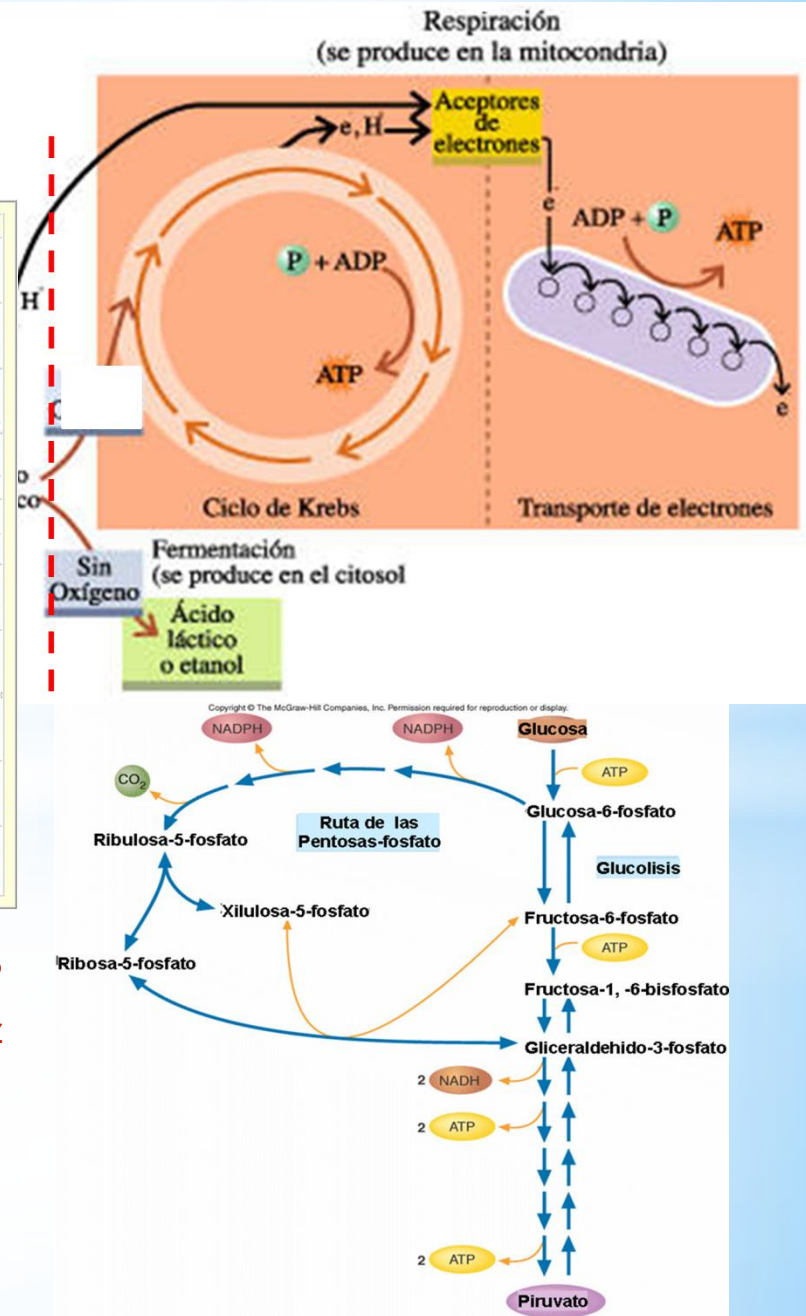
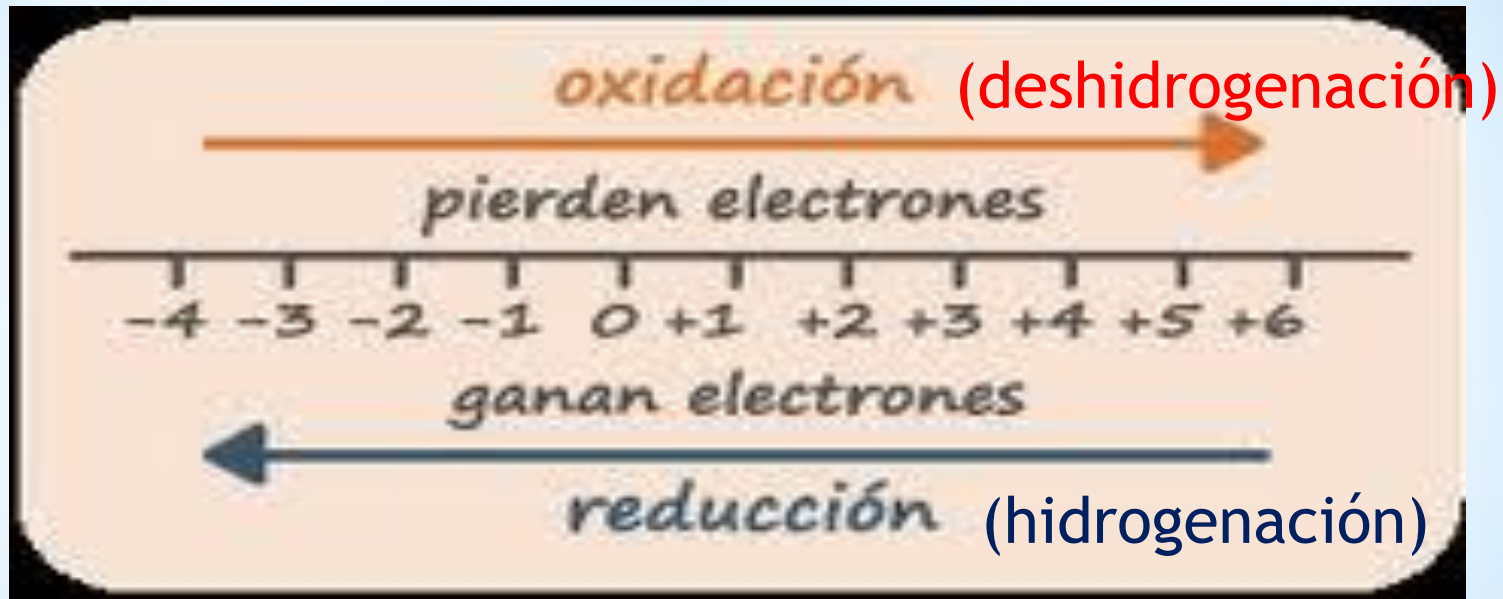


# Bioquímica de las Fermentaciones

Dra. Yenizey Merit Alvarez



# Reacciones de oxidación y reducción

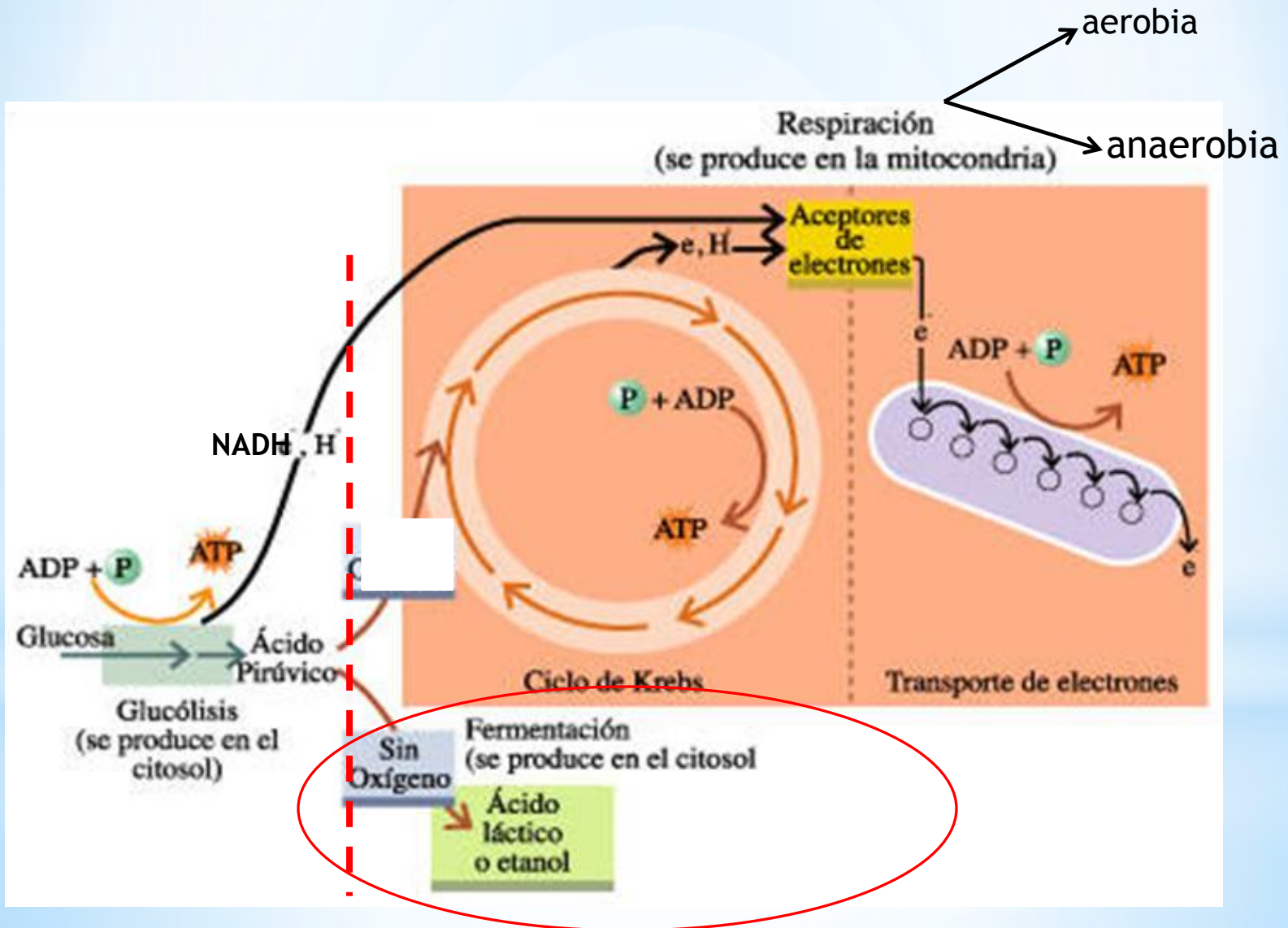


# Fermentación

- Es un proceso que libera energía a partir de azúcares u otras moléculas orgánicas (aa, ag, purinas y pirimidinas).
- No necesita oxígeno (pero a veces tiene lugar en su presencia).
- No presenta ciclo de Krebs ni cadena transportadora de electrones.
- Utiliza una molécula orgánica como aceptor final de electrones.
- Produce pequeñas cantidades de ATP ( solo se produce en la glucólisis)
- Existe regeneración de  $\text{NAD}^+$  y  $\text{NADP}^+$  que pueden ingresar nuevamente a la glucólisis, transfiriendo los electrones de moléculas reducidas al ácido pirúvico o sus derivados.
- La principal función es garantizar una provisión constante de  $\text{NAD}^+$  y  $\text{NADP}^+$  para que pueda continuar la glucólisis.

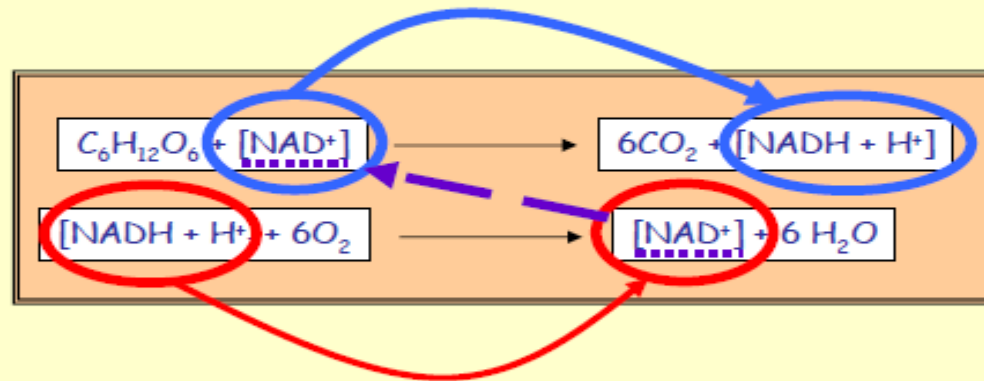


# Respiración celular y fermentación



# Conceptos de respiración y fermentación

El contenido de  $\text{NAD}^+$  de la célula es limitado y puede agotarse

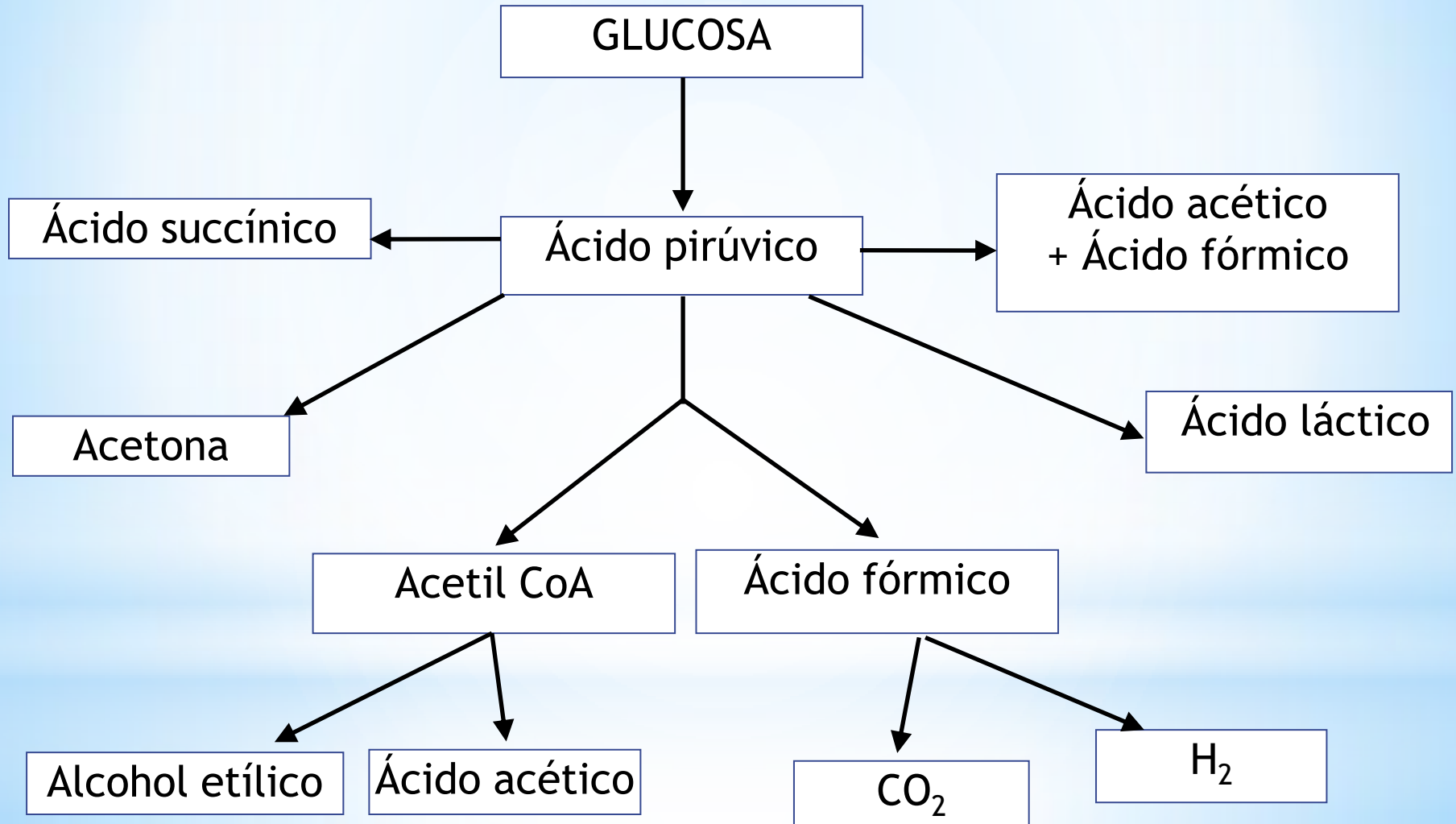


La respiración y la fermentación son procesos que recuperan el contenido celular de  $\text{NAD}^+$

En la **RESPIRACIÓN**, el  $[\text{NADH}_2]$  se oxida usando un aceptor de electrones **EXTERNO**  
En la **FERMENTACIÓN**, el  $[\text{NADH}_2]$  se oxida usando un aceptor de electrones **INTERNO**

“Cuando el aceptor de electrones es un ácido orgánico (molécula orgánica) se le llama fermentación, cuando el aceptor es una sustancia inorgánica ( $\text{NO}_2$ ,  $\text{NO}_3$ ,  $\text{SO}_4$ ,  $\text{CO}_3$  y fumarato) se llama respiración anaerobia “

# Diferentes rutas de fermentación



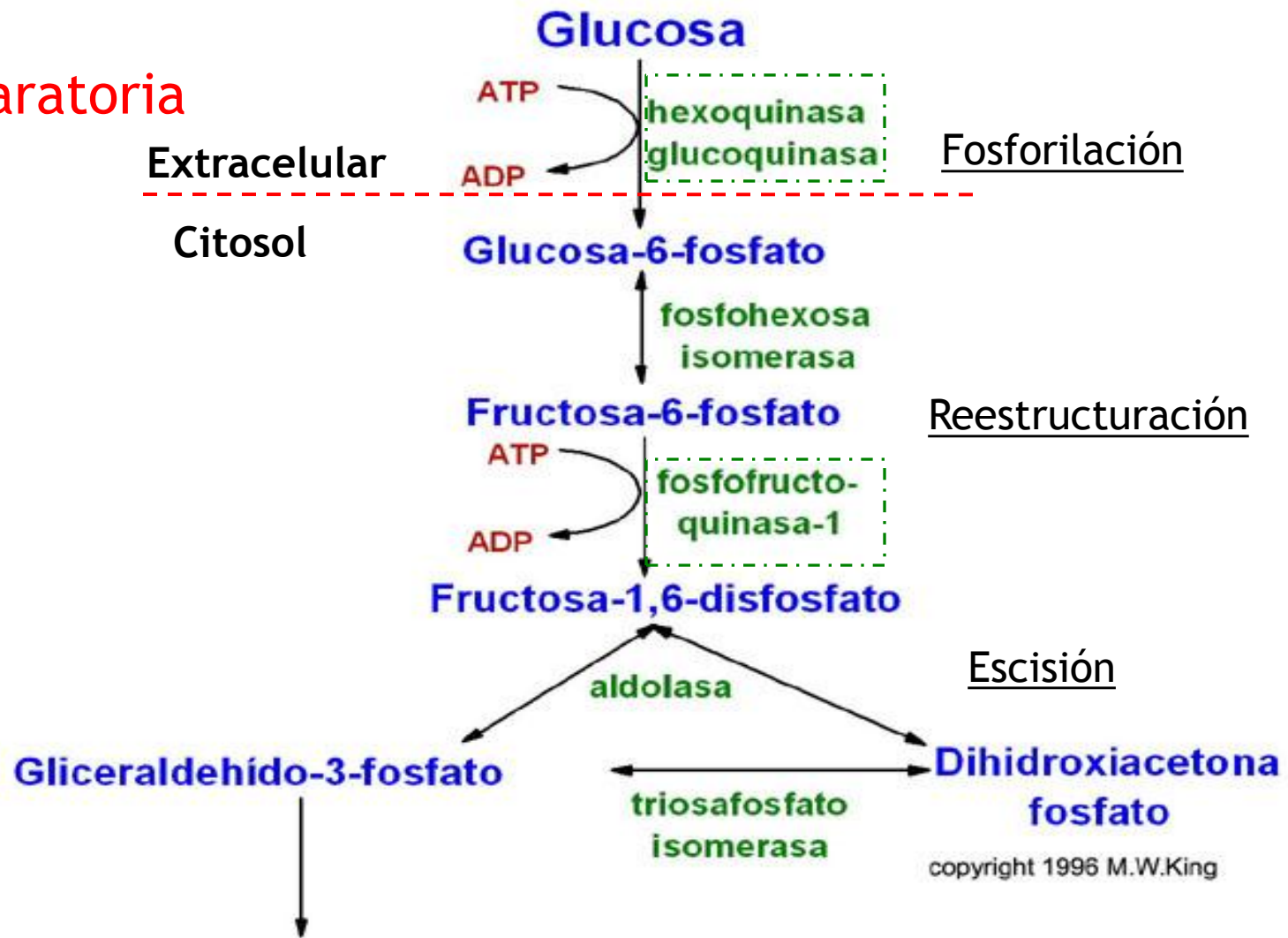
- Diversidad de fermentaciones:
  - alcohólica,
  - homoláctica,
  - heteroláctica,
  - ácido-mixta,
  - butanodiólica,
  - Propiónica
  - acetona-butanol.

1. BACTERIAS HOMOFERMENTATIVAS

2. BACTERIAS HETEROFERMENTATIVAS

# GLUCOLISIS

## Fase preparatoria



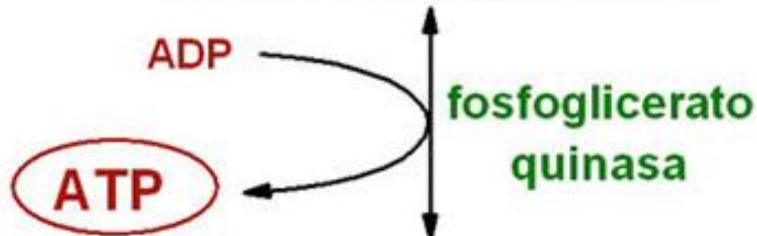


Reducción

**Gliceraldehído-3-fosfato**



**1,3-bisfosfoglicerato**



Fosforilación a nivel sustrato

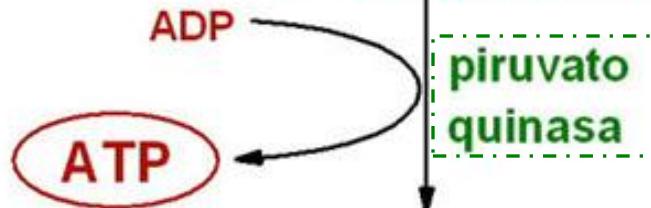
**3-fosfoglicerato**

fosfoglicerato  
mutasa

**2-fosfoglicerato**

enolase

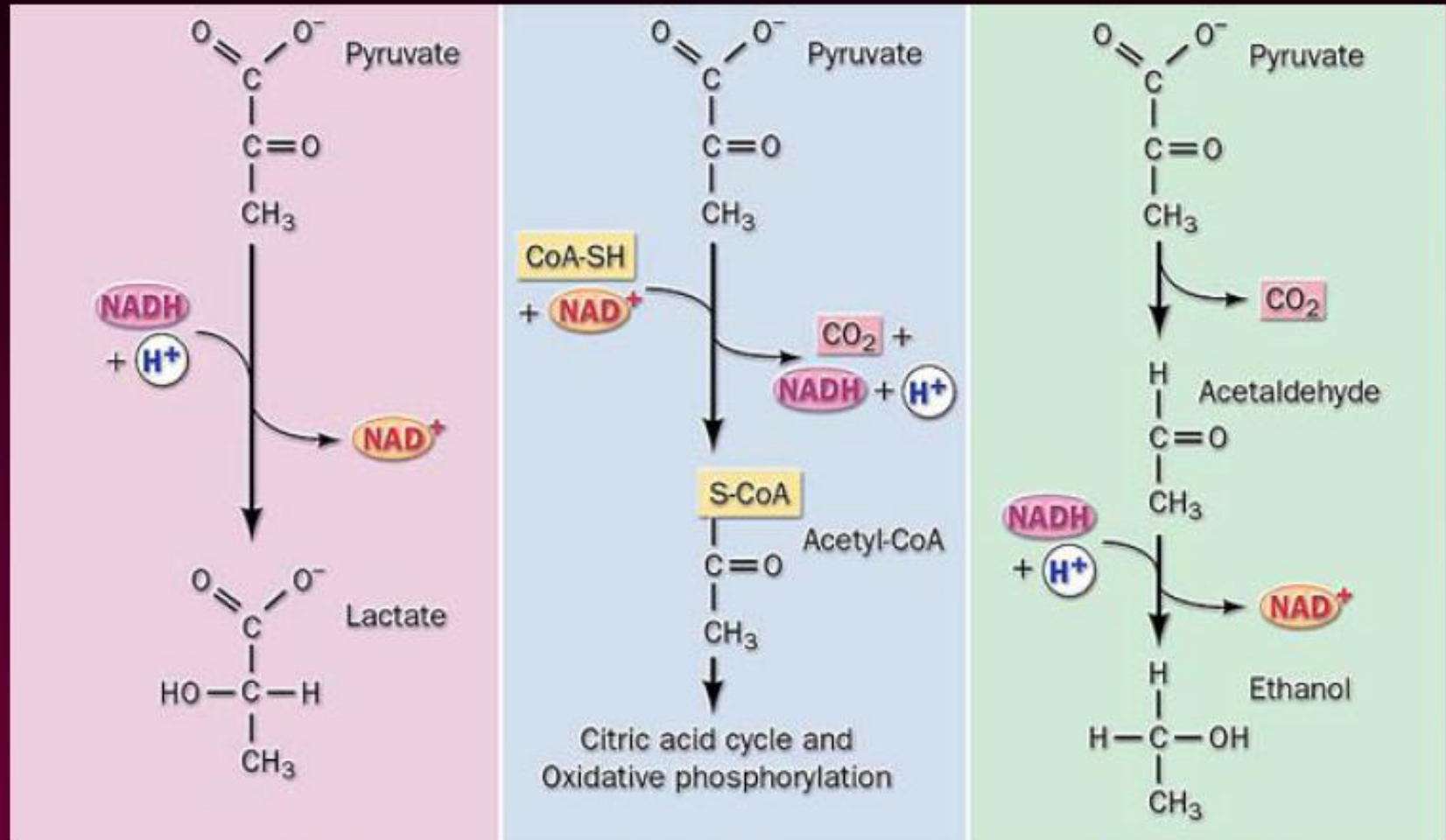
**Fosfoenolpiruvato**



Fase de conservación de  
energía (2 moléculas de  
ATP)

**Piruvato**

# Tres destinos del piruvato producido en la glucólisis



**Anaeróbico**  
**(fermentación láctica)**

**Aeróbico**  
**(oxidación)**

**Anaeróbico**  
**(fermentación alcohólica)**

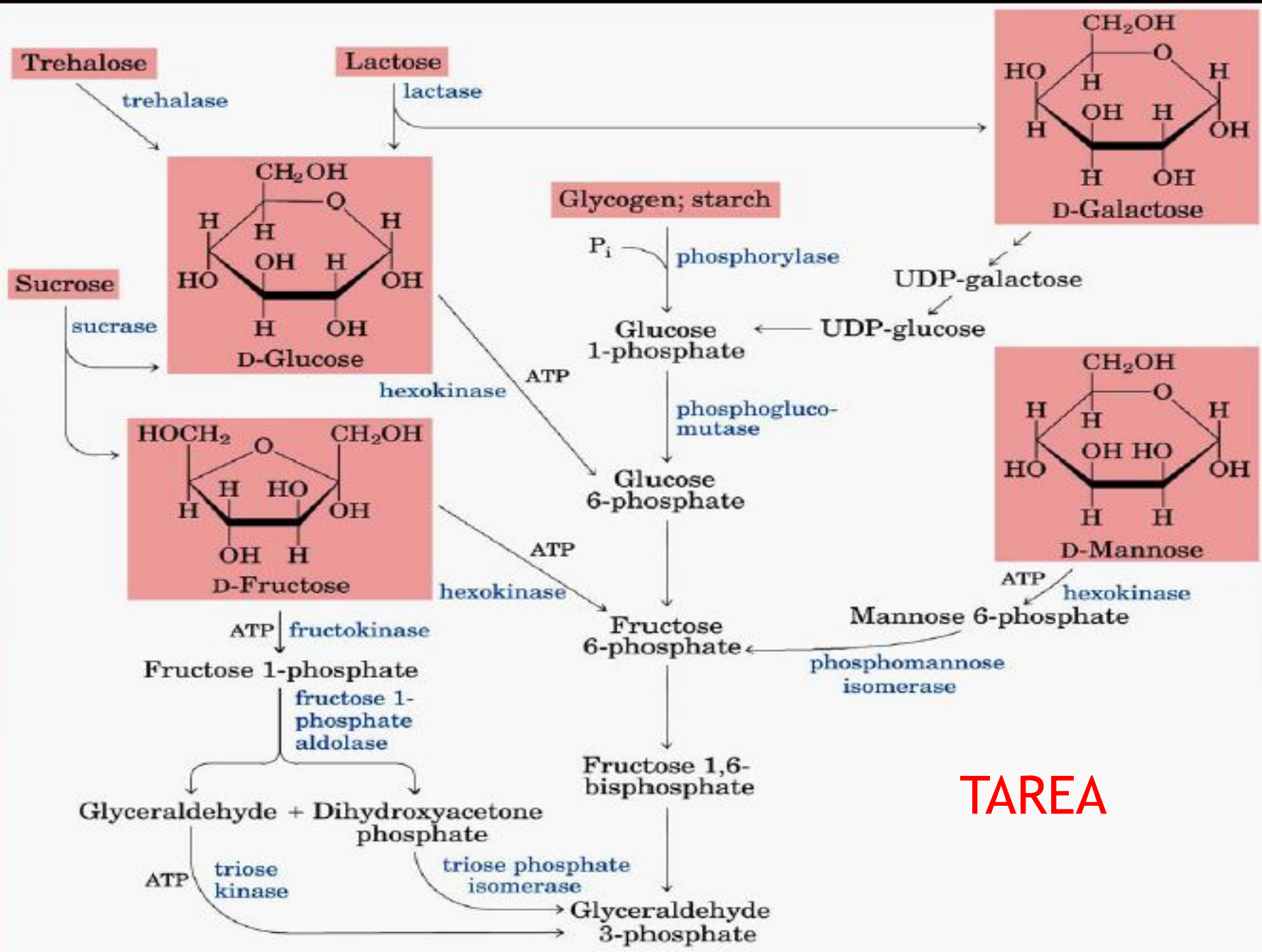
# **Rutas alimentadoras de la glucólisis**

---

**Gran número de glúcidos (aparte de la glucosa) entran finalmente a la ruta glucolítica:**

- **polisacáridos: glucógeno y almidón**
- **disacáridos: maltosa, lactosa, trehalosa, sacarosa**
- **monosacáridos: fructosa, manosa, galactosa**





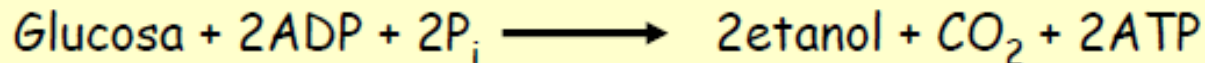
TAREA



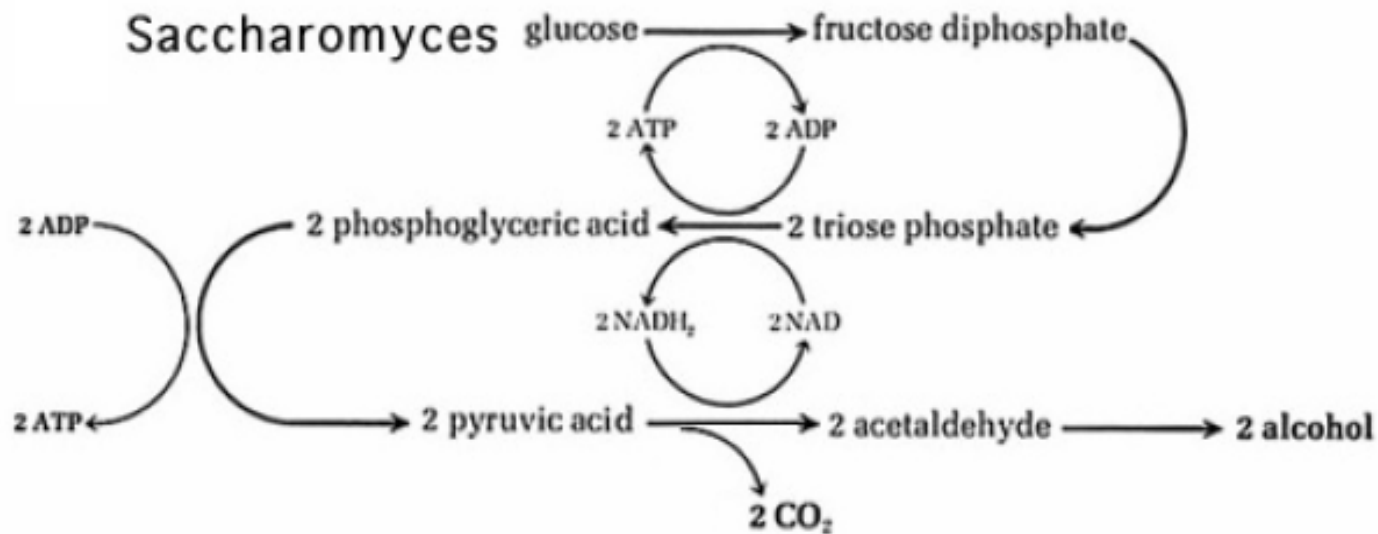
# Fermentaciones

## ALCOHÓLICA:

- En la fermentación etanólica o alcohólica: el piruvato se reduce para formar etanol y  $\text{CO}_2$ :



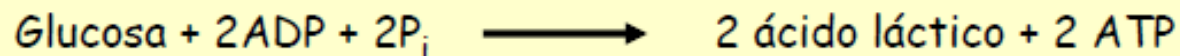
- Es el proceso de fermentación que lleva a cabo *Saccharomyces cerevisiae* (pocas bacterias).



# Fermentaciones

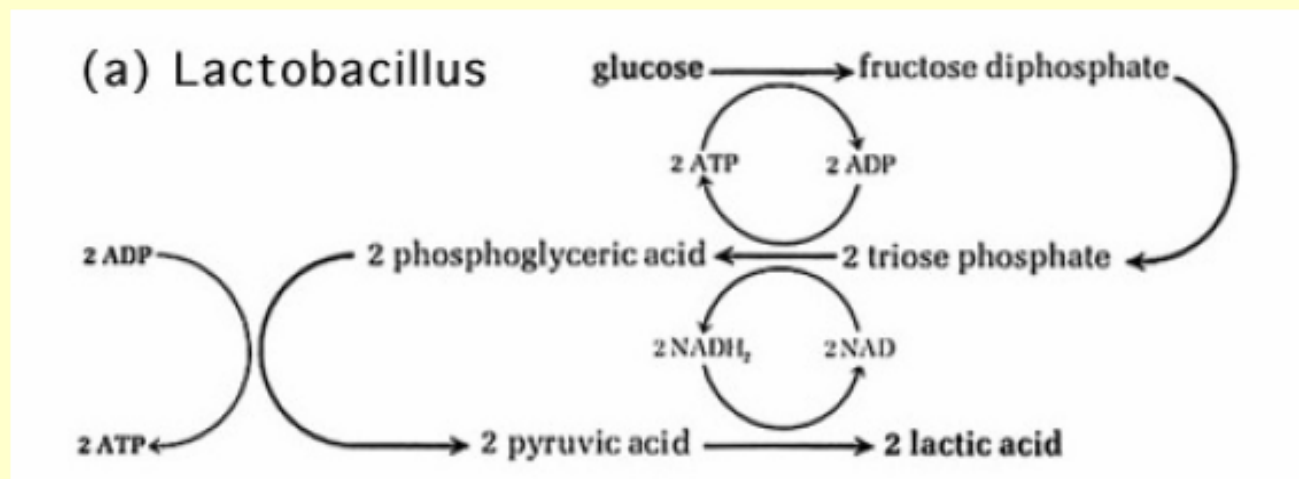
## HOMOLÁCTICA:

-Su único producto final es el ácido láctico. Su ecuación global es:

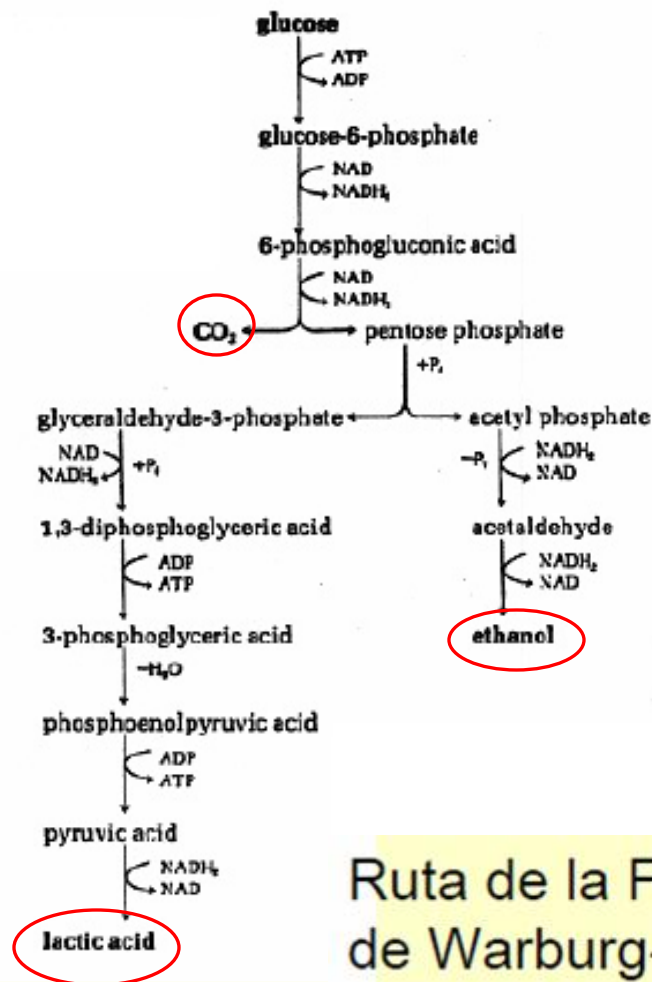


Estas bacterias producen el piruvato por catabolismo de la glucosa siguiendo la ruta de Embden-Meyerhof.

-Proceso presente en muchas bacterias lácticas: *Streptococcus* (grupo enterococos), *Pediococcus* y varios grupos de *Lactobacillus*.



# Fermentación heteroláctica



Ruta de la Fosfoacetolasa o de Warburg-Dickens (WD)

- Su producto final no es exclusivamente ácido láctico.
- El proceso tiene un rendimiento menor que la fermentación homoláctica.
- El piruvato de esta ruta procede de la vía de las pentosas.

• La reacción global es:



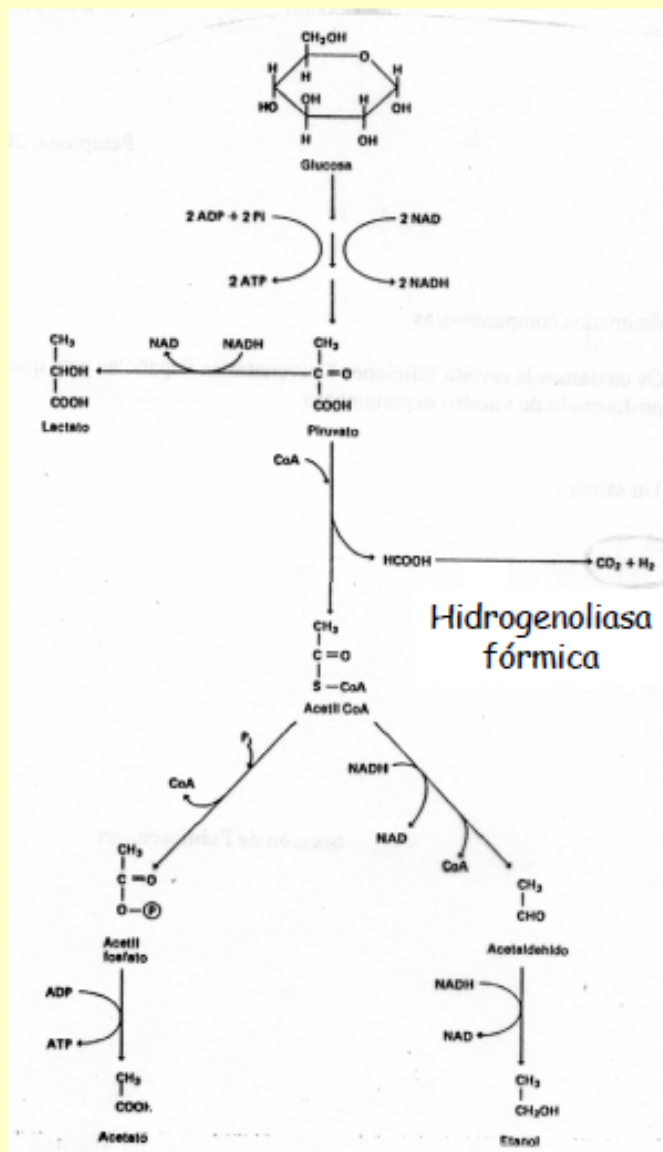
- Este proceso lo llevan a cabo bacterias del grupo láctico pertenecientes a los géneros *Leuconostoc* y *Lactobacillus*.

# Fermentación ácido mixta

- Produce ácido acético, etanol,  $H_2$ ,  $CO_2$  y proporciones diferentes de ácido láctico o propiónico (fórmico) según las especies.

- La llevan a cabo las enterobacterias.

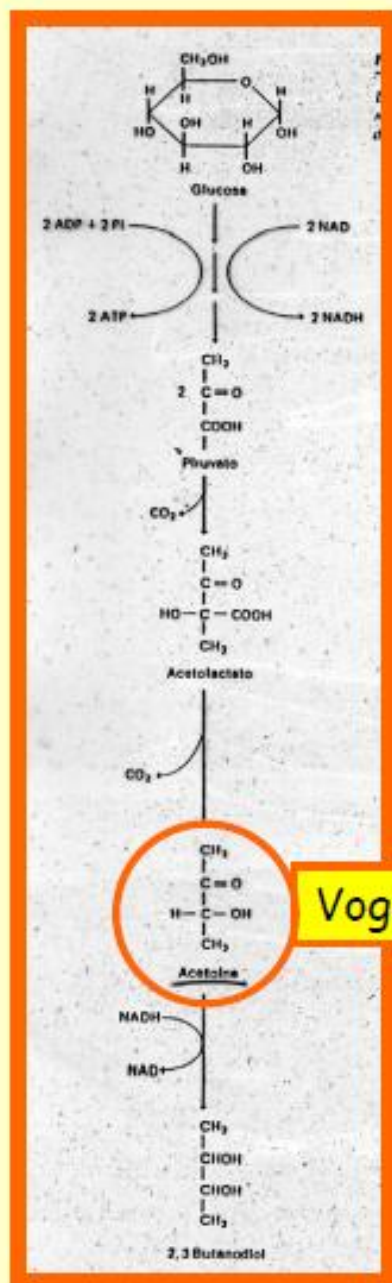
- En esta ruta de fermentación se produce ATP además de la reoxidación del  $NADH+H^+$ .



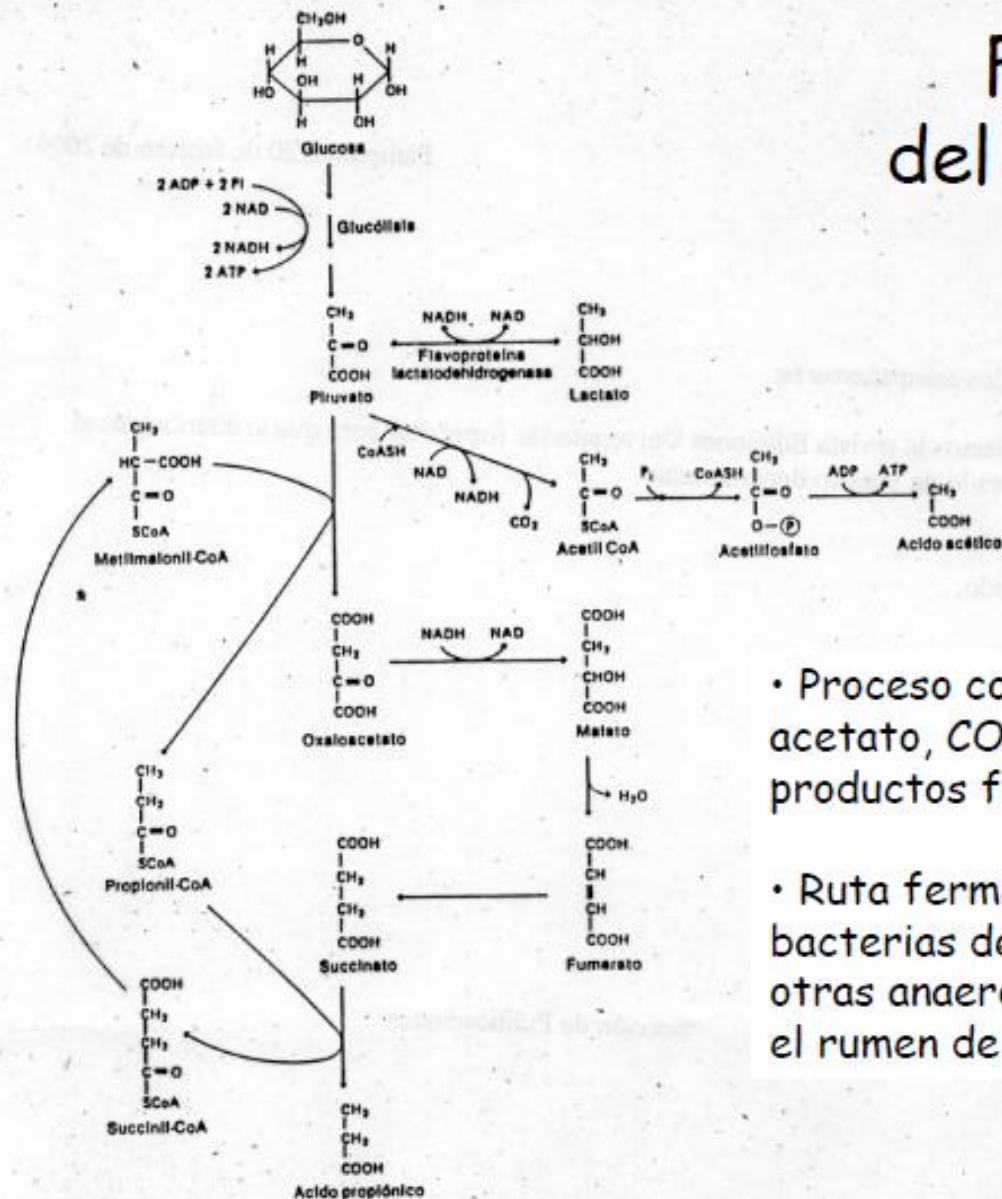


# Fermentación butanodiólica

- Variante de la fermentación ácido mixta.
- Presente en algunas enterobacterias como *Klebsiella*, *Serratia* y *Erwinia*.
- En esta ruta se produce acetoina que se detecta mediante la reacción de Voges-Proskauer



# Fermentación del ácido propiónico

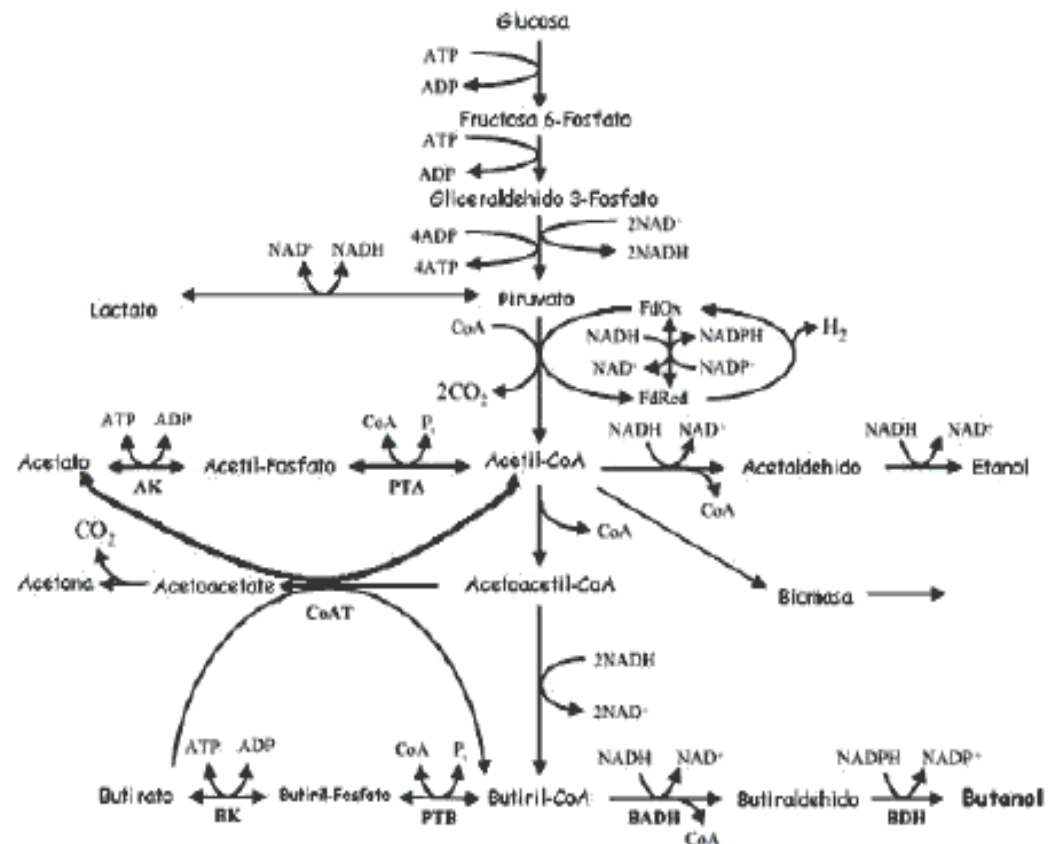


• Proceso complejo en el que se genera acetato,  $\text{CO}_2$  y ácido propiónico como productos finales.

• Ruta fermentativa la presentan las bacterias del tipo *Propionobacterium* y otras anaerobias estrictas presentes en el rumen de herbívoros

## Fermentación de acetona-butanol

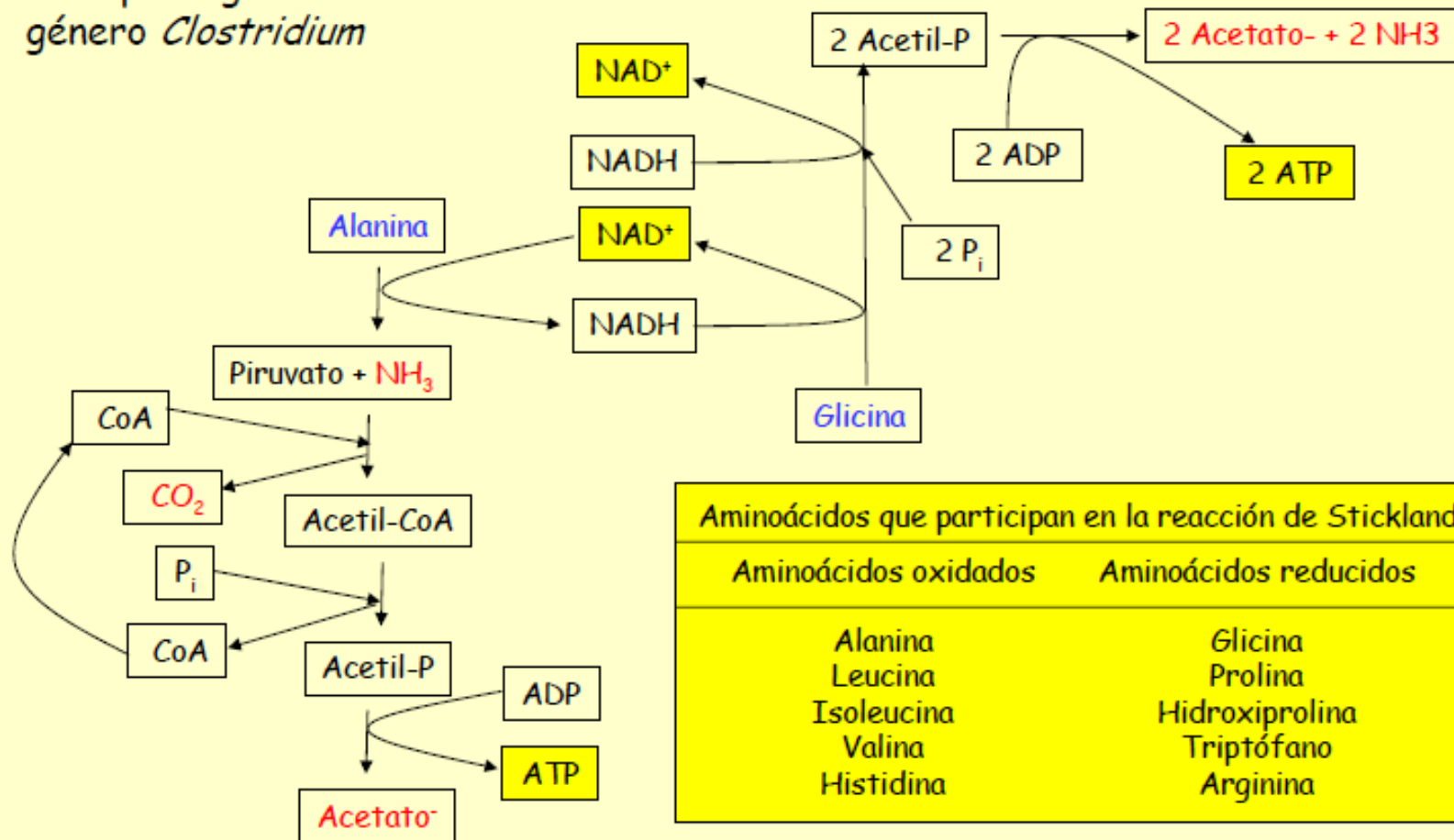
- Tipo de fermentación llevado a cabo por bacterias anaerobias estrictas del género *Clostridium*.
- Se producen compuestos orgánicos disolventes de gran importancia industrial



Ruta metabólica en *Clostridium acetobutylicum* ATCC824T

# Fermentación de aminoácidos: reacción de Stickland

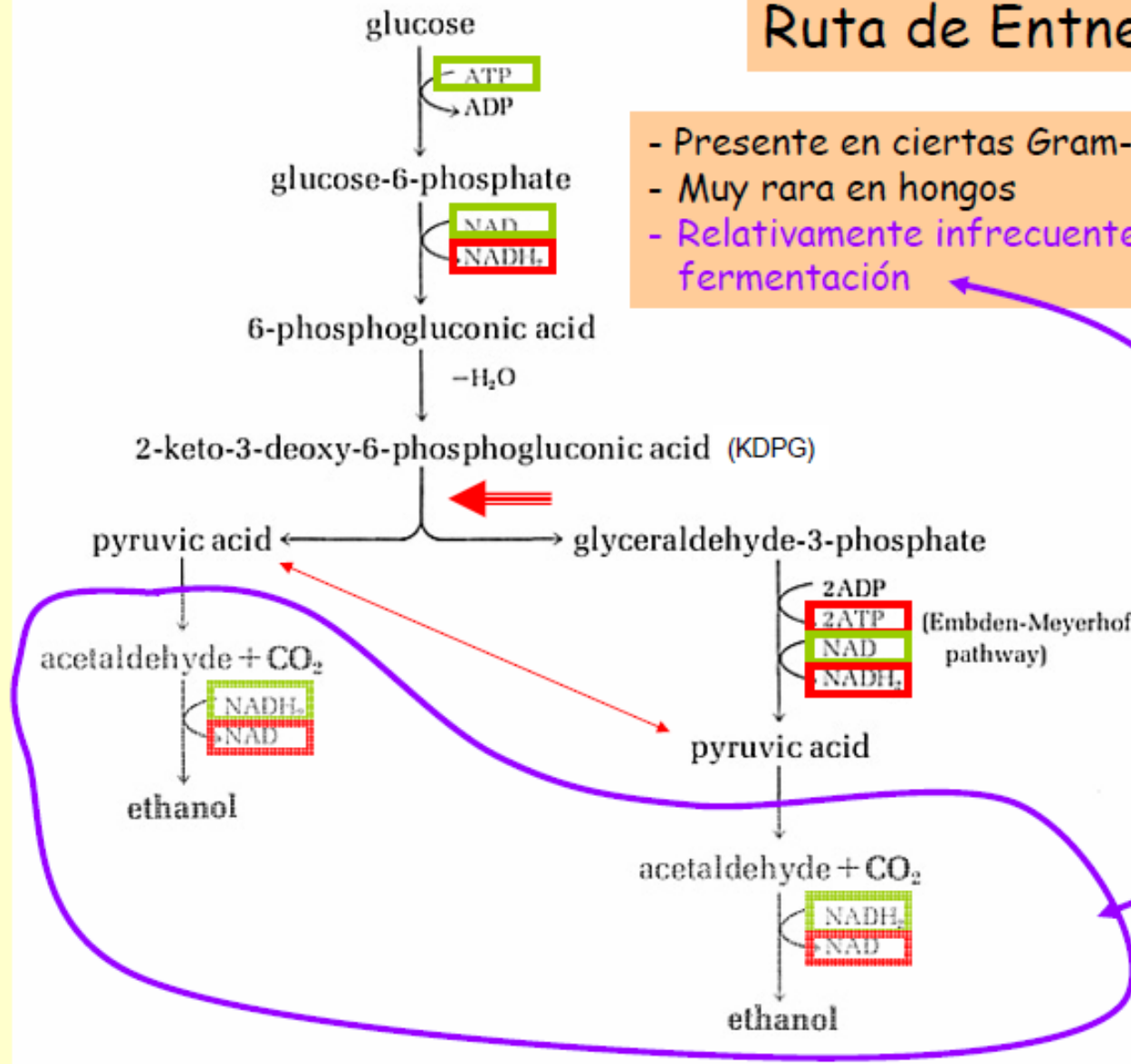
Reacción de Stickland llevada a cabo por algunas bacterias del género *Clostridium*





# Ruta de Entner-Doudoroff

- Presente en ciertas Gram-negativas aerobias.
- Muy rara en hongos
- Relativamente infrecuente como vía de fermentación



## EFECTO PASTEUR:

Inhibición de la fermentación por la respiración. La aireación induce a un aumento en la cantidad de biomasa, a una disminución de la producción de alcohol y de consumo de azúcar.

Cond. Anaeróbicas: 2ATP/Glucosa

Cond. Aeróbicas: 36 a 38 ATP/Glucosa

## EFECTO CRABTREE:

Cuando la concentración de azúcar es elevada, *S. cerevisiae* sólo metaboliza los azúcares por vía fermentativa; incluso en presencia de oxígeno la respiración es imposible.