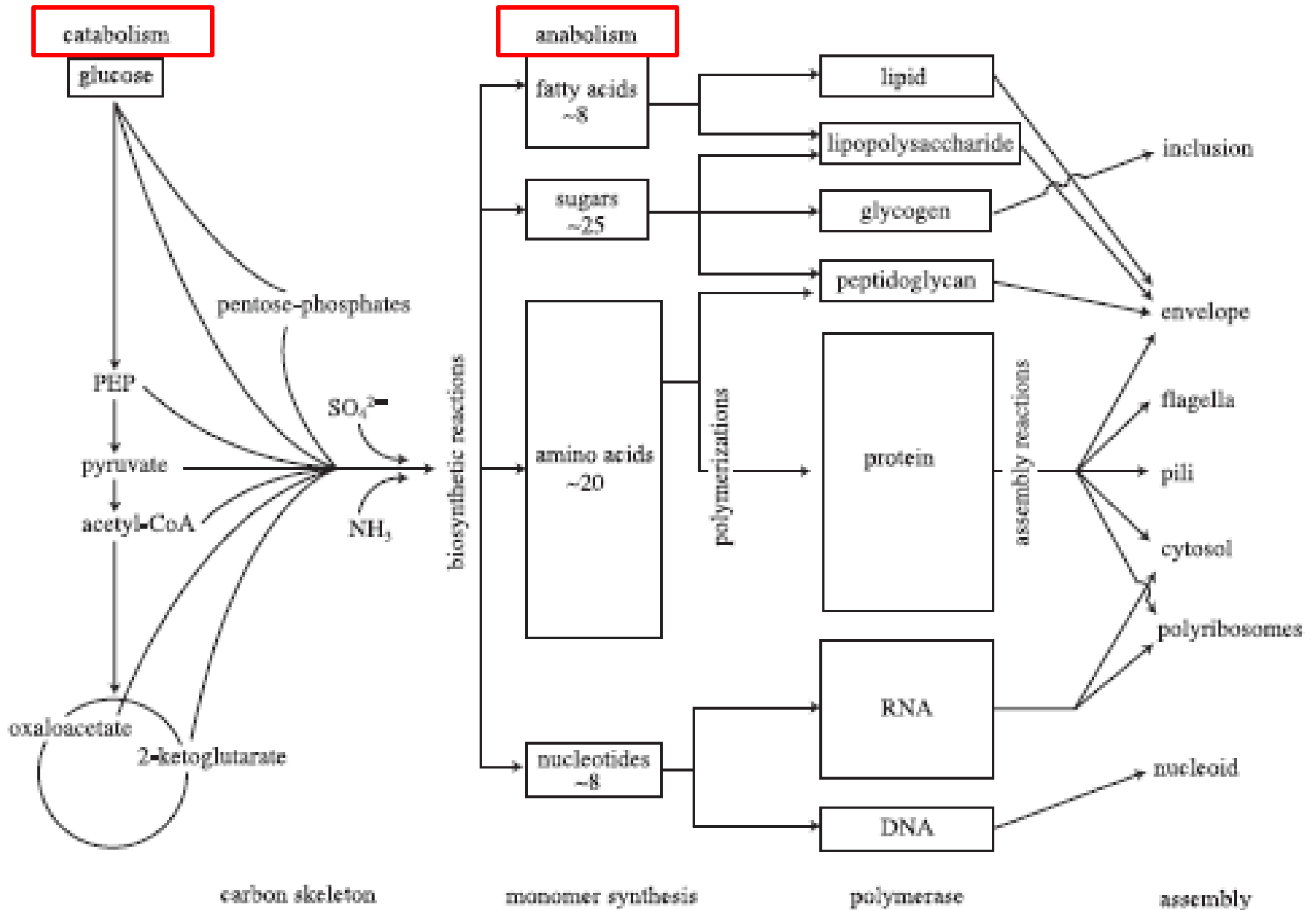


# Biosíntesis



**Figure 5.1 Framework of bacterial growth metabolism leading to the production of two cells from one.** The diagram illustrates the biochemical flow that converts organic substrates (heterotrophy) or CO<sub>2</sub> (autotrophy) into the structures of a bacterial cell through the sequential processes of fueling, biosynthesis, polymerization, and assembly.

# Catabolismo y Anabolismo

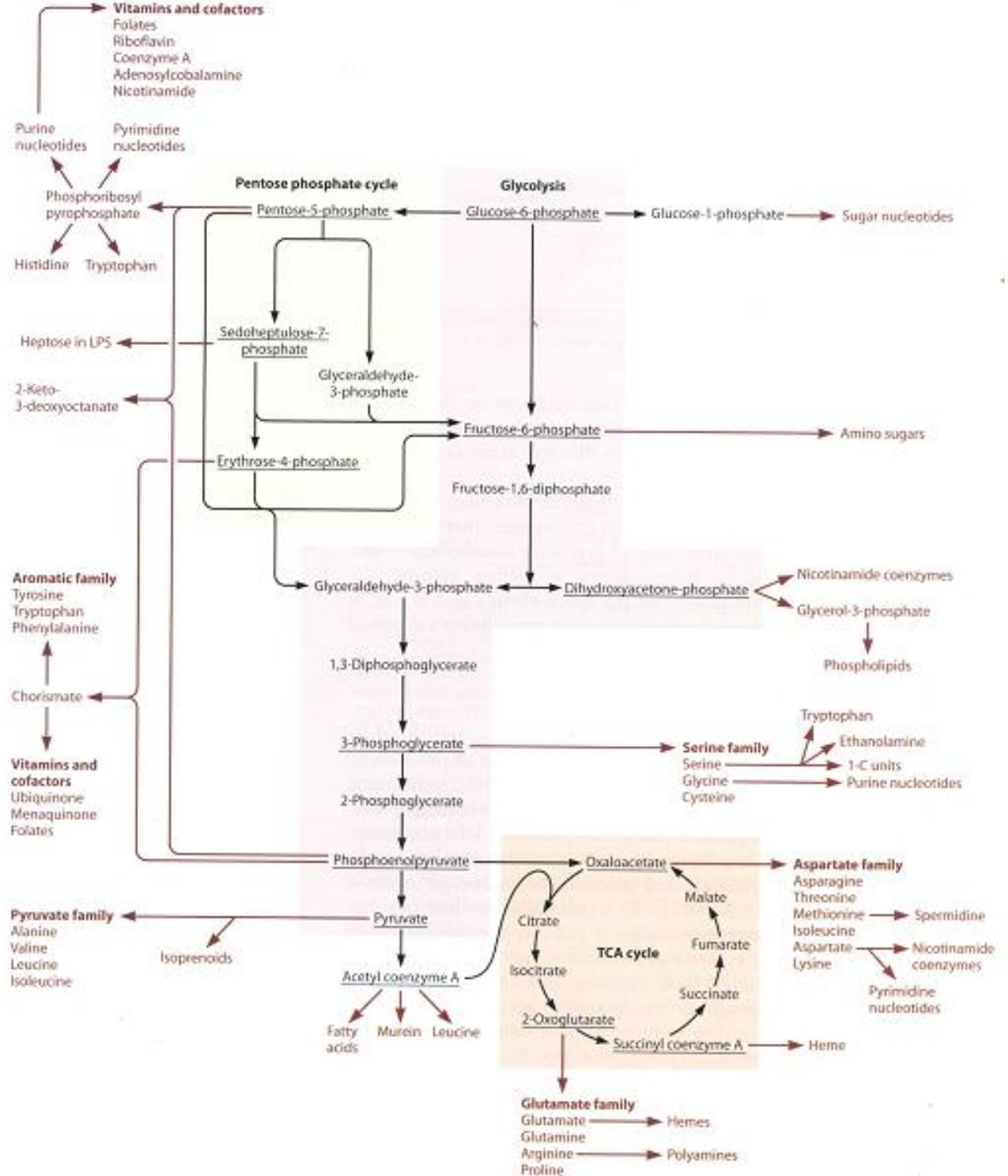


# Rutas desde el Metabolismo Central a los productos finales Biosintéticos

13 metabolitos precursores (subrayados)

Productos finales biosintéticos (rojo)

Las reacciones biosintéticas que generan los componentes estructurales de las macromoléculas (*building blocks*) son comunes en todos los organismos



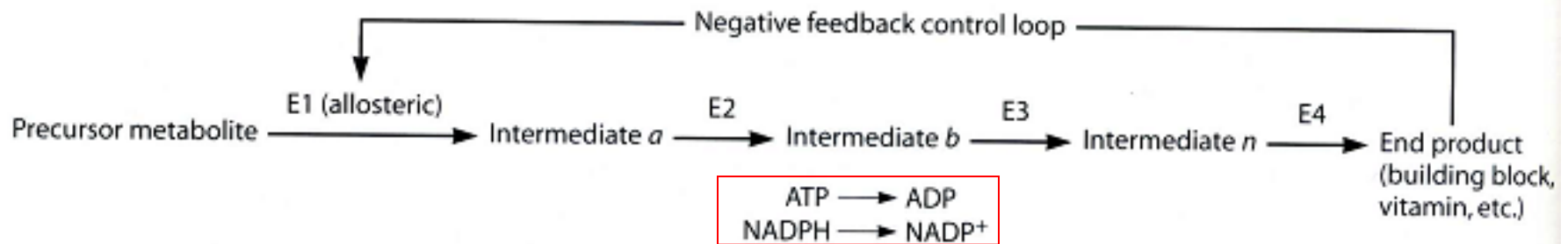


# Características de las rutas biosintéticas

1. Consumen poder reductor (NADPH) y ATP

2. Reguladas por enzimas alostéricas

## A Generalized features of a pathway



## B Some pathway patterns

Precursor metabolite  $\longrightarrow$   $a$   $\longrightarrow$   $b$   $\longrightarrow$   $c$   $\longrightarrow$  End product

Precursor metabolite  $\longrightarrow$   $a$   $\begin{cases} \longrightarrow b_1 \longrightarrow c_1 \longrightarrow d_1 \longrightarrow \text{End product 1} \\ \longrightarrow b_2 \longrightarrow c_2 \longrightarrow d_2 \longrightarrow \text{End product 2} \\ \longrightarrow d_3 \longrightarrow \text{End product 3} \end{cases}$

Precursor metabolite 1  $\longrightarrow$   $a$   $\longrightarrow$   $b$   $\longrightarrow$   $c$   $\longrightarrow$  End product 1  $\longrightarrow$  End product 2  
Precursor metabolite 2  $\longrightarrow$   $a$

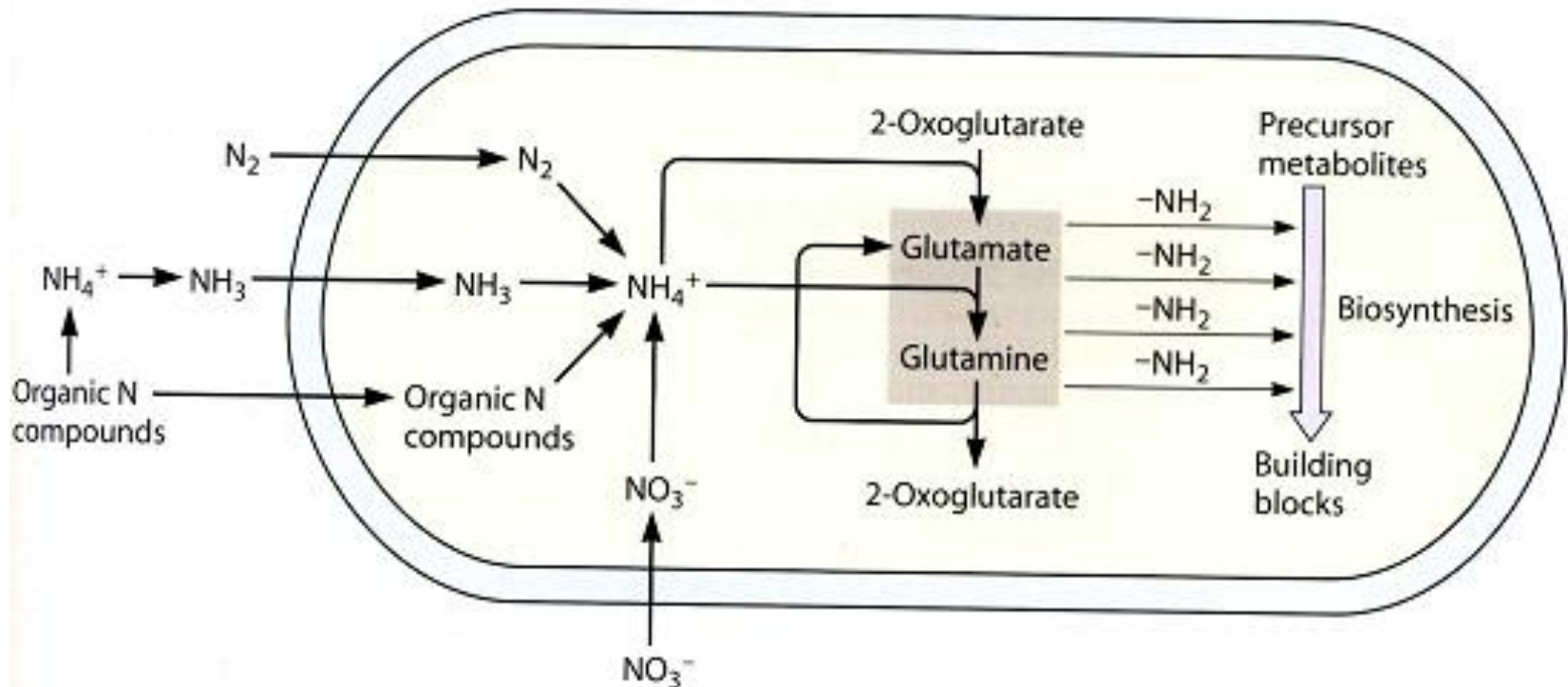
Los metabolitos precursores deben incorporar N, S y P: **Asimilación**

## Asimilación de Nitrógeno

Se incorpora al material celular en estado reducido (-3, como grupo amino o amido) y permanece reducido en la mayoría de los componentes celulares

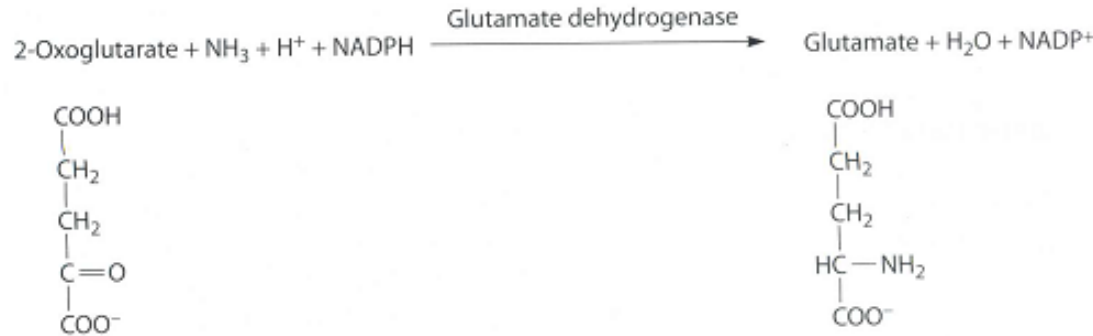
Se encuentra en AA y nucleótidos

Principales donadores fisiológicos de grupos amino: **glutamato** (90 % del N celular) y **glutamina**



La síntesis de glutamato puede ocurrir por 2 vías diferentes dependiendo de la disponibilidad de N del medio:

**$\text{NH}_4^+ > 1 \text{ mM}$ , mediante GDH**

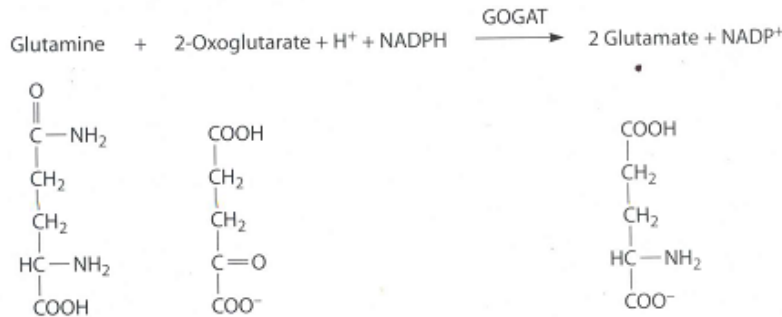


Altos niveles de  $\text{NH}_4^+$   
No requiere ATP

**$\text{NH}_4^+ < 0.5 \text{ mM}$ , mediante GS + GOGAT**

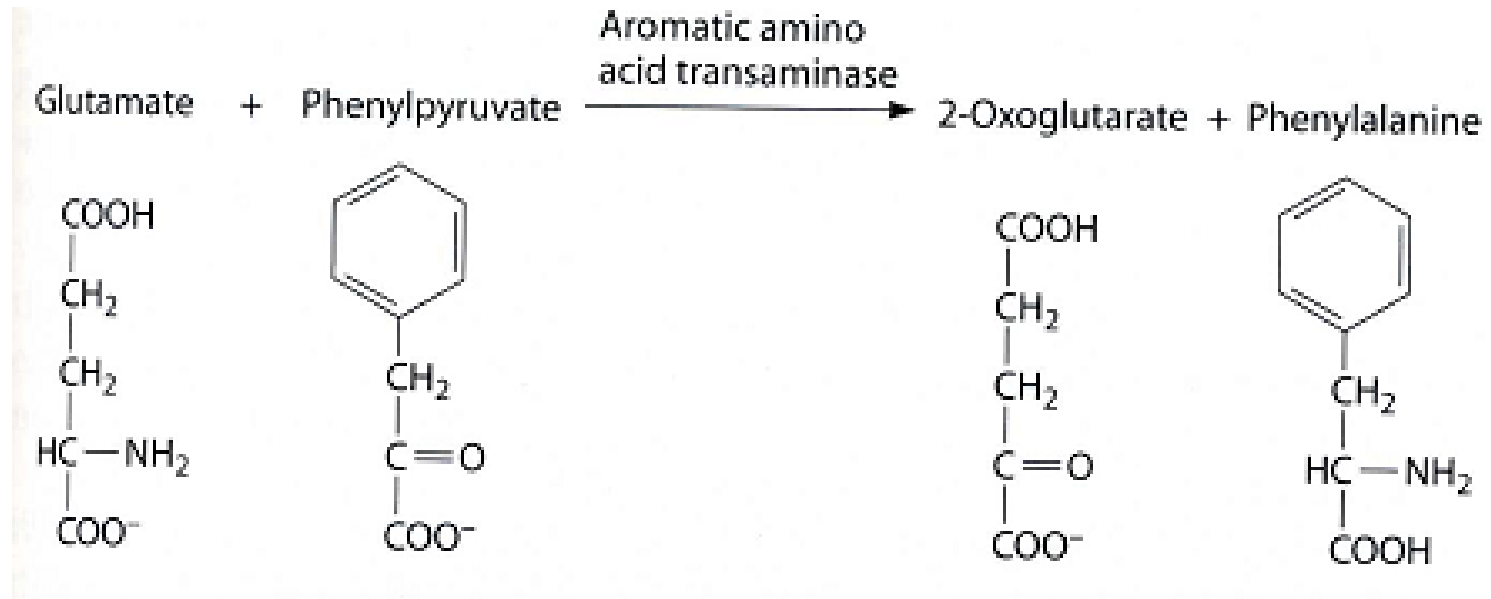


Bajos niveles de  $\text{NH}_4^+$   
Requiere ATP



GOGAT: glutamato-oxoglutarato amido transferasa

El glutamato dona el grupo amino ( $\text{NH}_2$ ) por transaminación durante la biosíntesis de aa

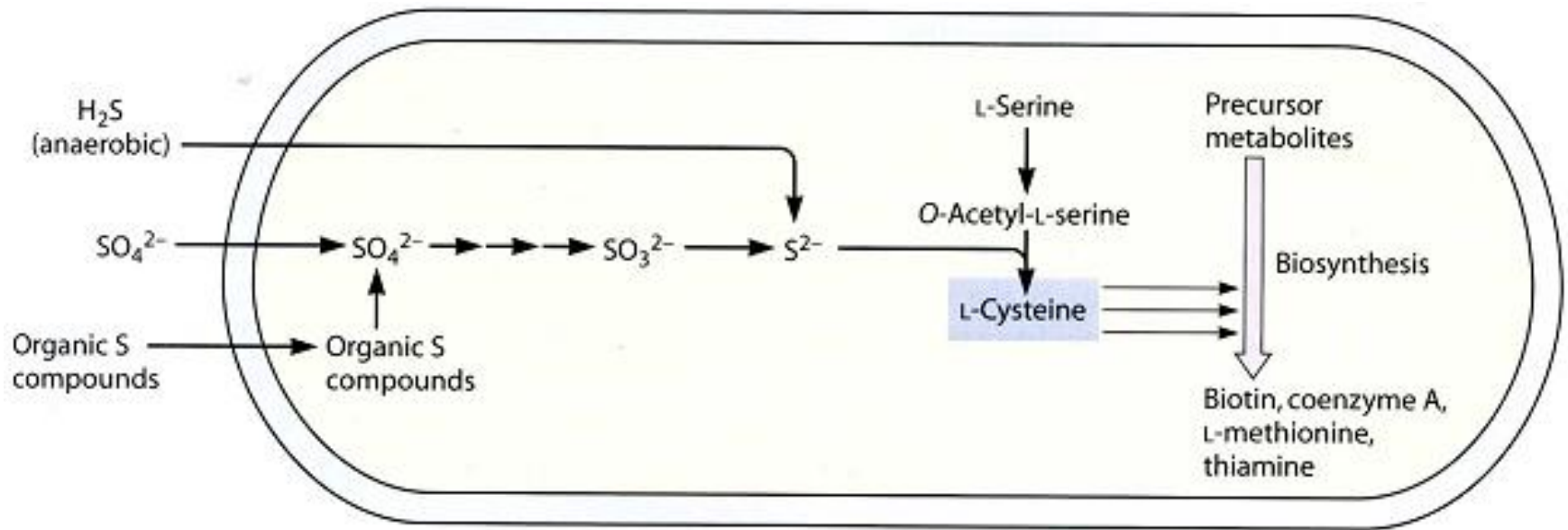


# Asimilación de azufre

Se incorpora al material celular en estado reducido (-2, como  $\text{H}_2\text{S}$  o  $\text{S}^{2-}$ ).

Donador fisiológicos de  $\text{H}_2\text{S}$ : **L-cisteína**.

$\text{H}_2\text{S}$  predomina en ambientes anaeróbicos producto de respiraciones anaeróbicas. Los microbios aeróbicos usan S de compuestos orgánicos.



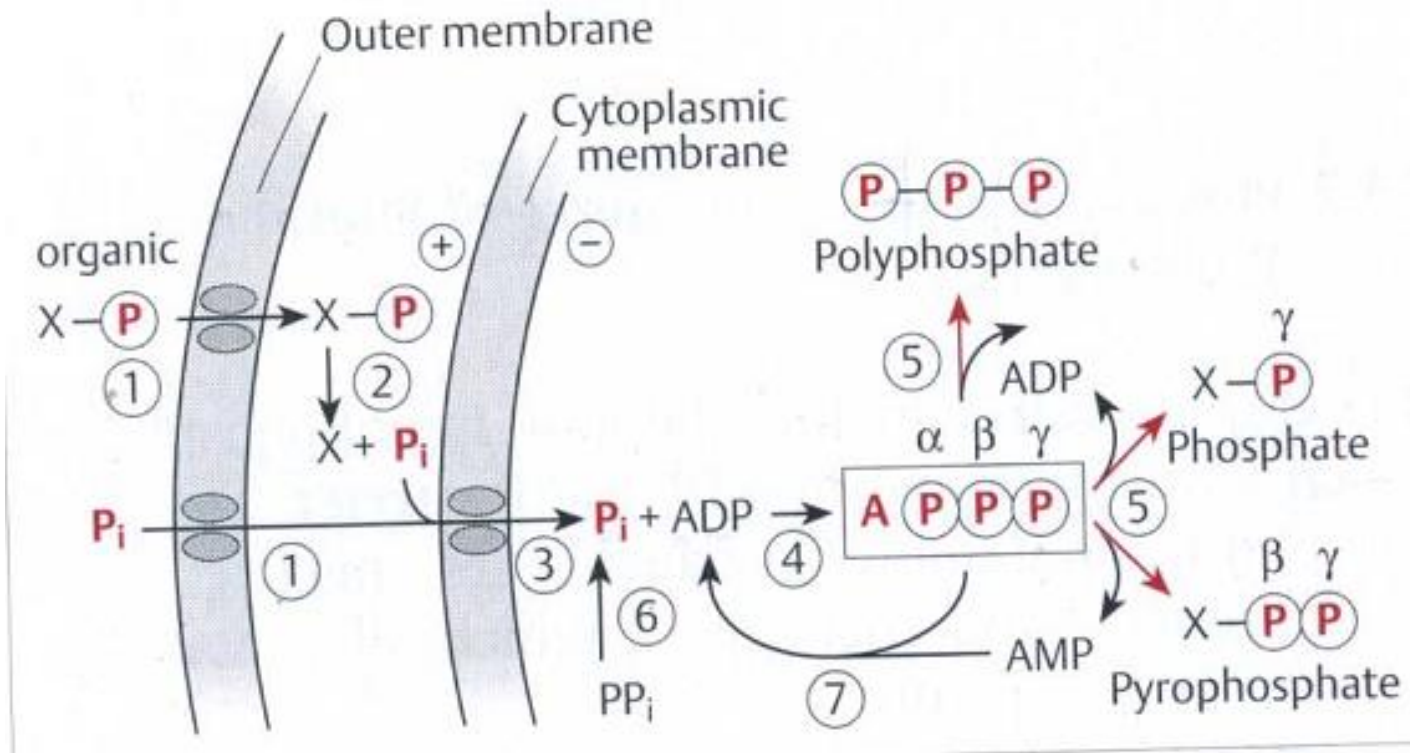
# Asimilación de Fósforo

Principalmente existe en la naturaleza como fosfato ( $P_i$ )

Fuentes de  $P_i$ : ac nucleicos, fosfolípidos, coenzimas

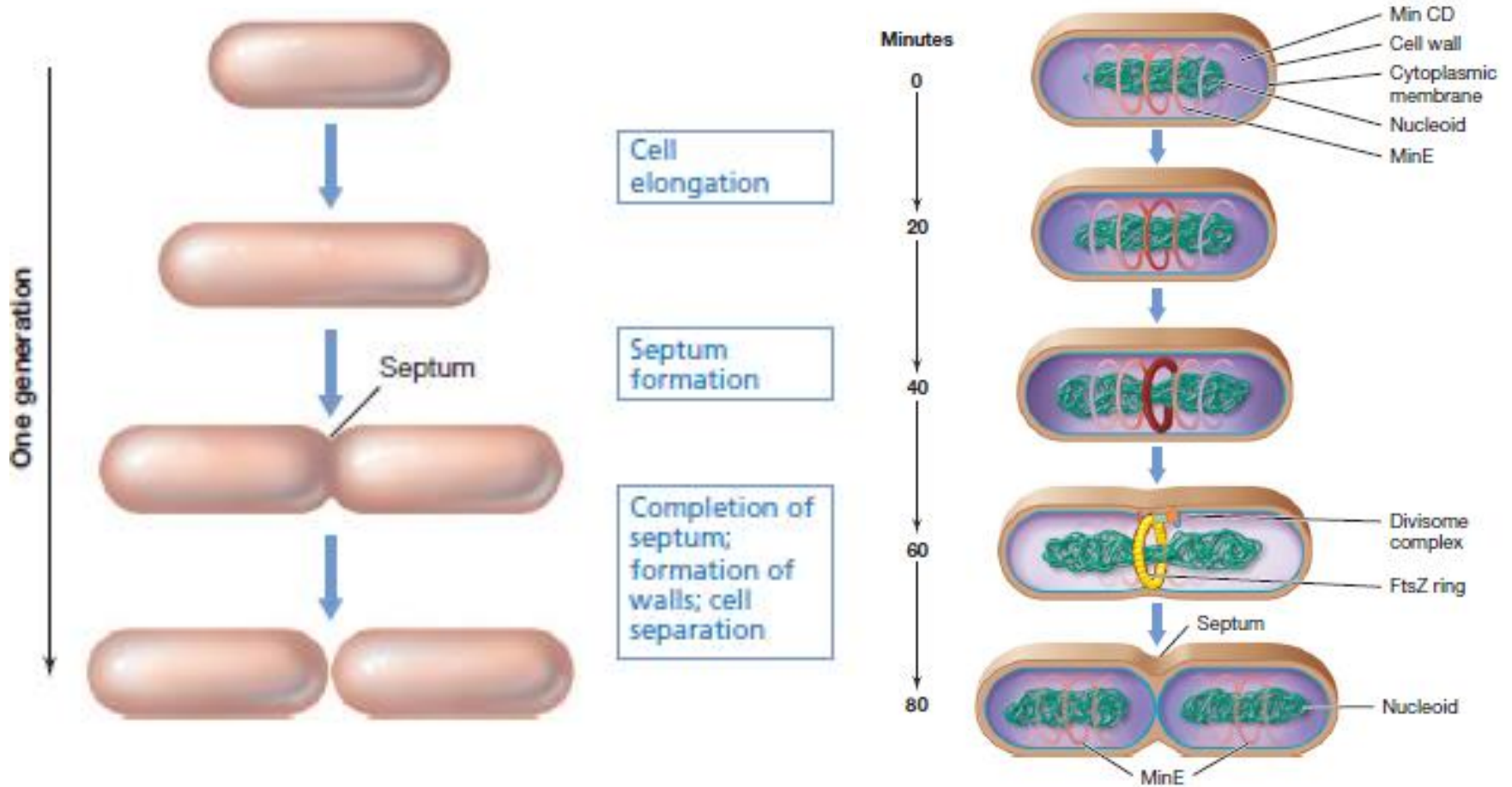
No se reduce, se asimila durante las reacciones de oxidación

Transportador fisiológico de P: **ATP**



1,3. Transporte de  $P_i$ . 2. Fosfatasas. 4. Formación de ATP x fosf. A nivel de sustrato/Transp. de electrones. 5. transferencia de  $P_i$  y  $PP_i$ . 6. Pirofosfatasas. 7. Adenilato quinasa

# División Celular por Fisión Binaria



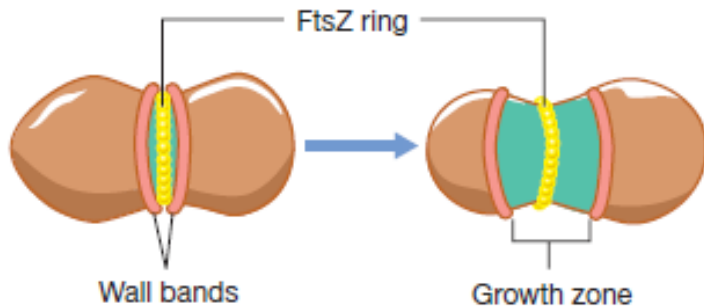
El divisoma controla la síntesis de nueva membrana y peptidoglicano para formar el septo

# Biosíntesis de pared celular bacteriana: Péptidoglicano

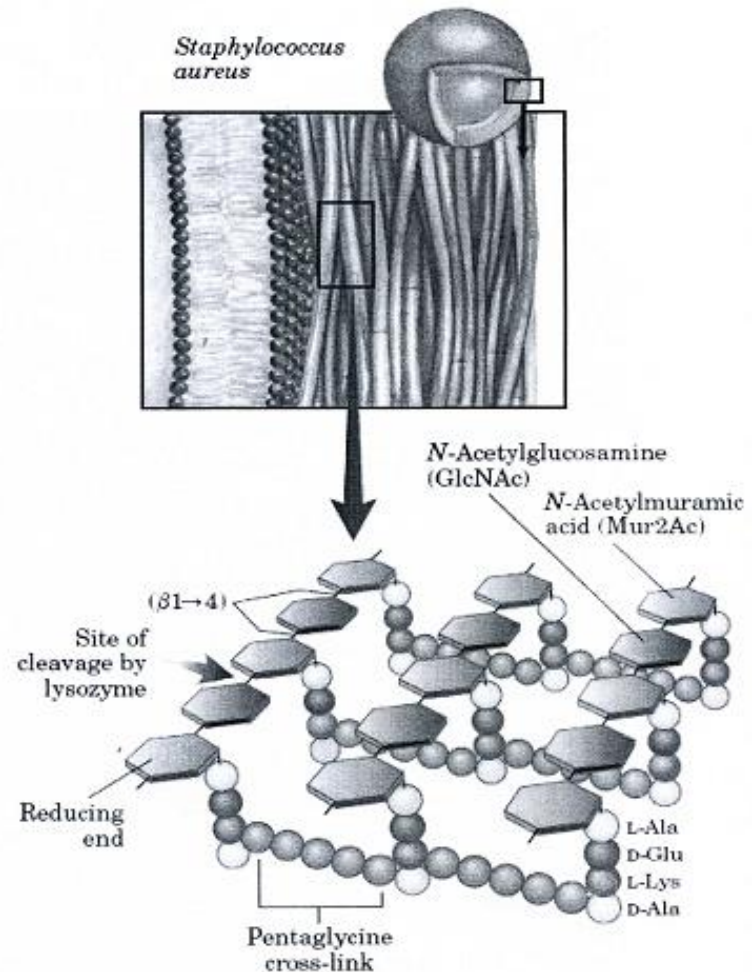
Péptidoglicano (PG) o sáculo de mureína es el componente estructural de la pared bacteriana. Provee rigidez a la pared.

## Péptidoglicano de pared bacteriana de *S aureus* (Gram +)

Síntesis de PG puede ocurrir en varios sitios de la superficie celular o en el septo durante la división celular (cocos Gram +)



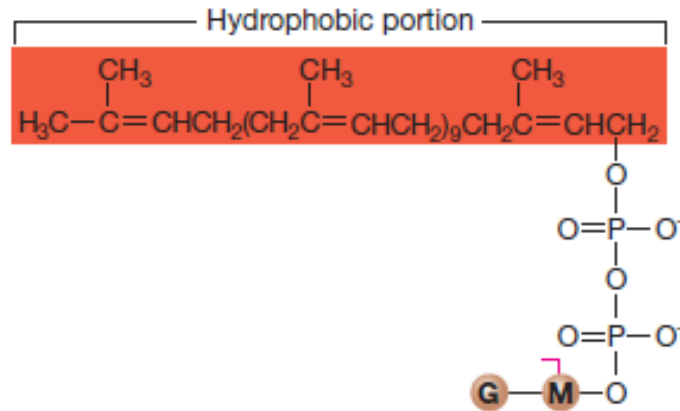
Síntesis de la pared en una bacteria G+ (*S. aureus*)





# Biosíntesis de la pared bacteriana

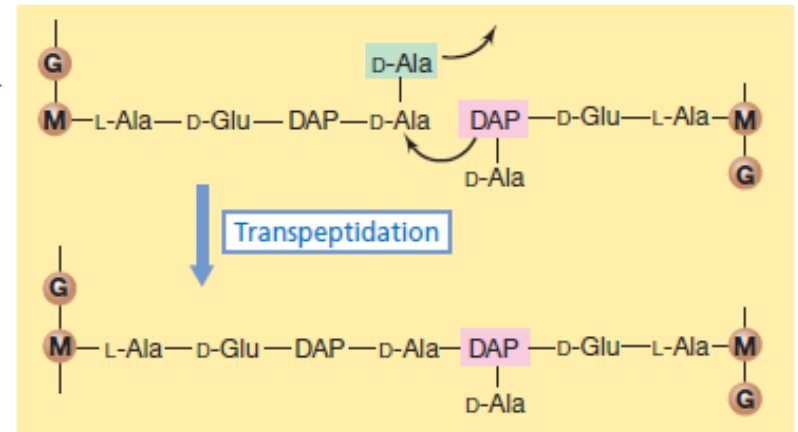
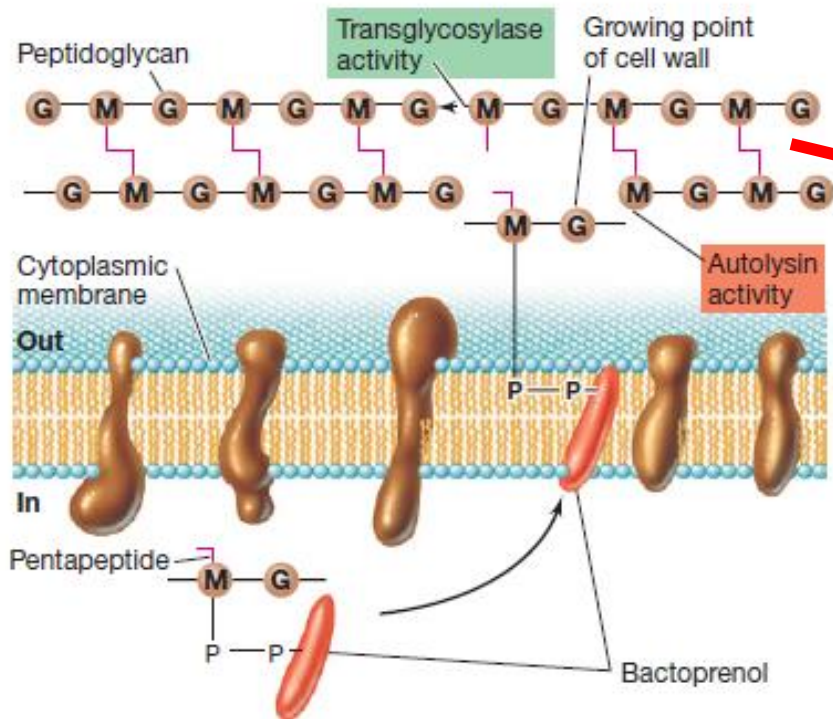
1. Corte controlado de la cadena de peptidoglicano preexistente por **autolisinas**
2. Síntesis de precursores activados en citoplasma: **UDP-NAM** y **UDP-NAG**
3. Unión de precursores a lípido *carrier* (**undecaprenol-diP = bactoprenol**) en membrana y transporte hacia el exterior
4. Polimerización sobre las estructuras preexistentes



**Bactoprenol** (molécula hidrofóbica, alcohol de C55)  
cargado con precursor **NAG-NAM-pentapéptido**

**NAG:** N-acetil glucosamina

**NAM:** N-acetil ácido murámico

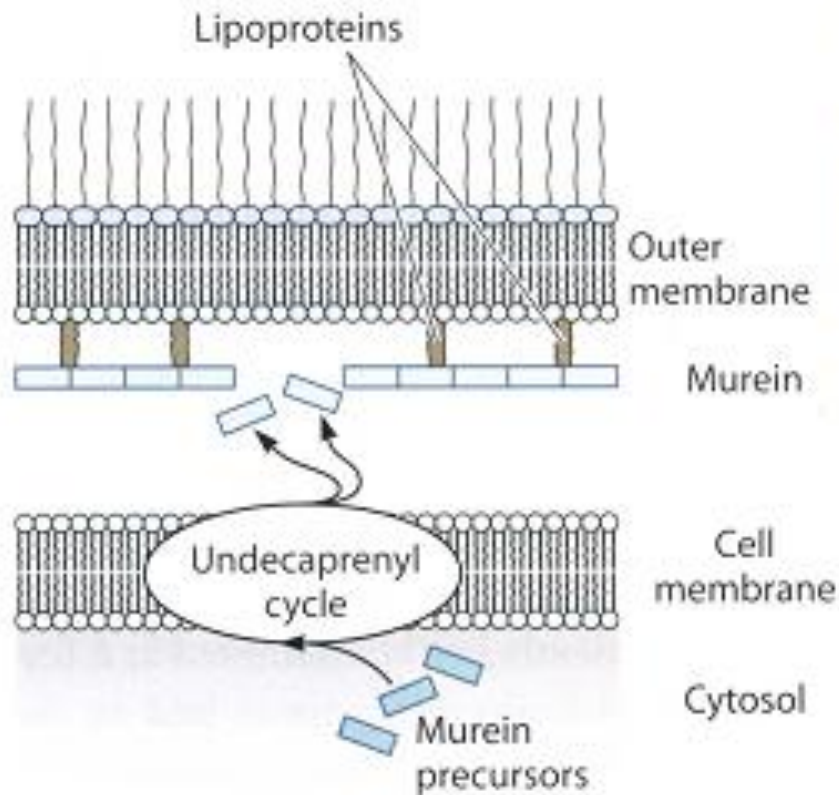


**Transglucosilación** une nuevo precursor a cadena preexistente

**Transpeptidación** entrecruza las cadenas de peptidoglicano.  
**La reacción es inhibida por penicilinas.**

# Vista general del proceso de síntesis y ensamblado de la pared celular bacteriana

**B** Gram negative



**C** Gram positive

