

**UNIVERSIDAD CENTRAL DE VENEZUELA
FACULTAD DE CIENCIAS VETERINARIAS
CATEDRA DE BIOQUIMICA**

**UNIDAD 4:
CARBOHIDRATOS**
Objetivo 2: Metabolismo

Dra. Emma Rueda de Arvelo

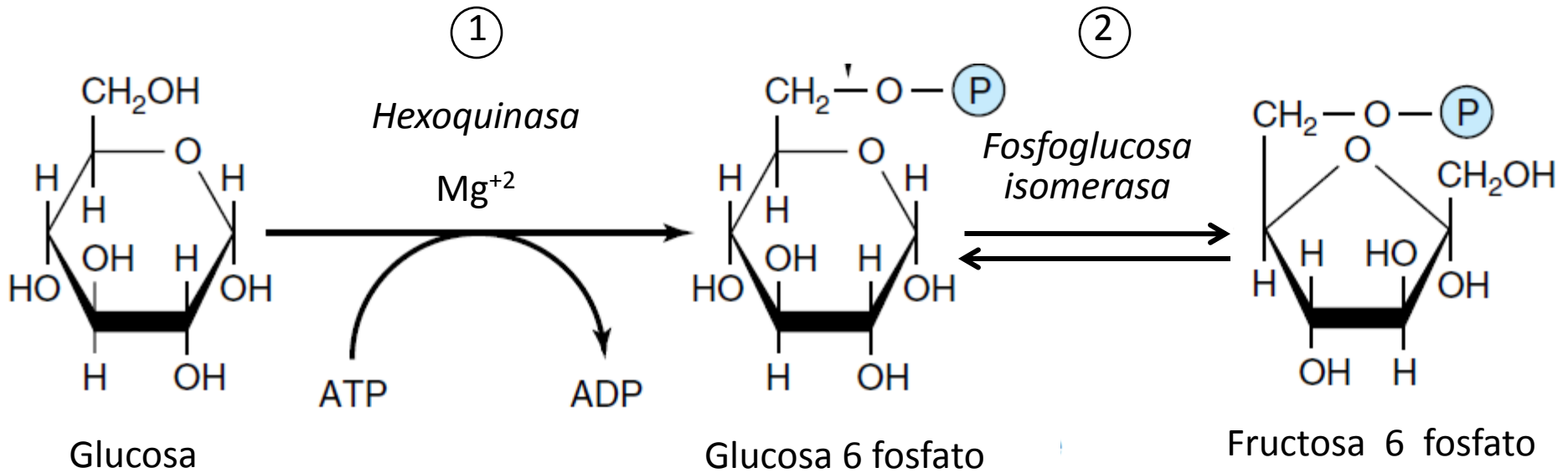


OBJETIVO ESPECÍFICO 2.

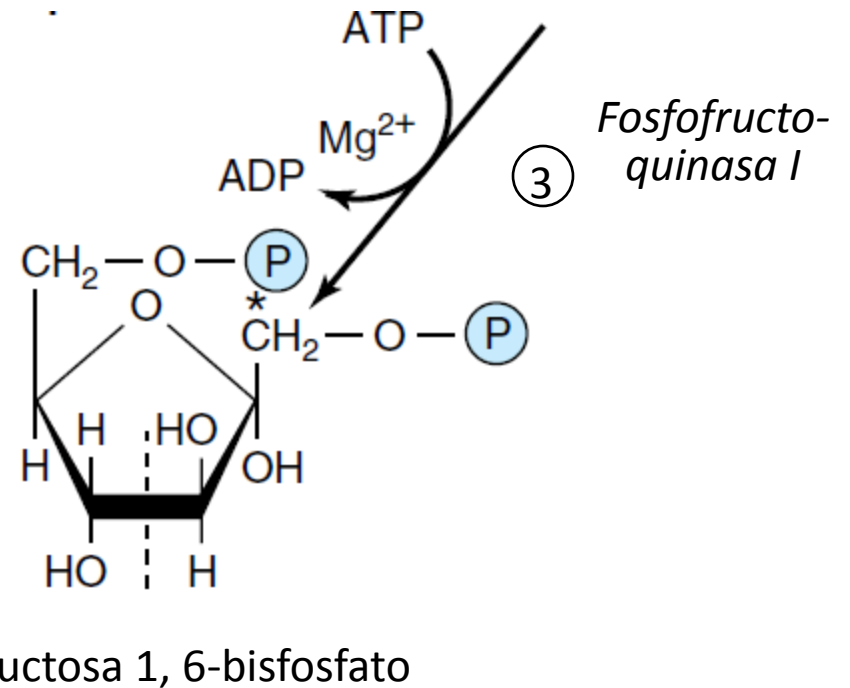
EXPLICAR EL METABOLISMO DE LOS CARBOHIDRATOS

- Glucólisis
- Gluconeogénesis
- Ruta de las pentosas fosfato
- Glucogenosíntesis
- Glucogenolísis
- Aspectos clínicos relacionados con defectos en el metabolismo

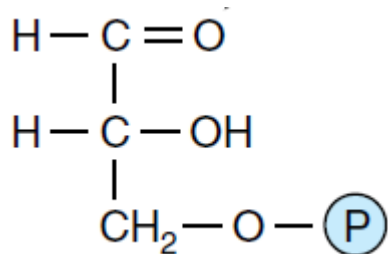
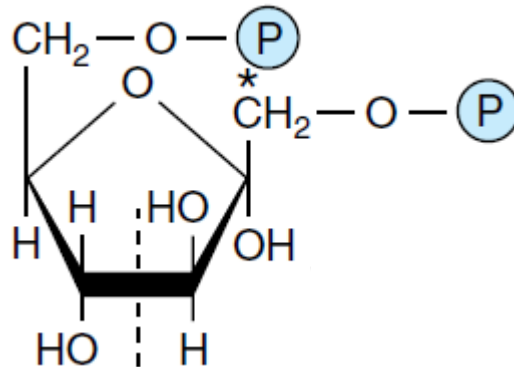
➤ Glucólisis



La glucólisis ocurre en el citosol de todas las células

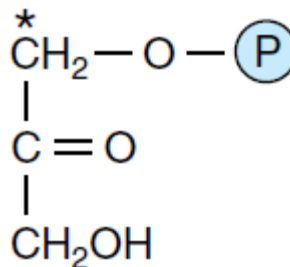


Fructosa 1, 6-bisfosfato

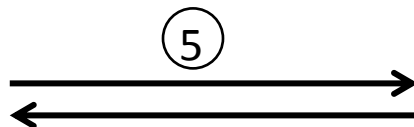


Dihidroxiacetona
fosfato

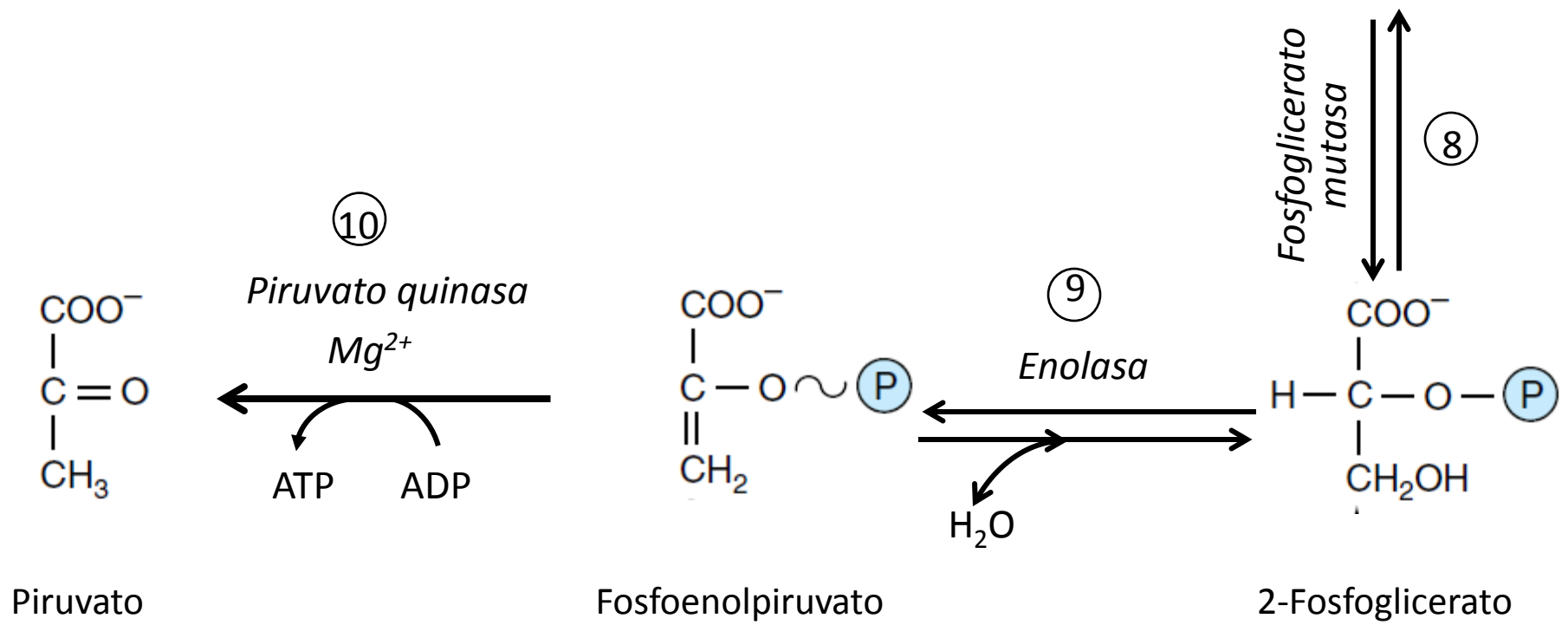
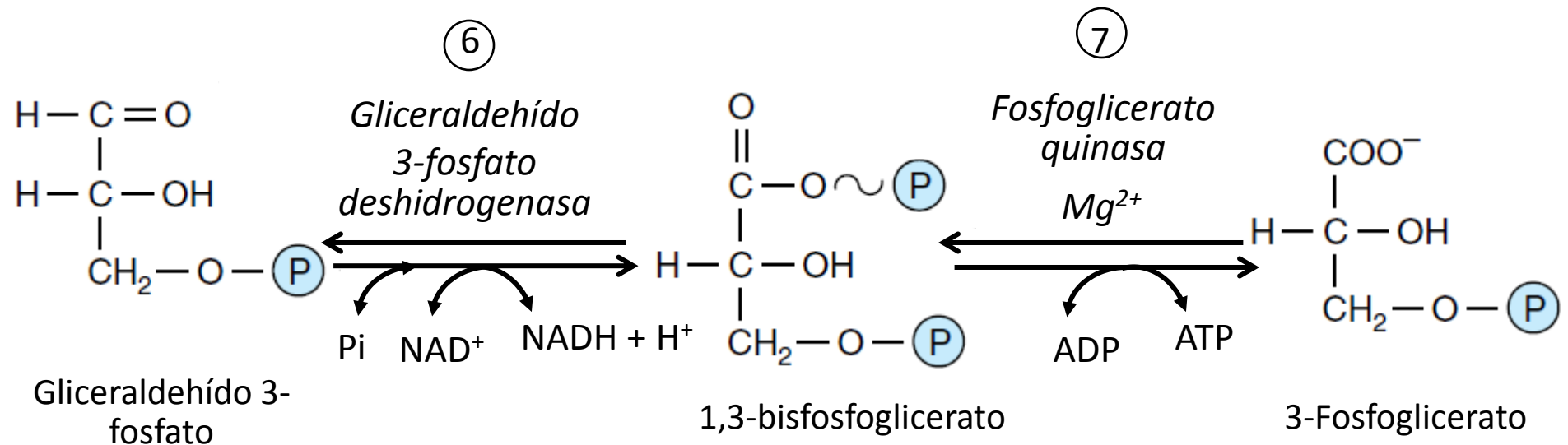
+

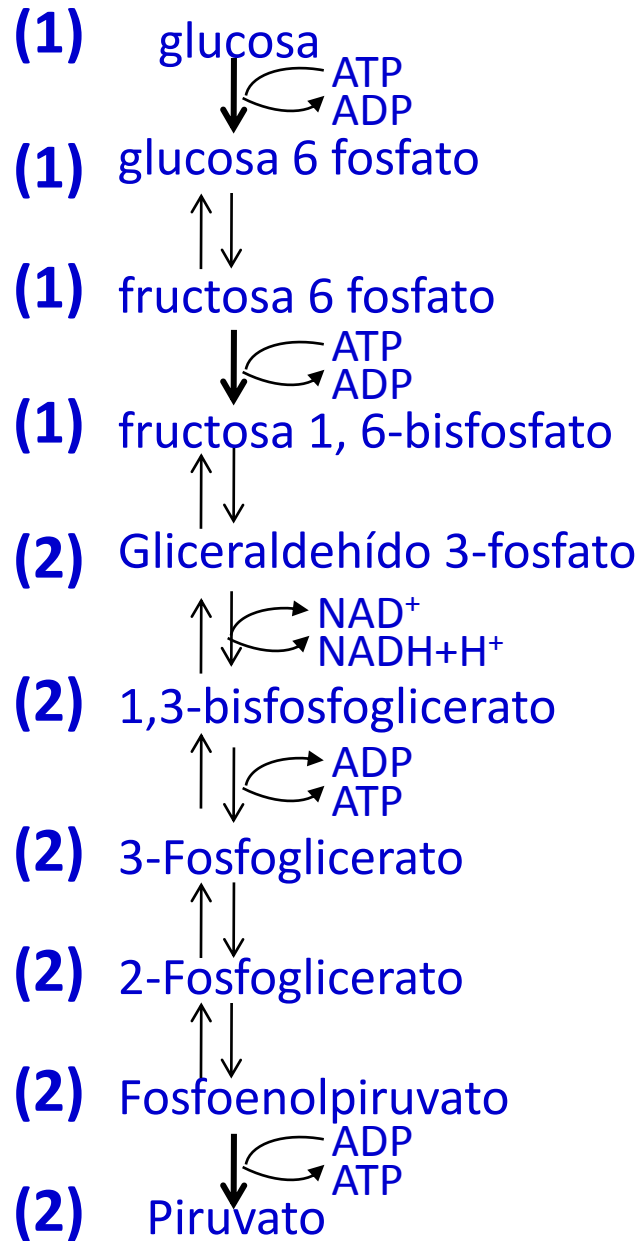


Gliceraldehído
3-fosfato

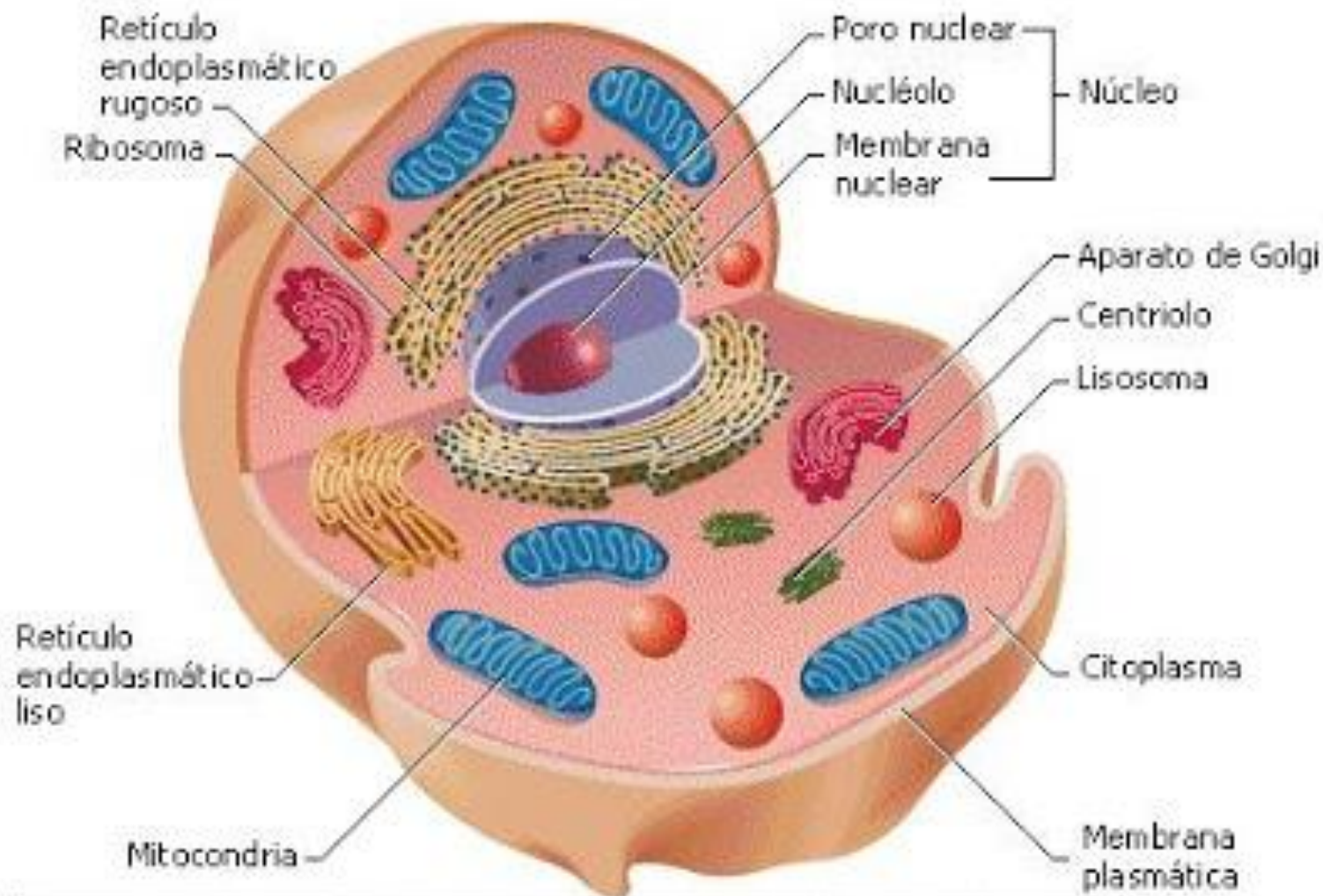


*Triosa fosfato
isomerasa*



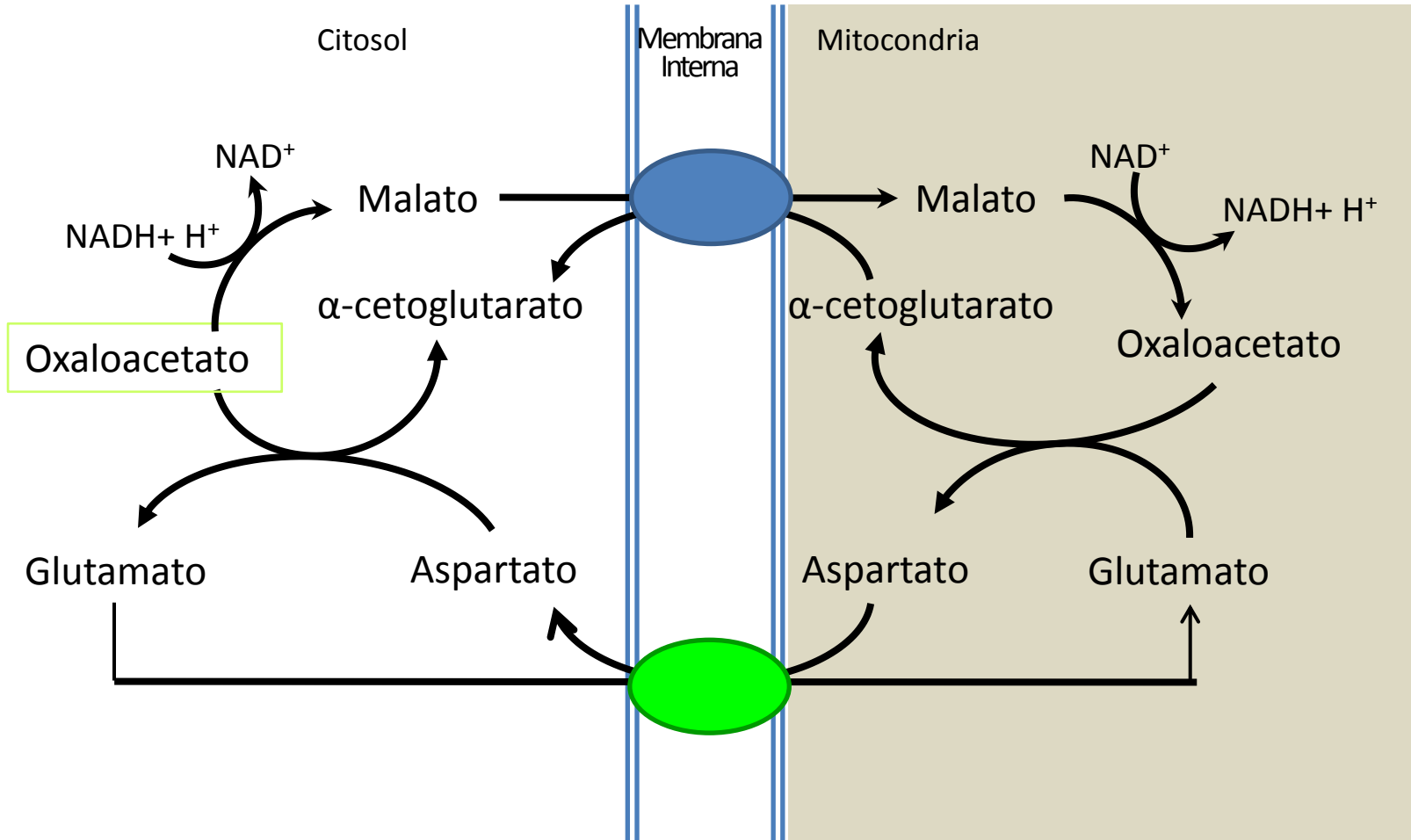


La energía neta proveniente de la oxidación completa de la glucosa (condiciones aeróbicas) varía ligeramente dependiendo del sistema de transporte de los $\text{NADH} + \text{H}^+$ hacia la mitocondria (lanzaderas)



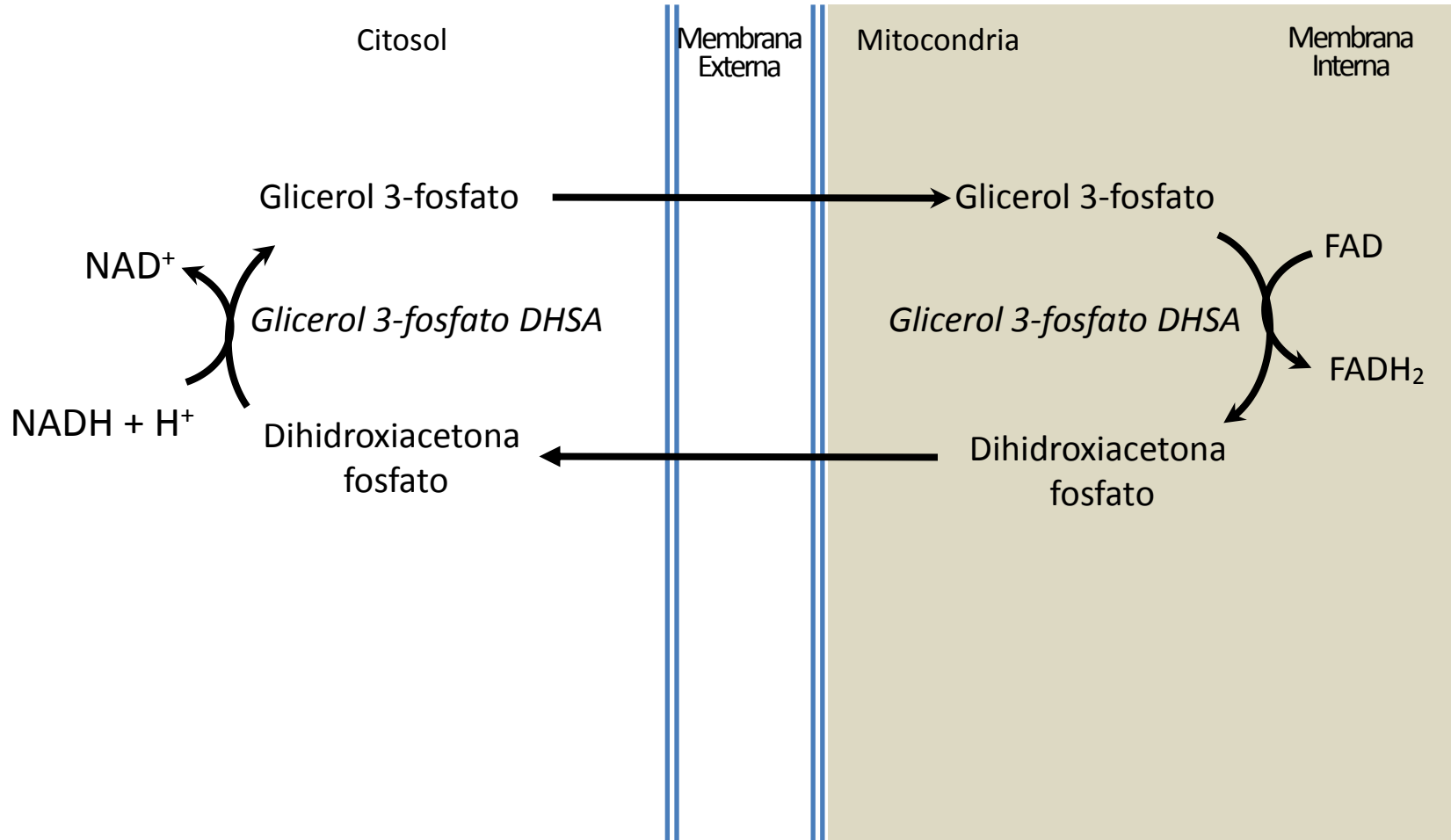
Sistema de transporte de los $\text{NADH} + \text{H}^+$ a la matriz mitocondrial

a. Lanzadera Malato-Aspartato

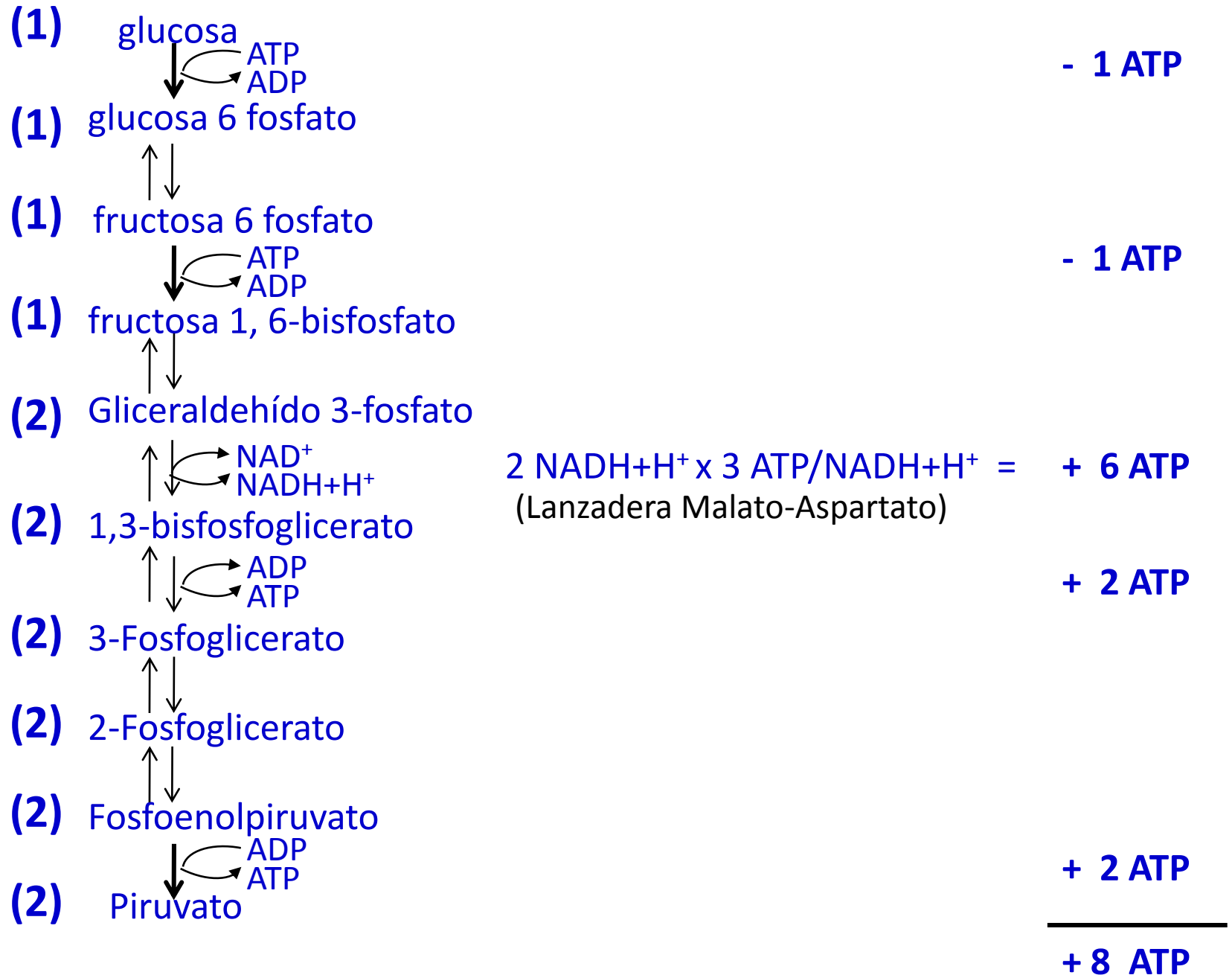


Sistema de transporte de los $\text{NADH} + \text{H}^+$ a la matriz mitocondrial

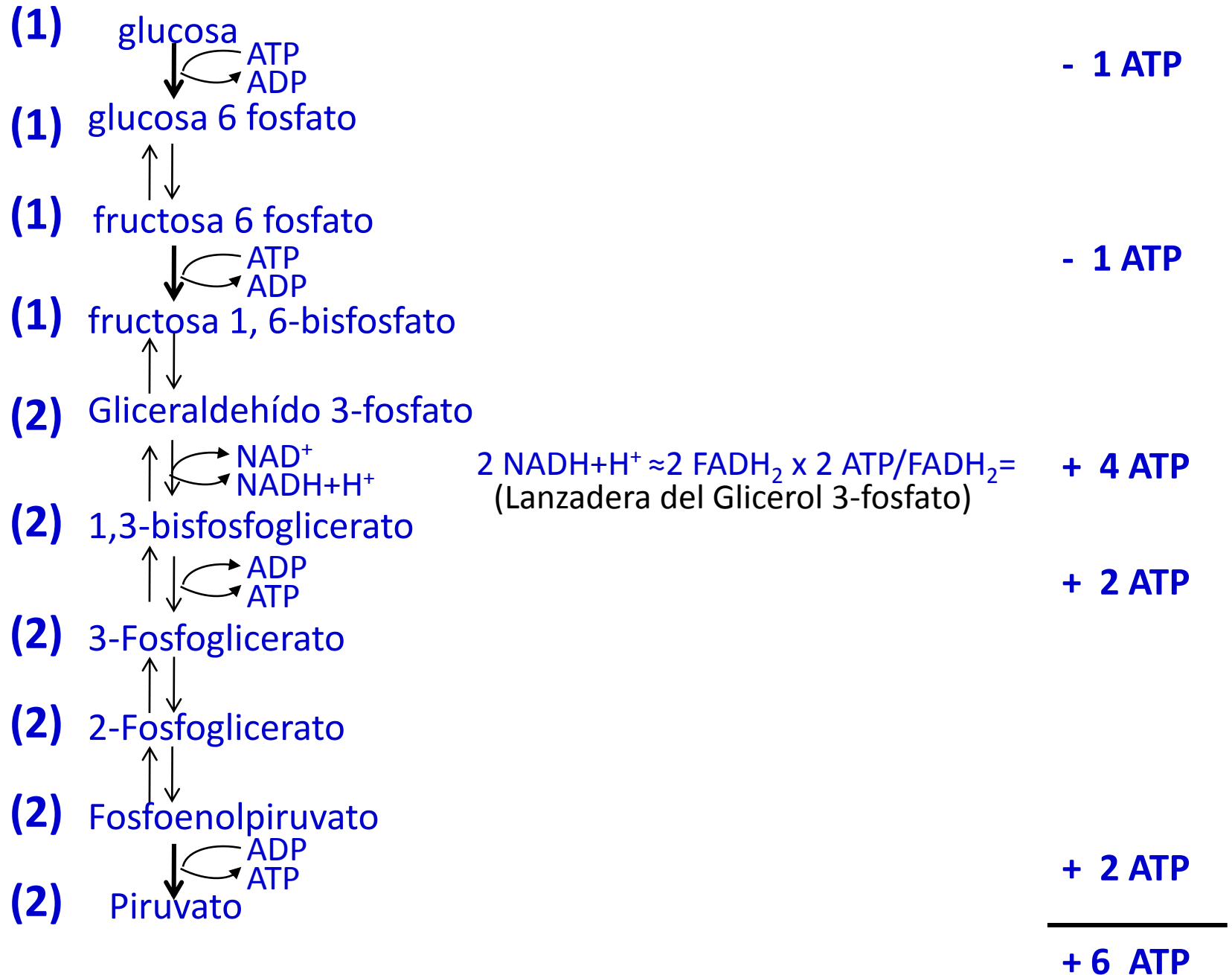
b. Lanzadera del Glicerol 3-fosfato



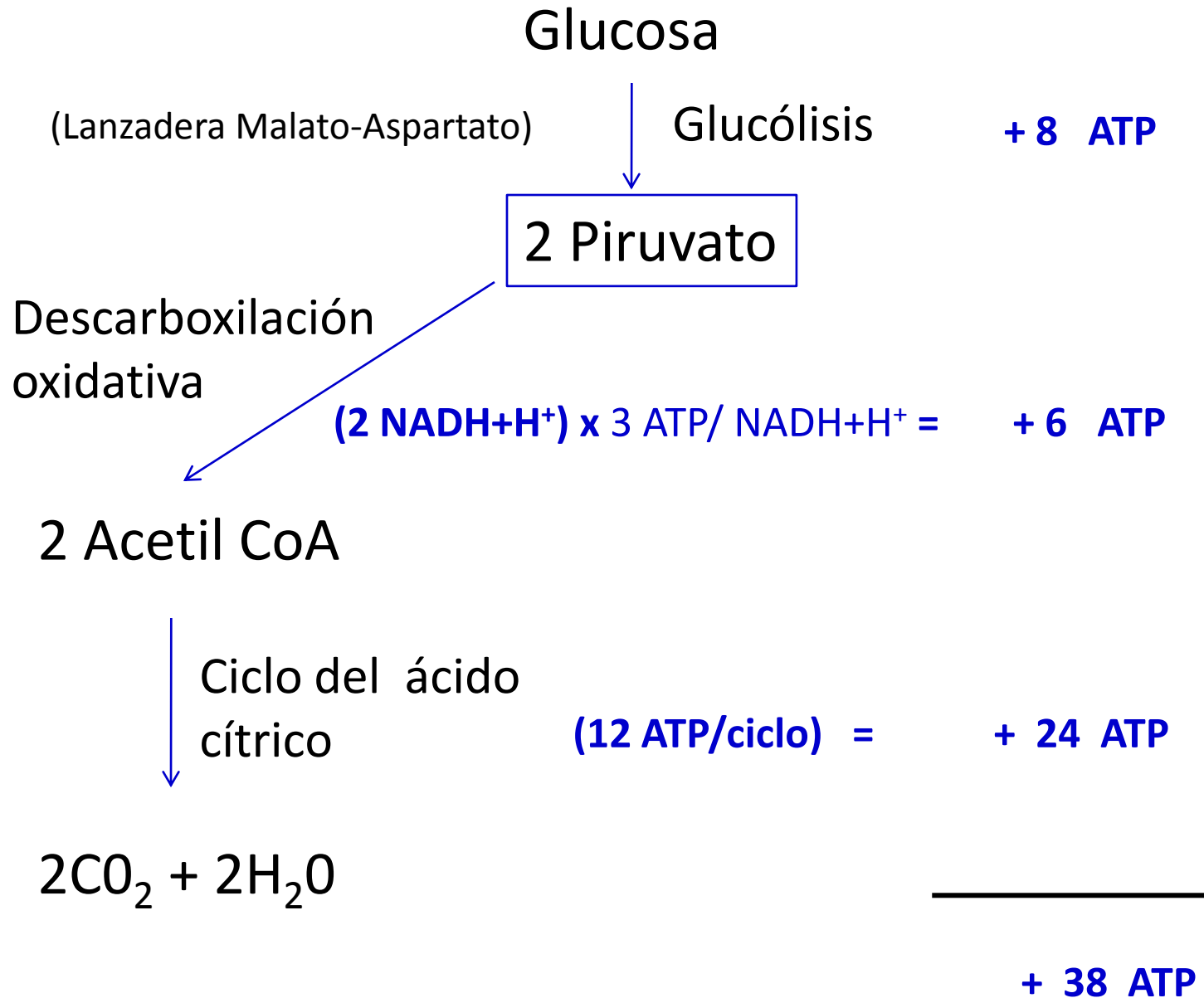
Balance energético de la glucólisis



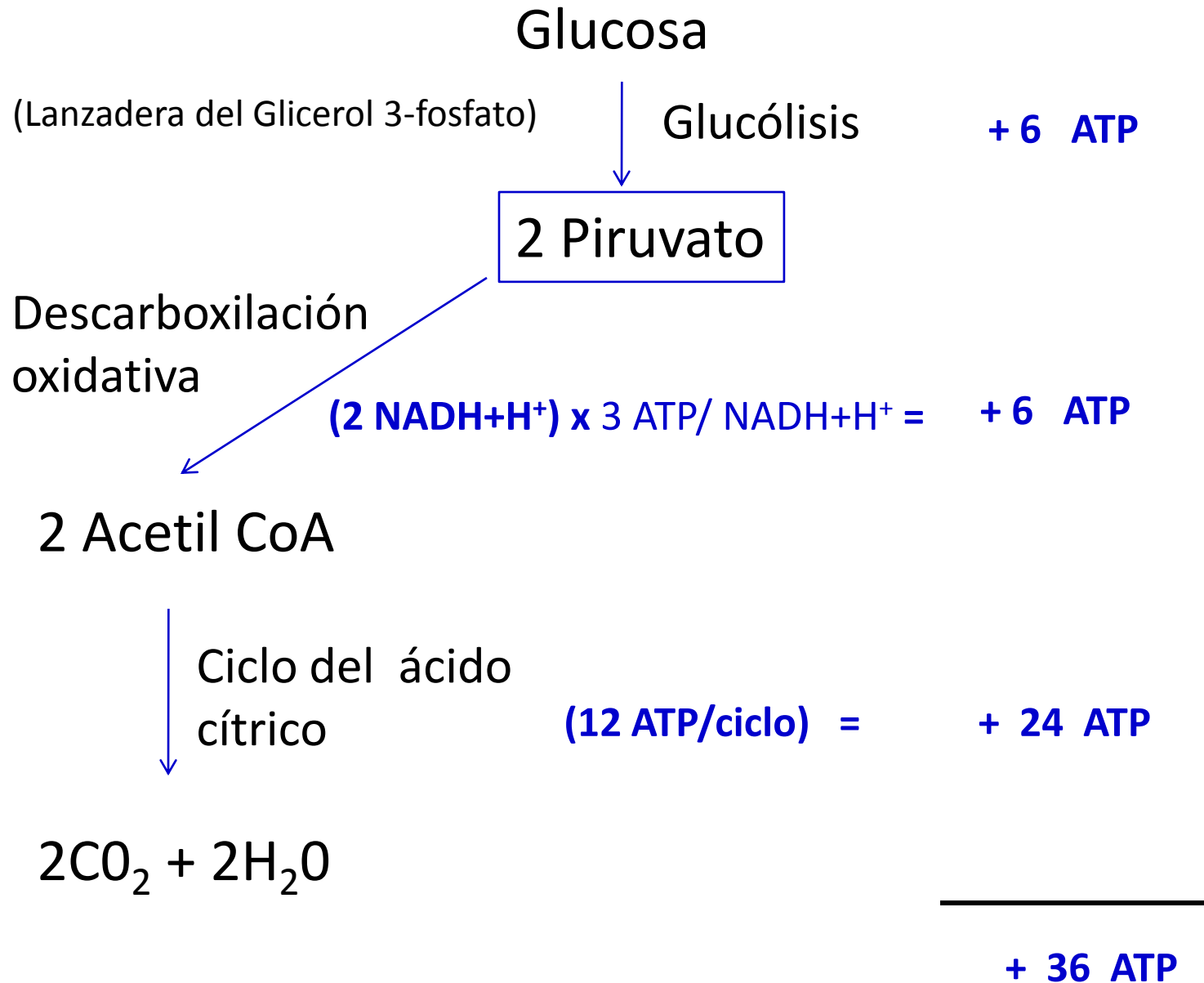
Balance energético de la glucólisis



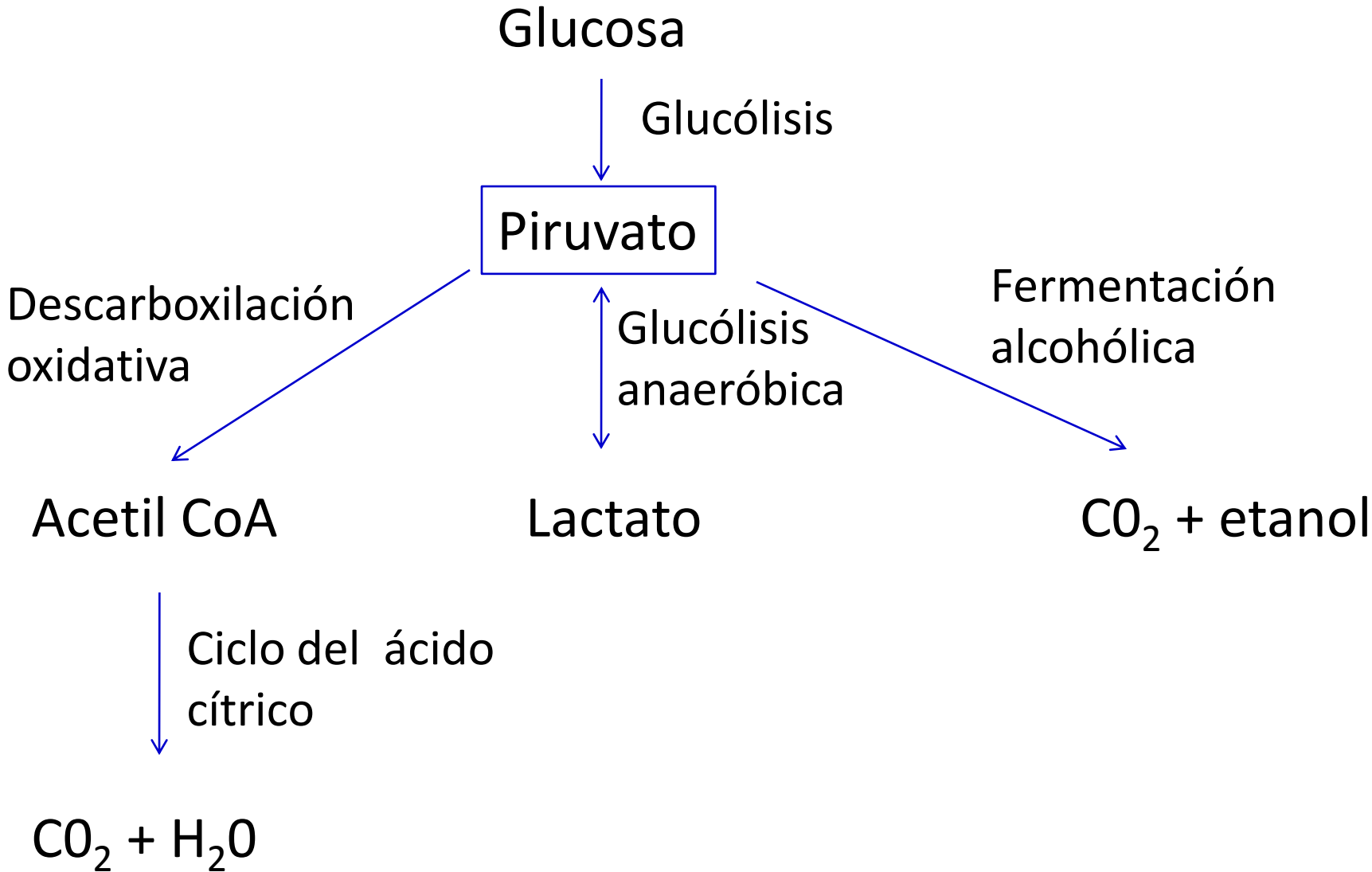
Energía neta proveniente de la oxidación completa de la glucosa (condiciones aeróbicas):



Energía neta proveniente de la oxidación completa de la glucosa (condiciones aeróbicas):

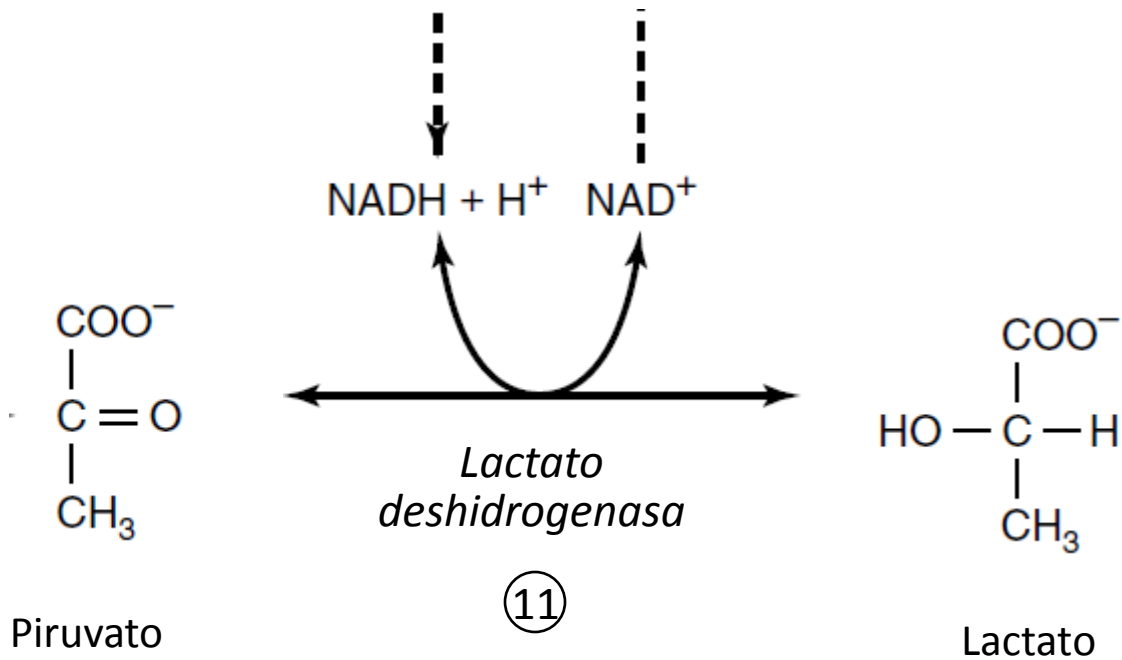


Destinos catabólicos del piruvato

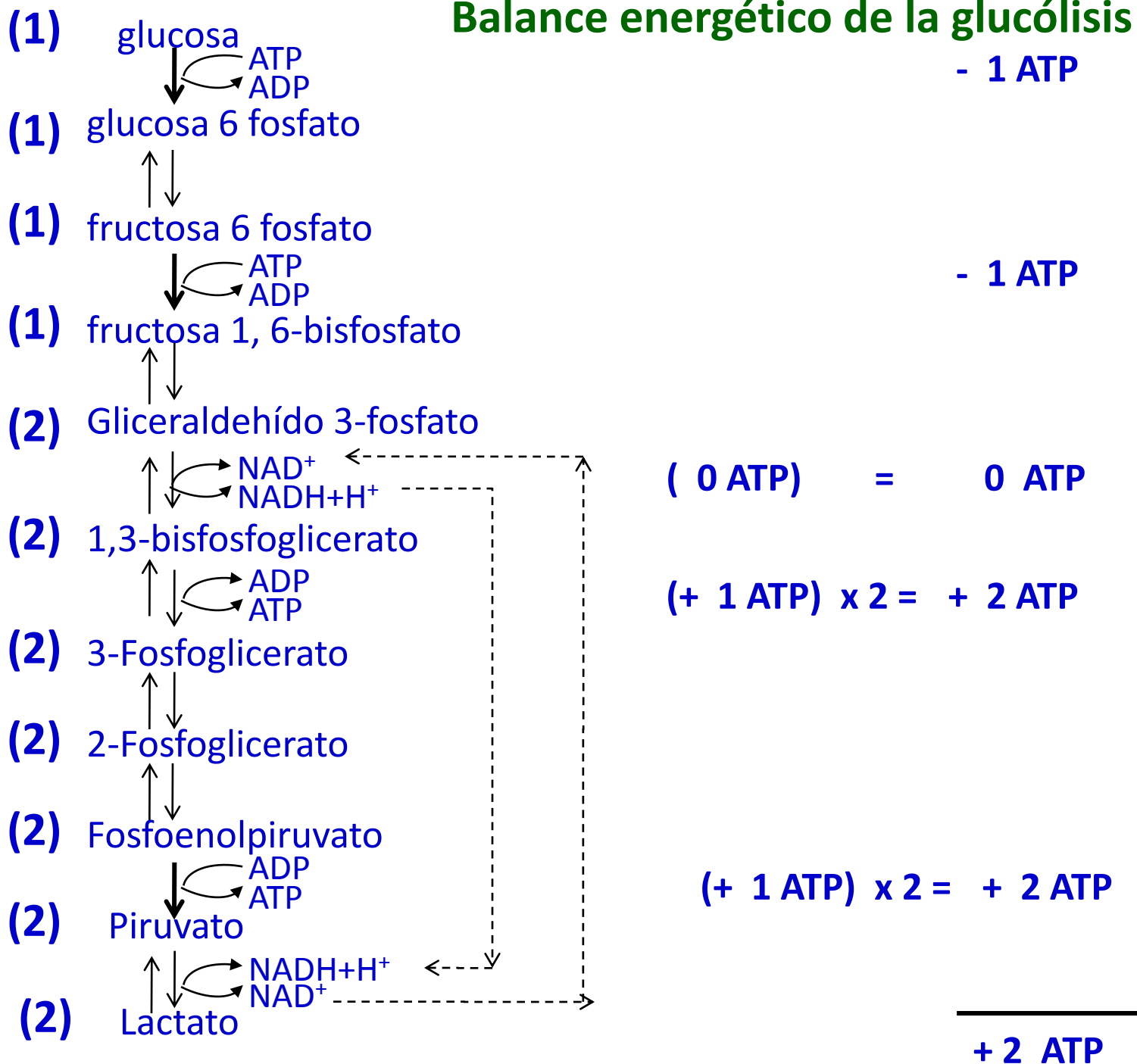


En condiciones anaeróbicas:

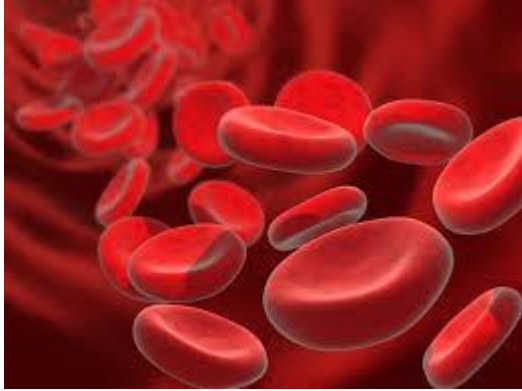
...Después de las reacciones 1 a 10 :



Balance energético de la glucólisis anaeróbica



¿Dónde ocurre glucólisis anaeróbica?

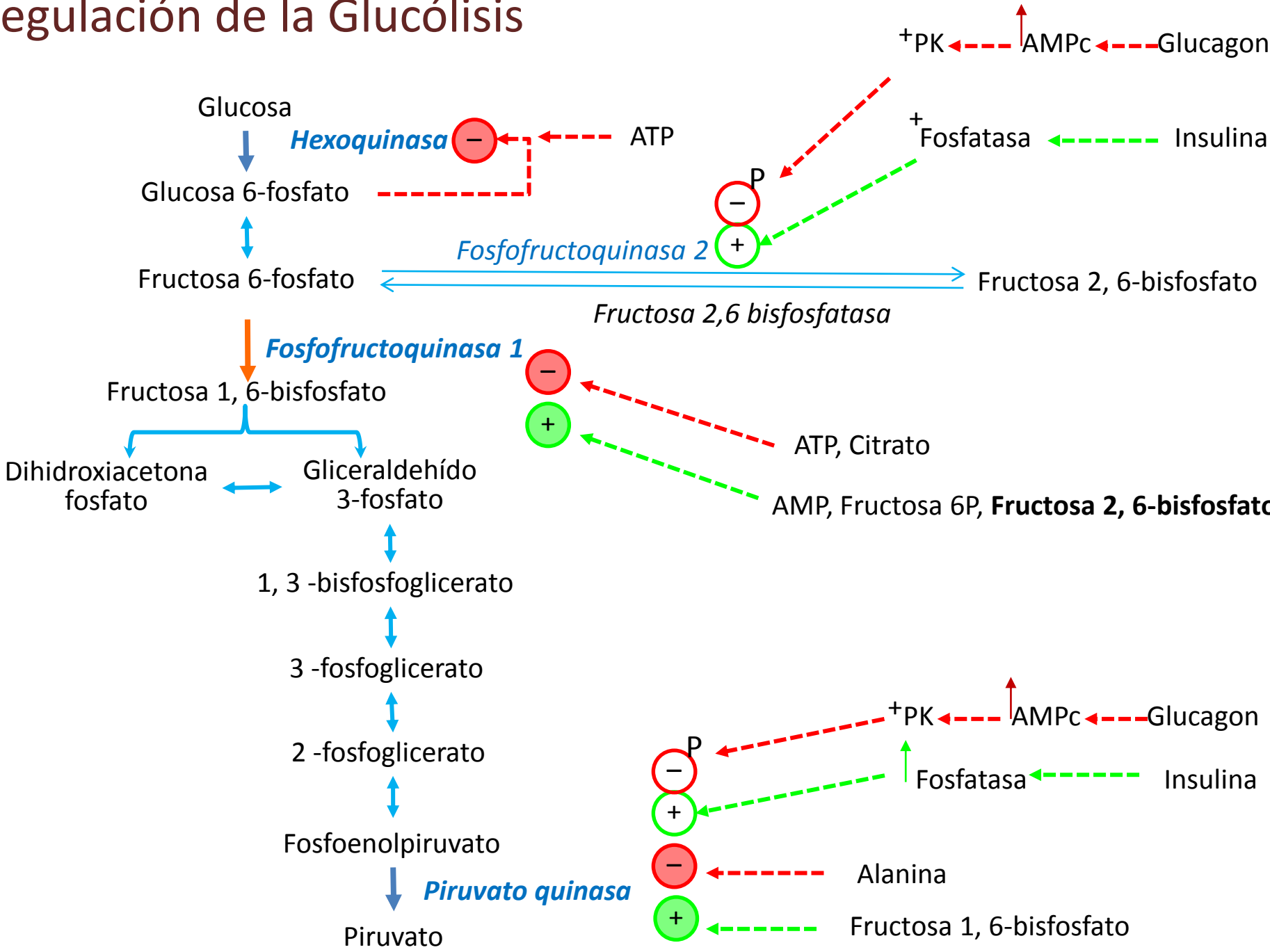


En los eritrocitos (glóbulos rojos):
carecen de mitocondrias



En el músculo esquelético durante intensa actividad
Alta demanda de ATP, escaso suministro de oxígeno

Regulación de la Glucólisis



Regulación por Modificación covalente reversible

En ayuno

Glucagon

AMPc

(+)

Proteína quinasa

ADP

ATP

Enzima Fosforilada

Enzima Desfosforilada

P

H₂O

Pi

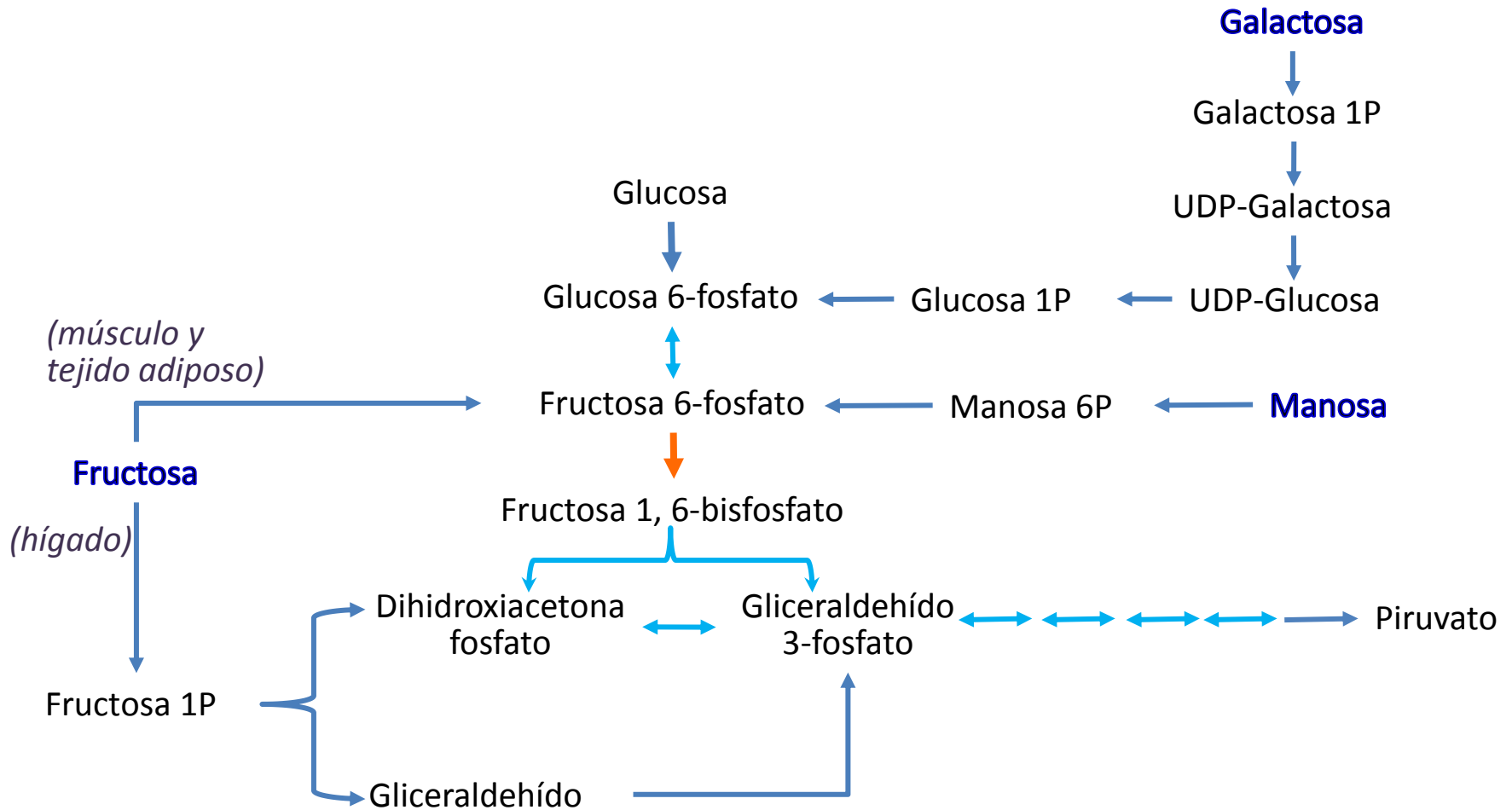
Proteína fosfatasa

(+)

Insulina

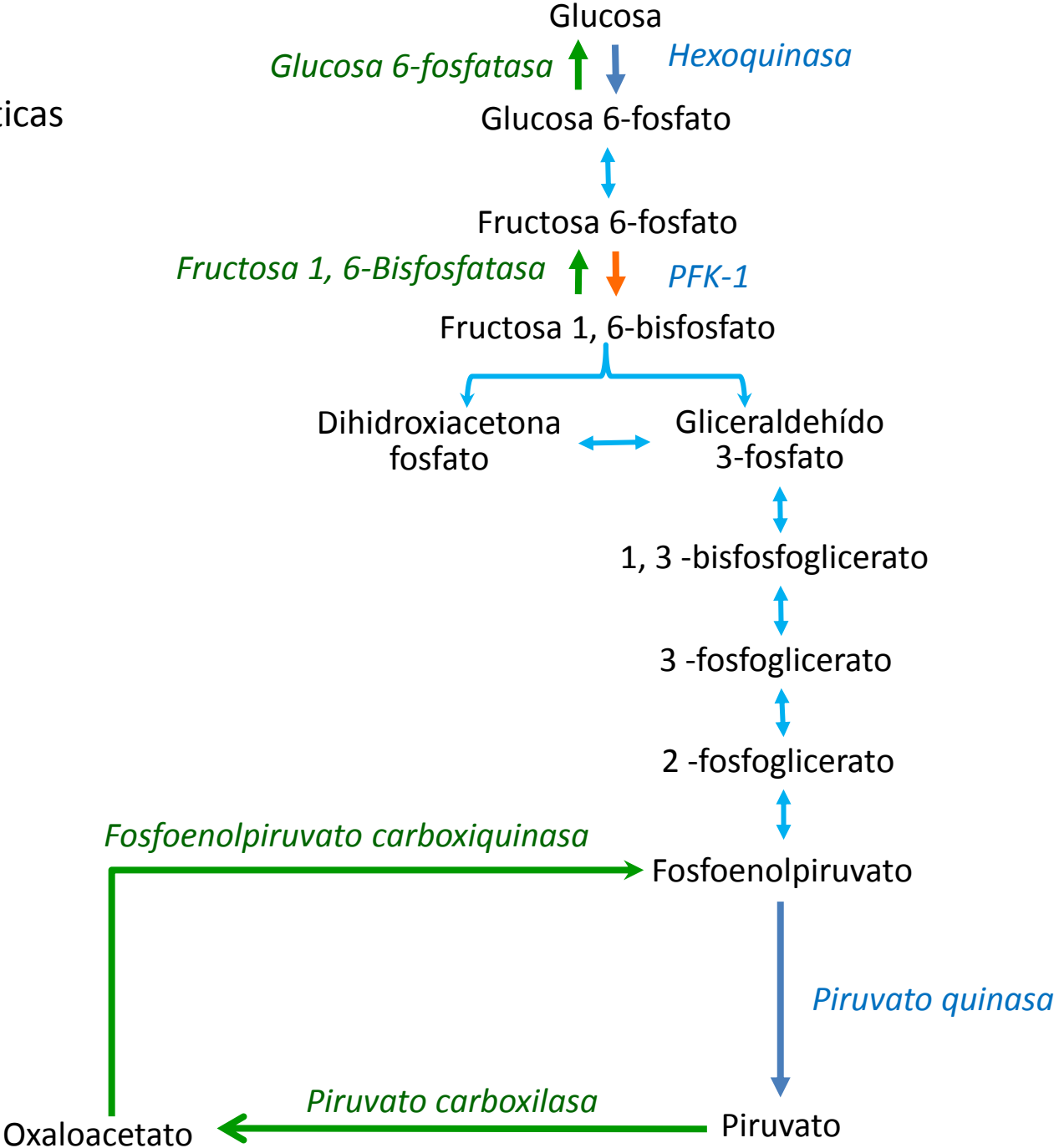
En alimentación

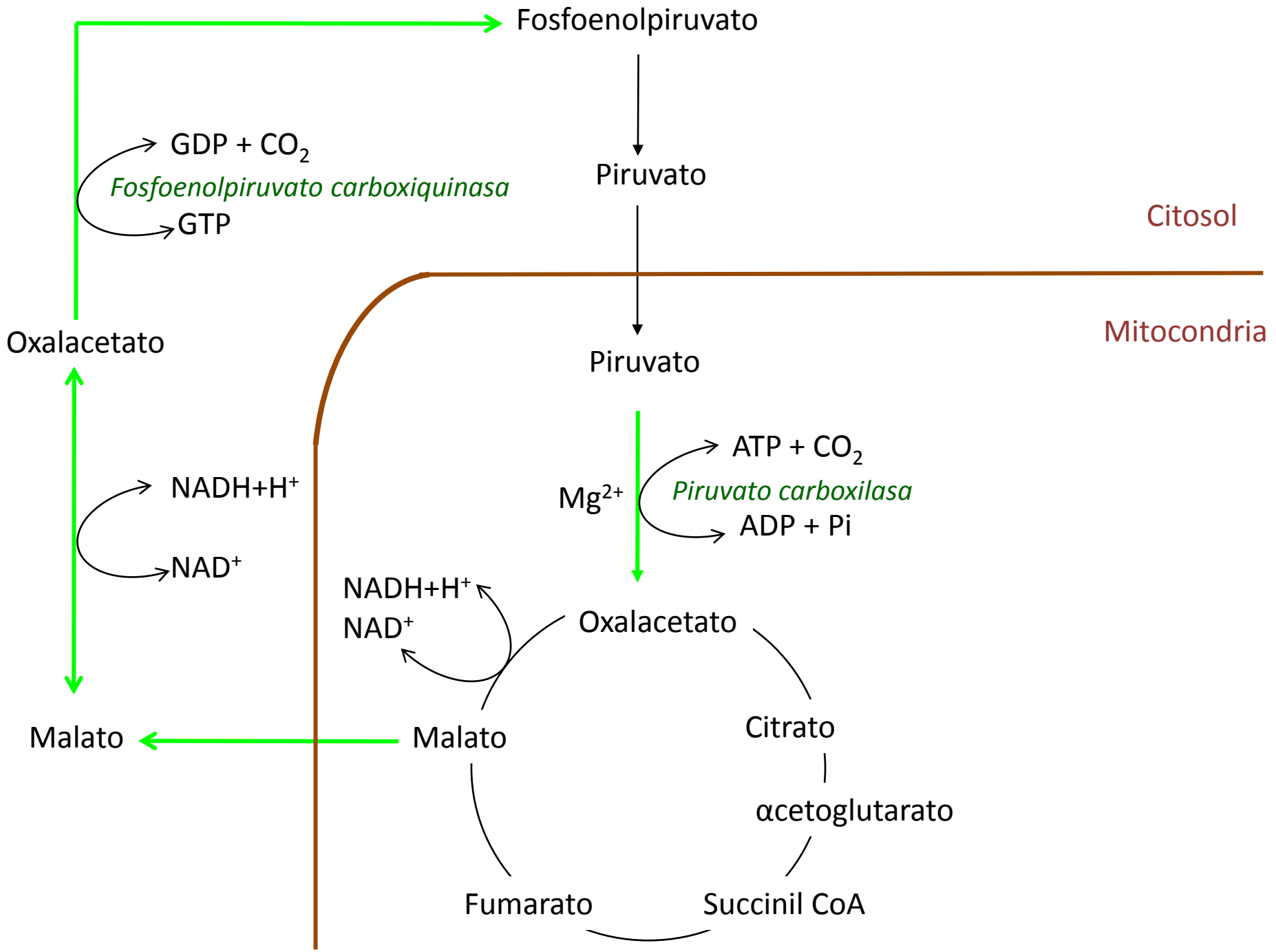
Entrada de otros monosacáridos a la Glucólisis



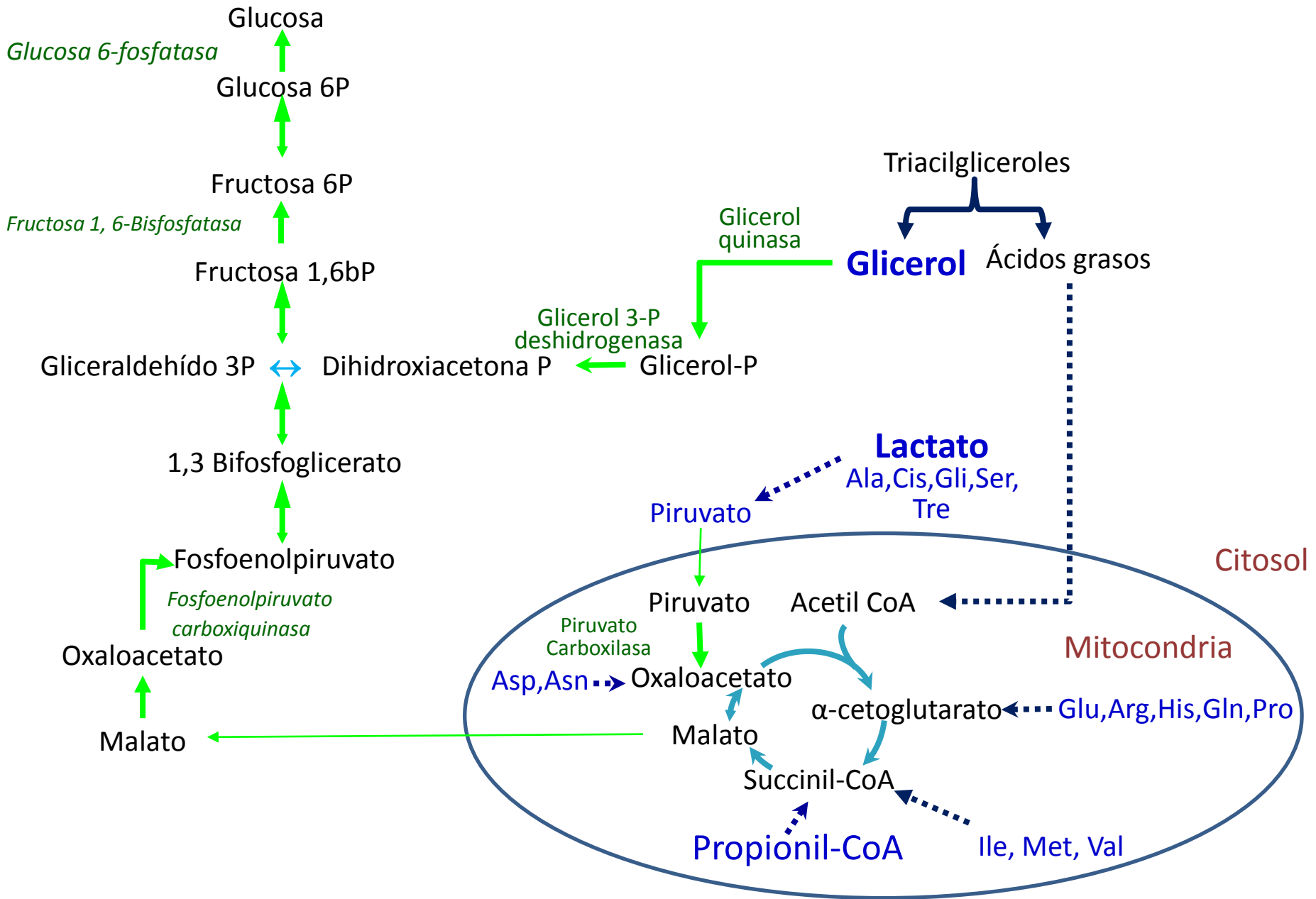
Gluconeogénesis

Se realiza en las células hepáticas



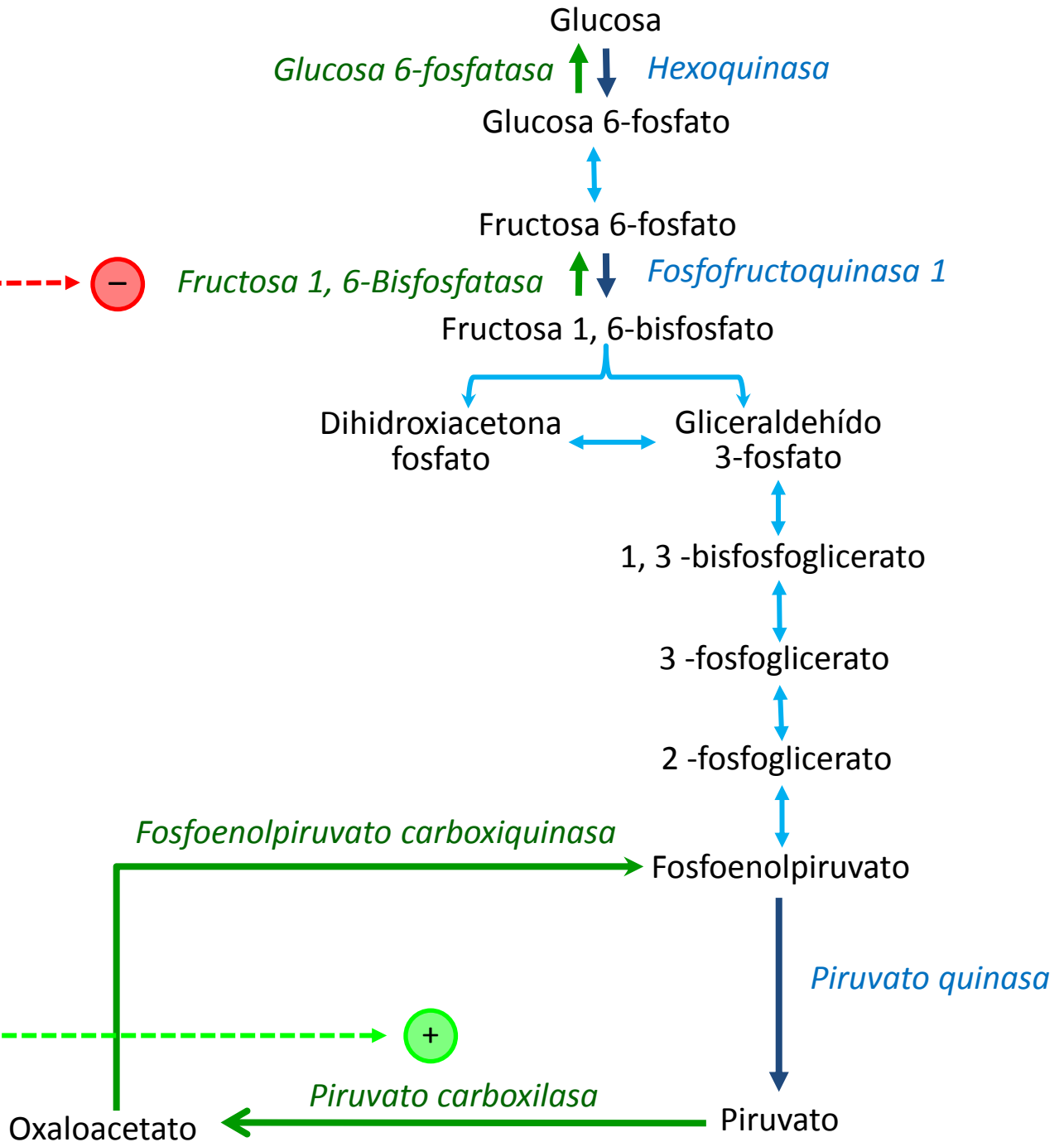


Precursores de glucosa



Regulación de la Gluconeogénesis

AMP
Fructosa 1,6 BP
Fructosa 2, 6-bisfosfato



Vía de las Pentosas Fosfato

Es una ruta alternativa para el metabolismo de la glucosa

Actúa como ruta alterna para la oxidación de la glucosa, en la cual no se produce energía en la forma de ATP. Sus principales productos son:

NADPH+H⁺ agente reductor requerido en varios procesos anabólicos

Ribosa 5-P componente estructural de los nucleótidos que conforman ácidos nucleicos y coenzimas

Vía de las Pentosas Fosfato

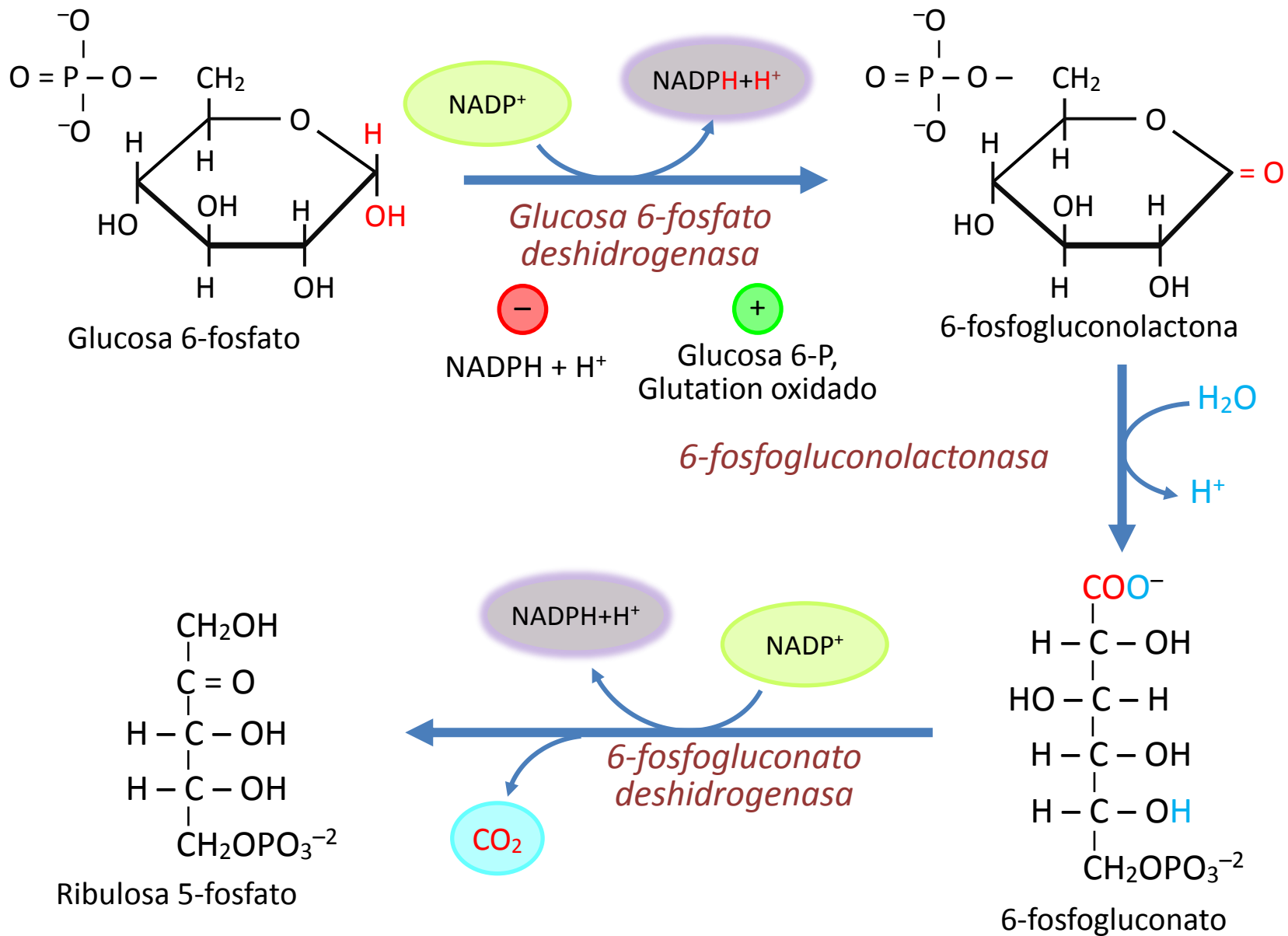
Es más activa en hígado, tejido adiposo, corteza suprarrenal, tiroides, eritrocitos, testículos y glándula mamaria en lactancia.

Ocurre en el citoplasma en dos fases:

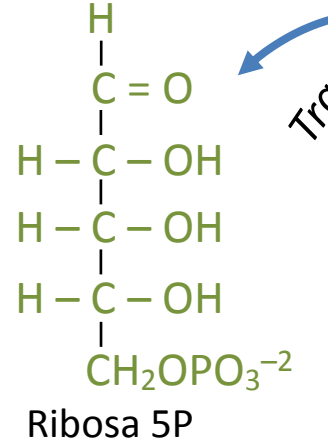
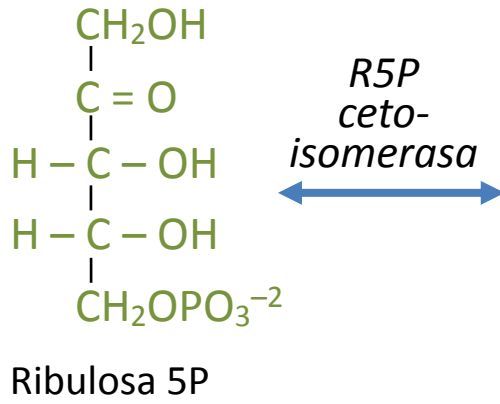
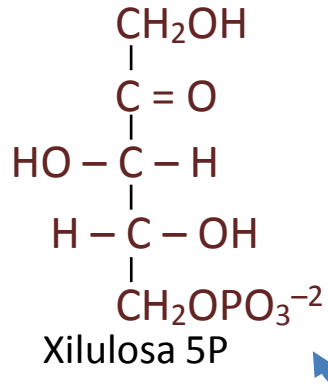
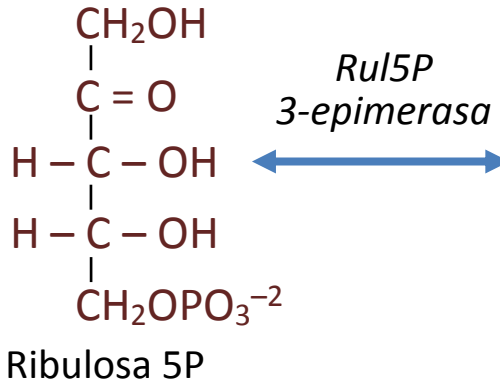
- a. Fase oxidativa irreversible: genera $\text{NADPH} + \text{H}^+$ y Ribulosa 5-fosfato
- b. Fase no oxidativa reversible: genera diversos monosacáridos

Estas fases son independiente una de la otra

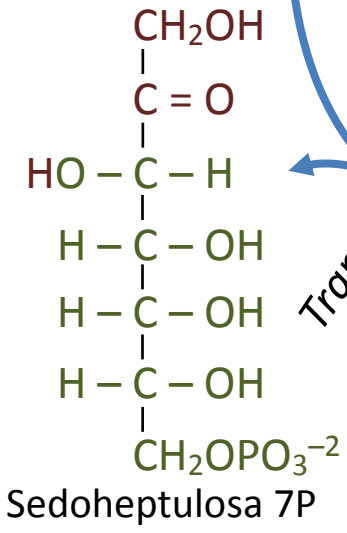
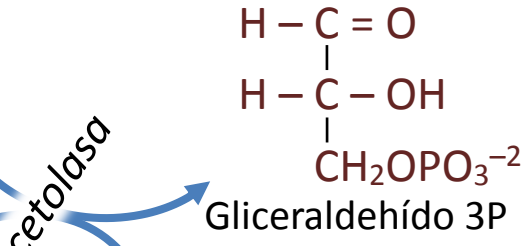
Fase oxidativa



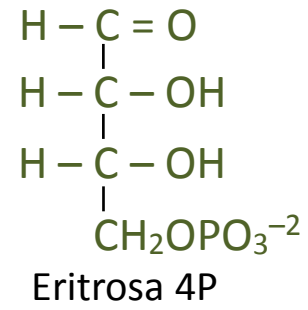
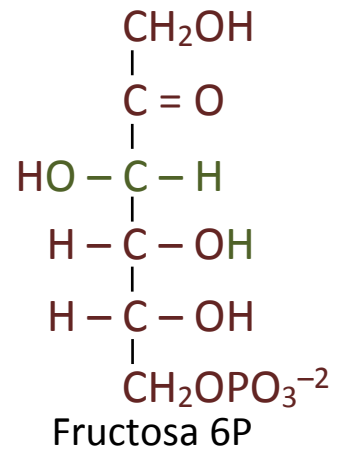
Fase no oxidativa



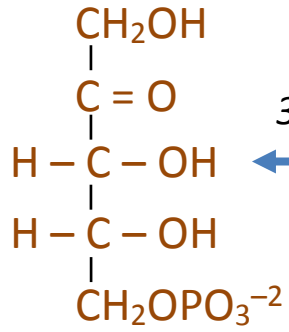
Transcetoalasa



Transaldolasa

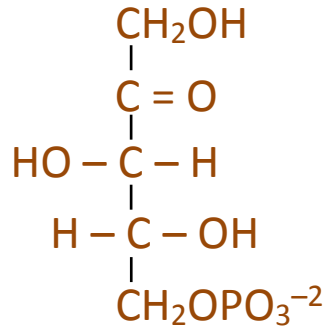


Fase no oxidativa



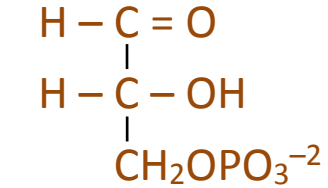
Ribulosa 5P

Ru5P
3-epimerasa

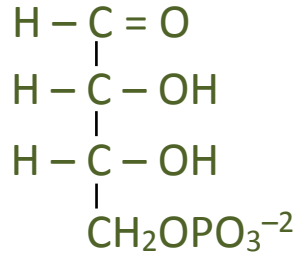


Xilulosa 5P

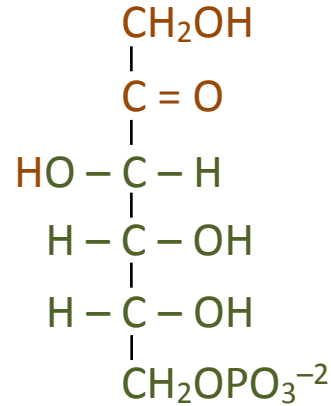
Transcetoalasa



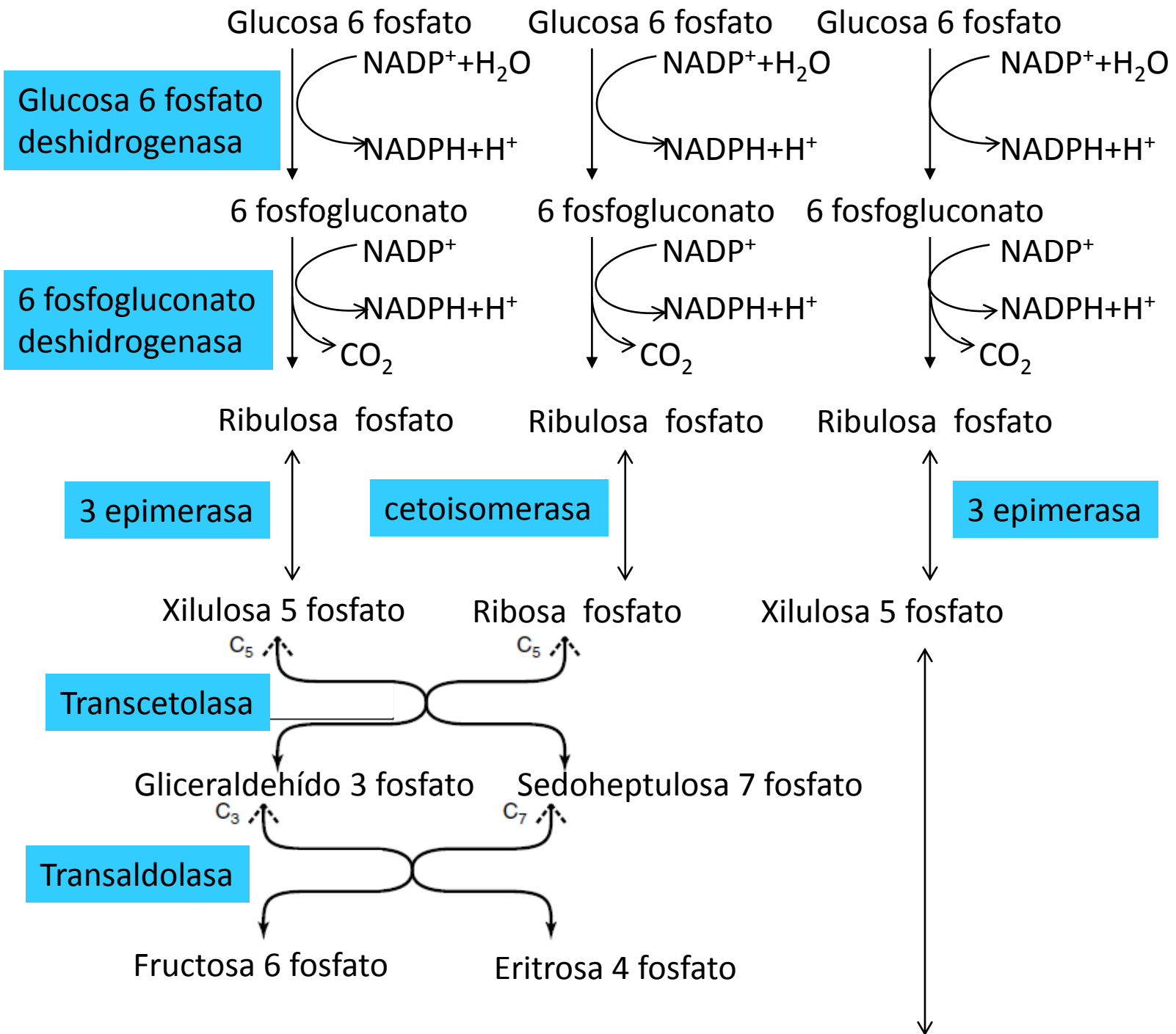
Gliceraldehído 3P

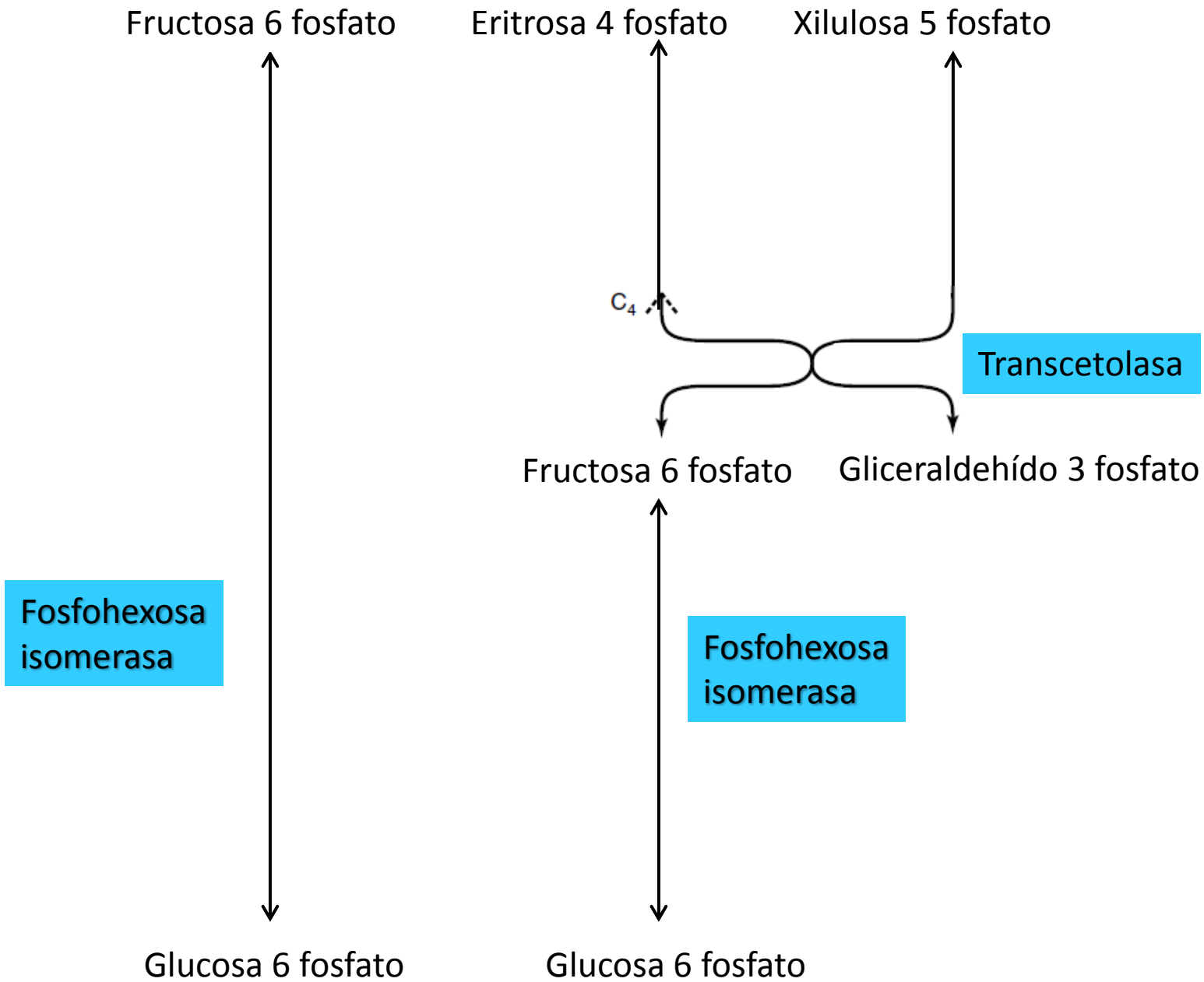


Eritrosa 4P



Fructosa 6P





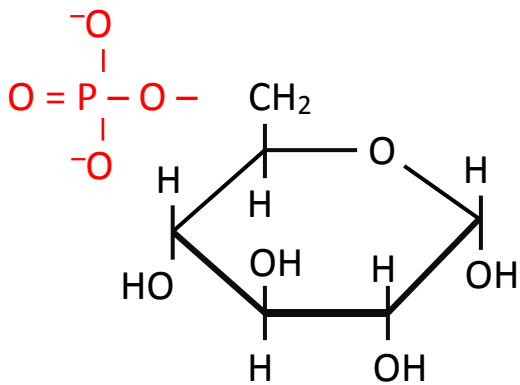
Glucogenosíntesis

El glucógeno es un homopolisacárido ramificado de reserva en los animales, conformado por moléculas de glucosa (α -D glucopiranososa).

La síntesis de glucógeno se realiza en el **hígado** y en el **músculo** después de la ingestión de alimentos, cuando existe una gran cantidad de glucosa en sangre procedente de la dieta.

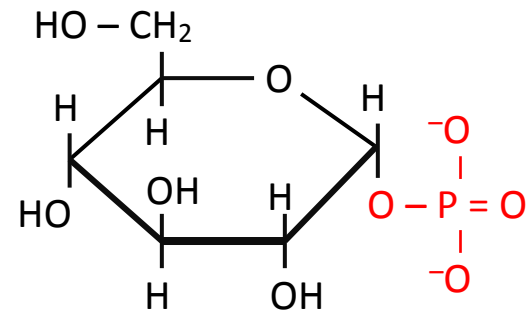
La síntesis de glucógeno requiere:

- a. Una molécula preexistente de glucógeno sintetizada sobre una proteína cebadora llamada Glucogenina.
- b. Moléculas de UDP-Glucosa
- c. La enzima Glucógeno sintetasa, que se encarga de alargar las cadenas por adiciones de moléculas de glucosas mediante enlaces $\alpha(1\rightarrow4)$
- d. Una enzima ramificante que crea puntos de ramificación a través de la formación de enlaces $\alpha(1\rightarrow6)$



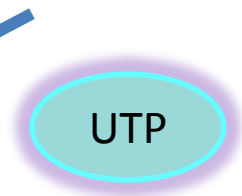
Glucosa 6-Fosfato

Fosfoglucomutasa

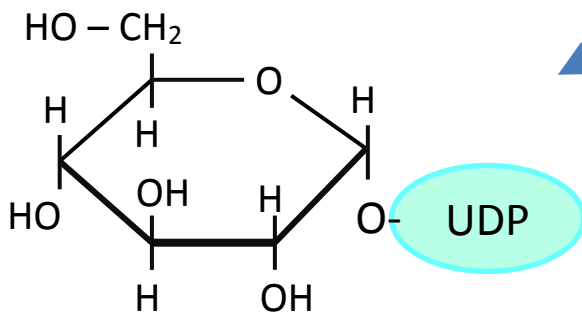


Glucosa 1-Fosfato

UDP-glucosa pirofosforilasa



UTP



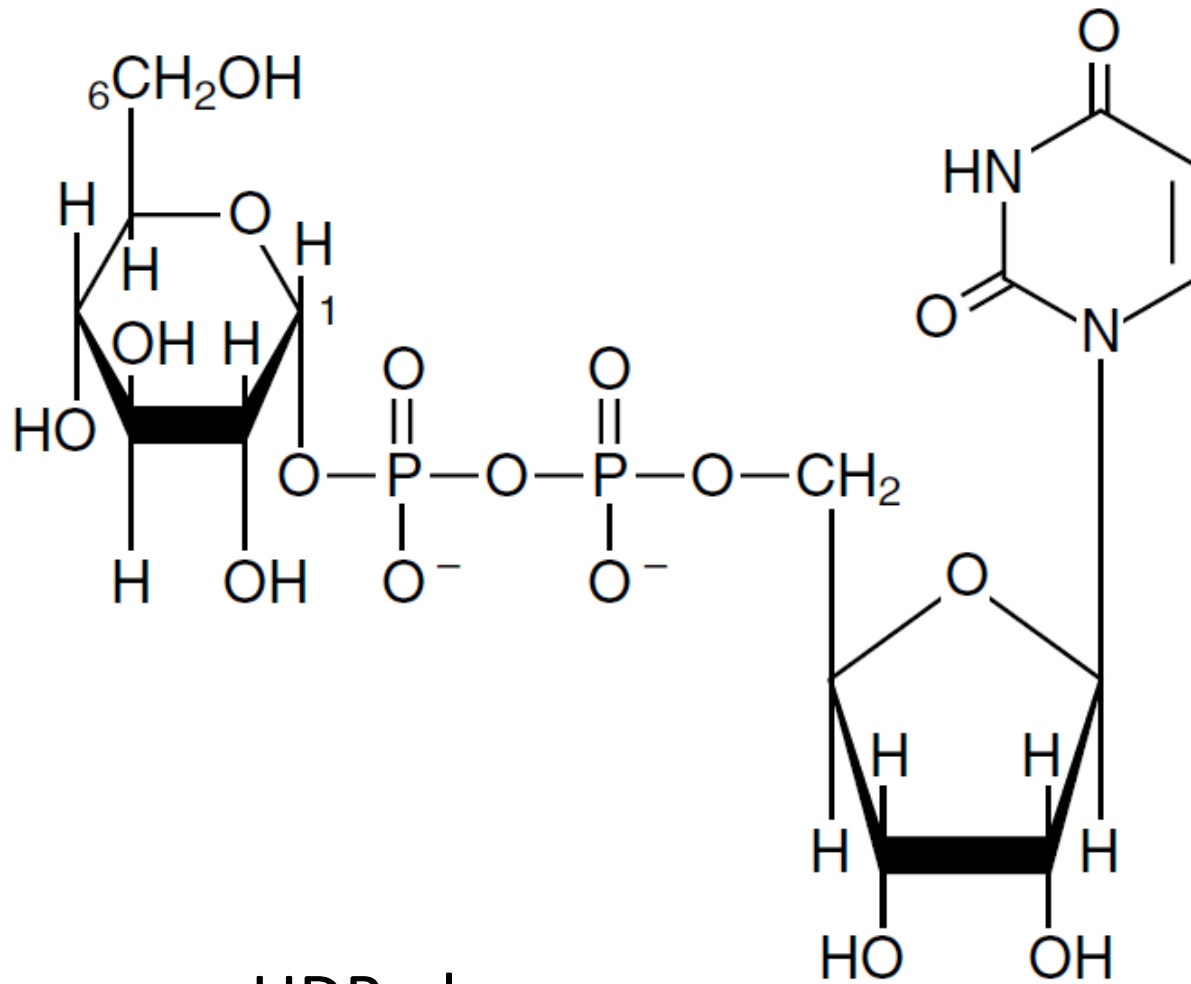
UDP-Glucosa

PPi

Pirofosfatasa inorgánica

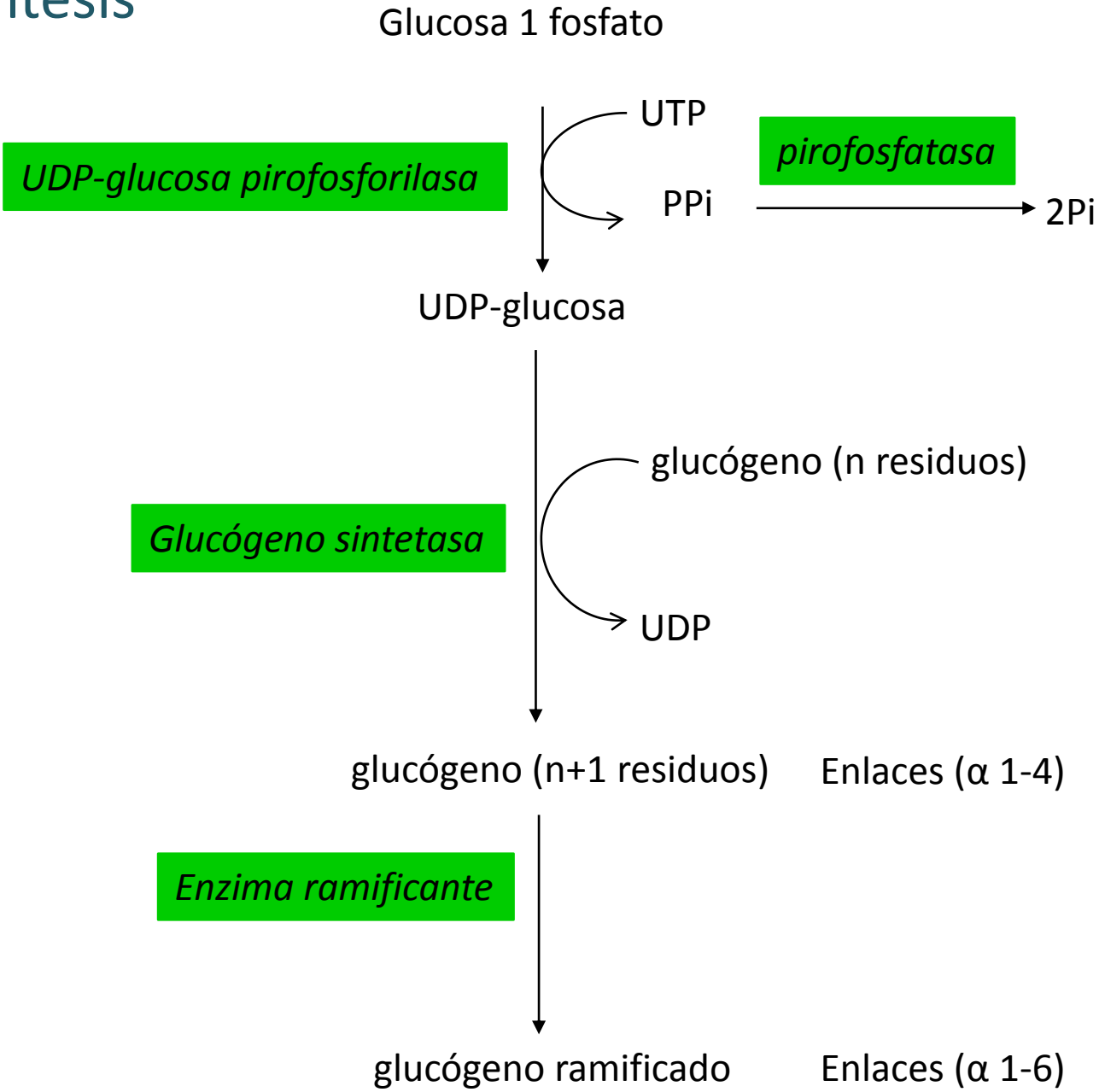
2 Pi



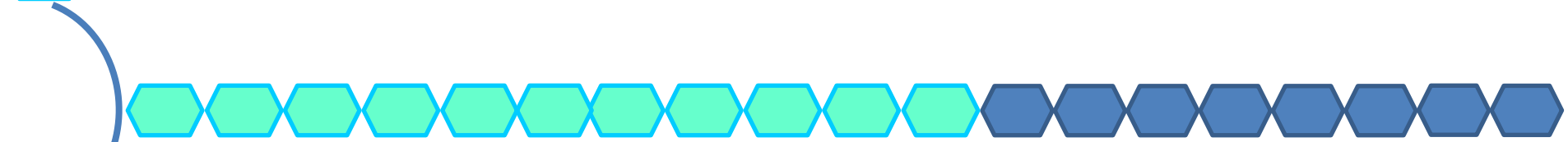


UDP-glucosa

Glucogenosíntesis

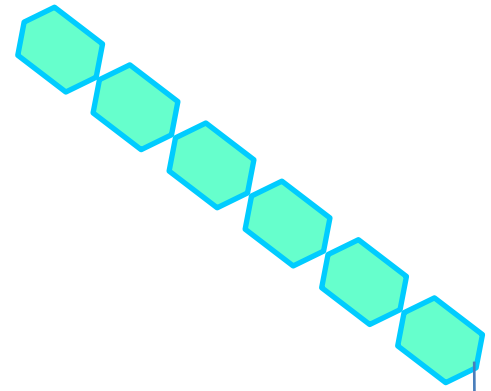


Glucógeno sintetasa



Glucogeno preexistente ó
cebador unido a Glucogenina

UDP



*Enzima
ramificante*



Porque almacenamos glucosa como Glucógeno?

La glucosa es osmóticamente activa. Si la glucosa se almacenara como “glucosa libre”, la acumulación de altas concentraciones de glucosa podrían causar considerable captación de agua por los tejidos conduciendo a la lisis celular

El glucógeno hepático puede ser hidrolizado rápidamente liberando Glucosa para ser distribuida a las células que la requieren.

La glucosa liberada puede ser utilizada como fuente de energía aún en ausencia de oxígeno.

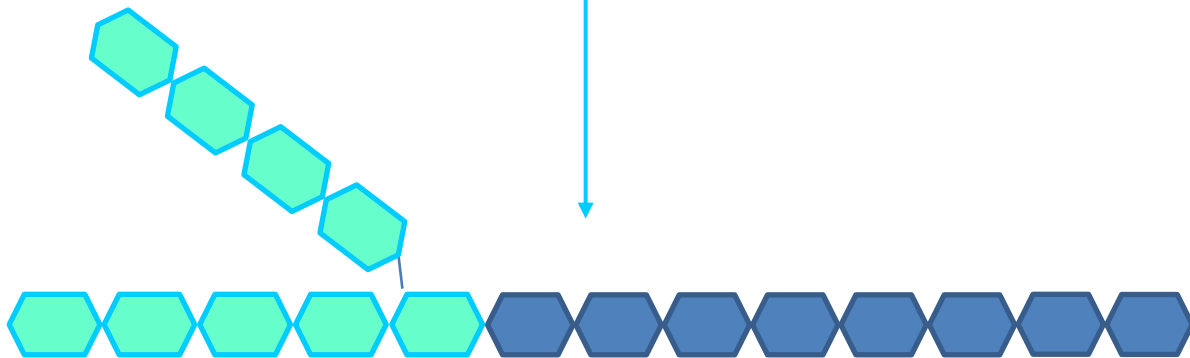
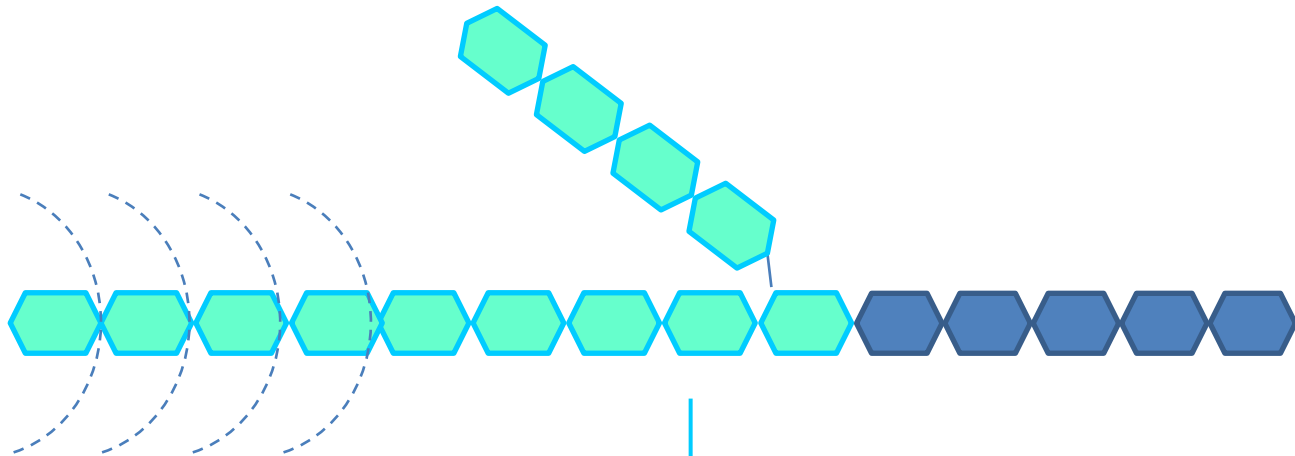
Glucogenólisis

La degradación del glucógeno hepático normalmente se produce horas después de las comidas, cuando han descendido los niveles de glucosa en sangre. Mientras que la degradación del glucógeno del tejido muscular tendrá lugar cuando se realice un mayor gasto energético que no pueda ser cubierto por el aporte de glucosa desde la sangre (ejercicio intenso)

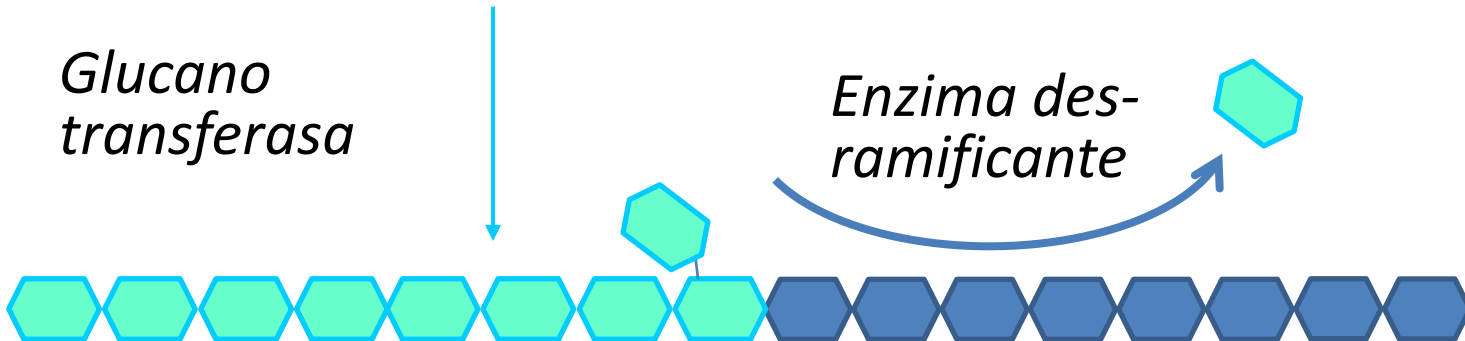
La degradación de glucógeno requiere las siguientes enzimas:

- a. *Glucógeno fosforilasa*, cuya función es romper los enlaces $\alpha(1\rightarrow4)$ de los extremos de la molécula de glucógeno, liberando Glucosa 1-fosfato.
- b. *Glucano transferasa*, transfiere una unidad trisacárida de una a otra rama y deja un punto de ramificación que está unida por un enlace $\alpha(1\rightarrow6)$.
- c. *Enzima desramificante*, escinde por hidrólisis los puntos de ramificación unidos por enlaces $\alpha(1\rightarrow6)$, libera glucosa.

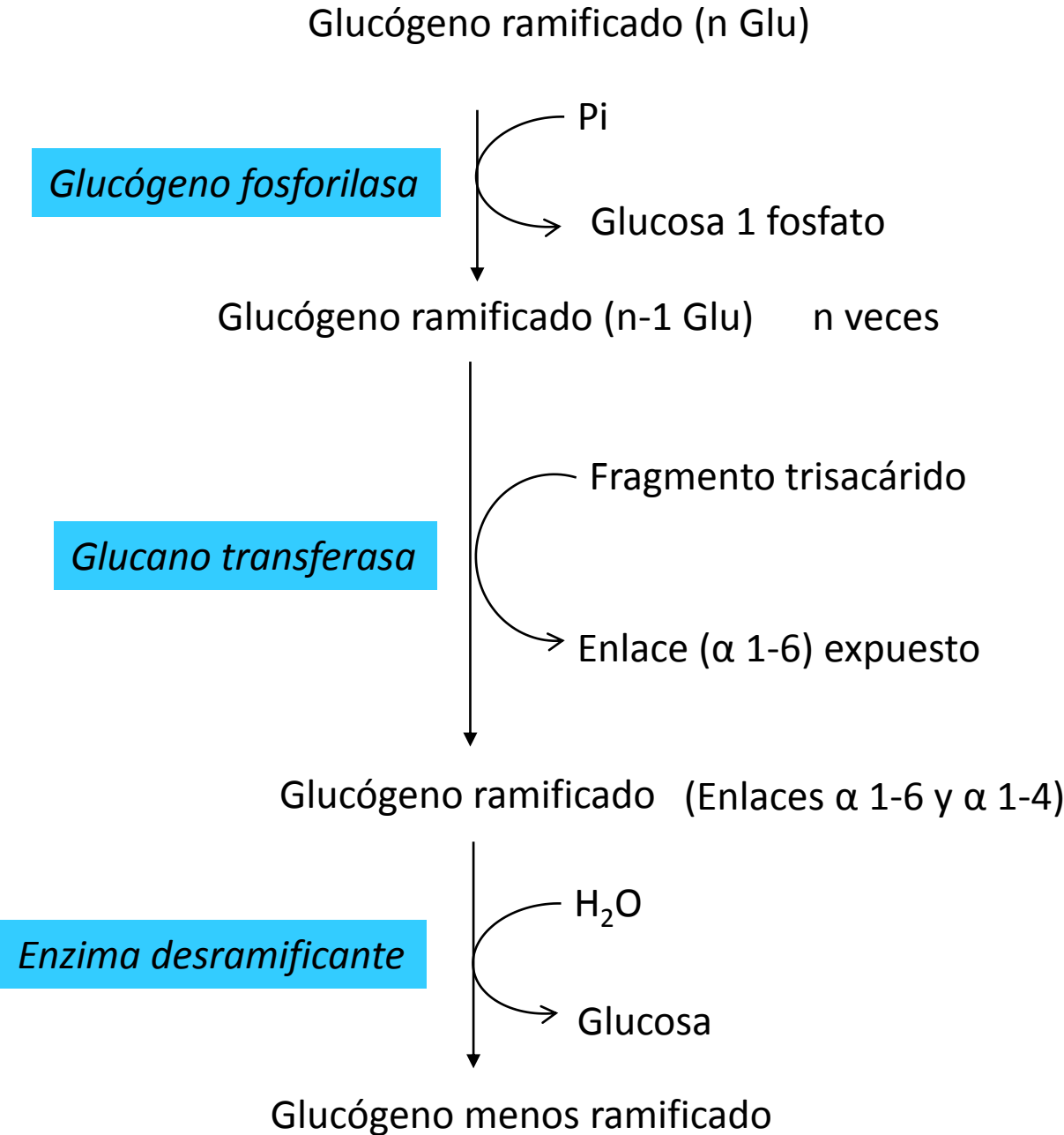
Glucógeno fosforilasa



Glucano transferasa

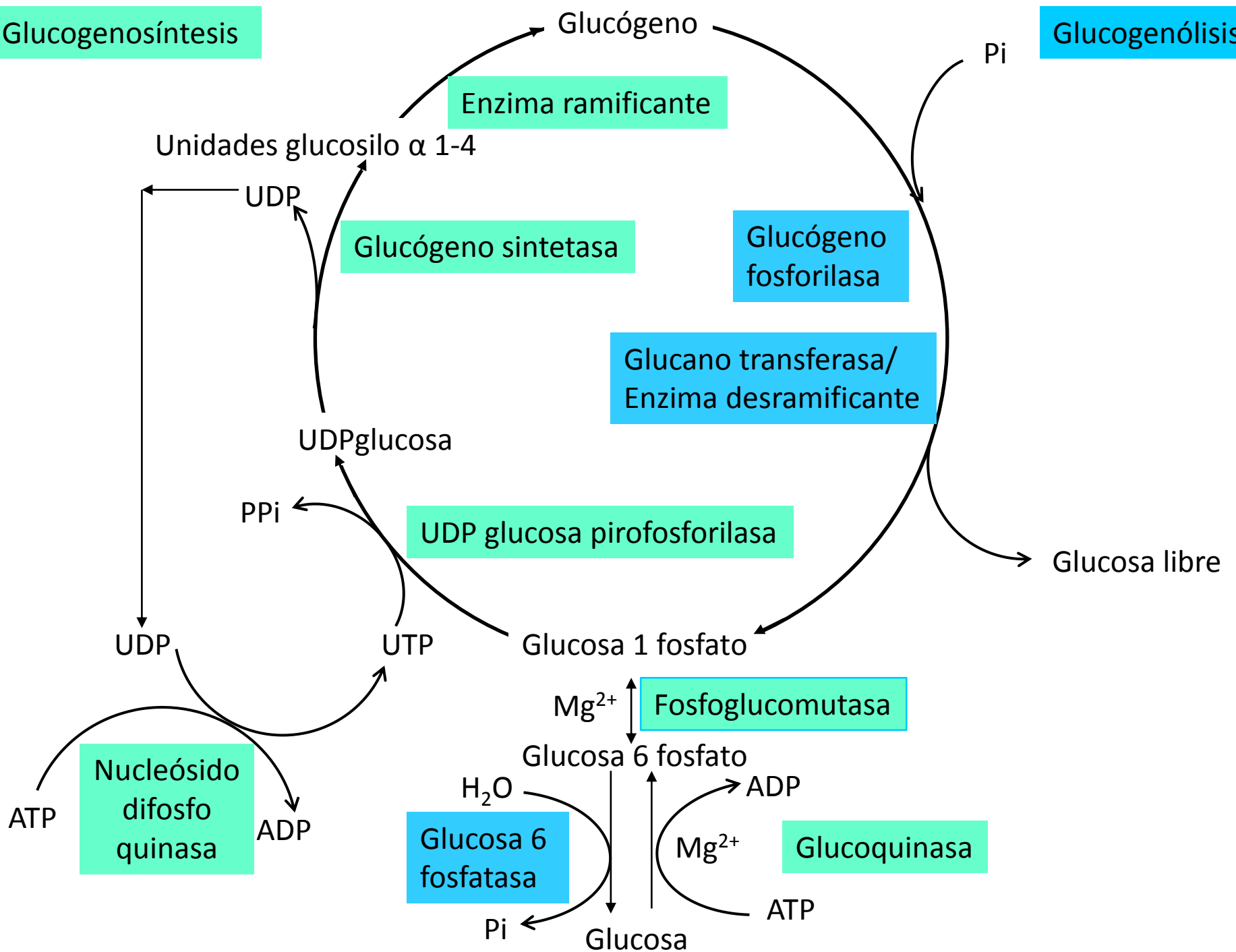


Glucogenólisis

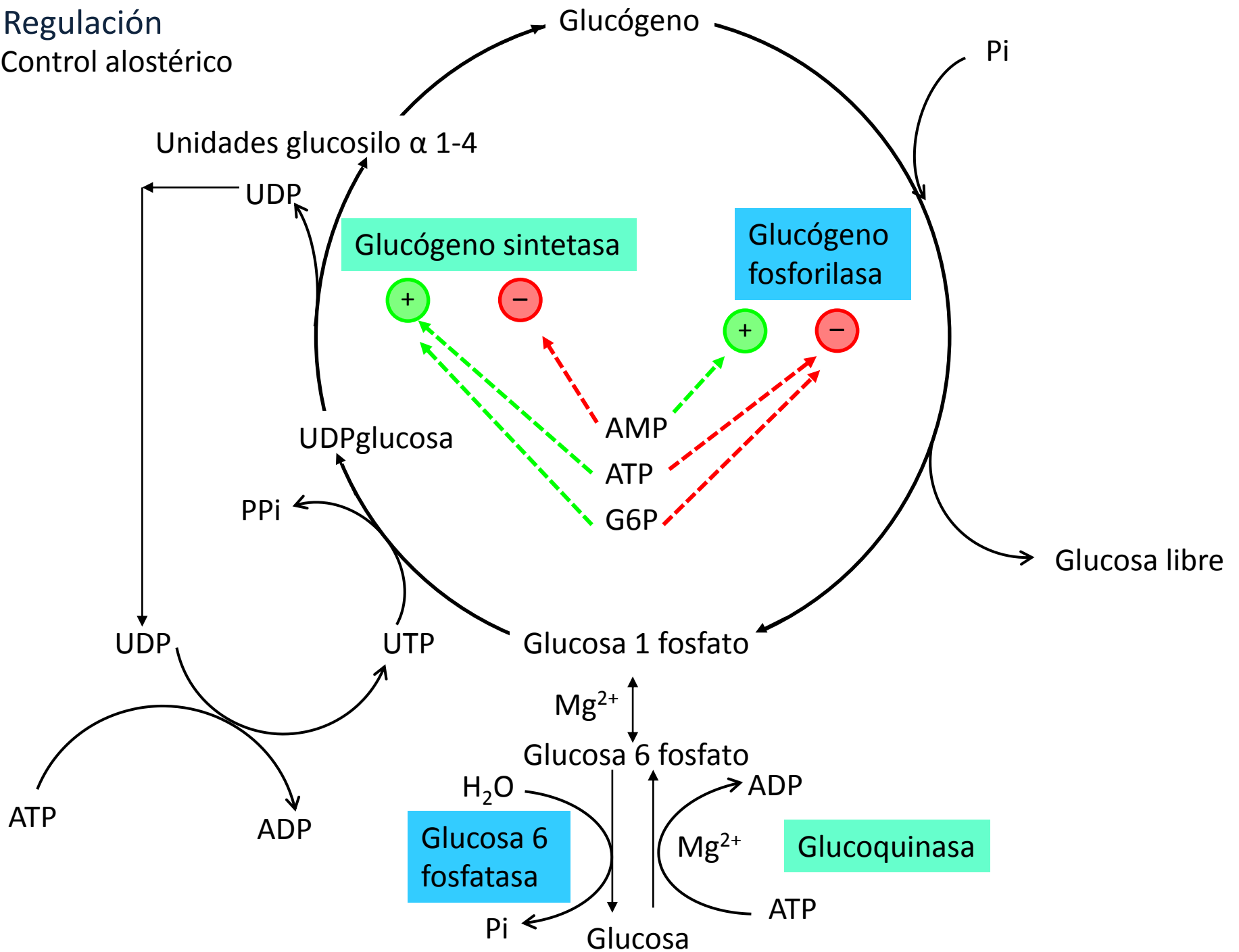


Glucogenosíntesis

Glucogenólisis

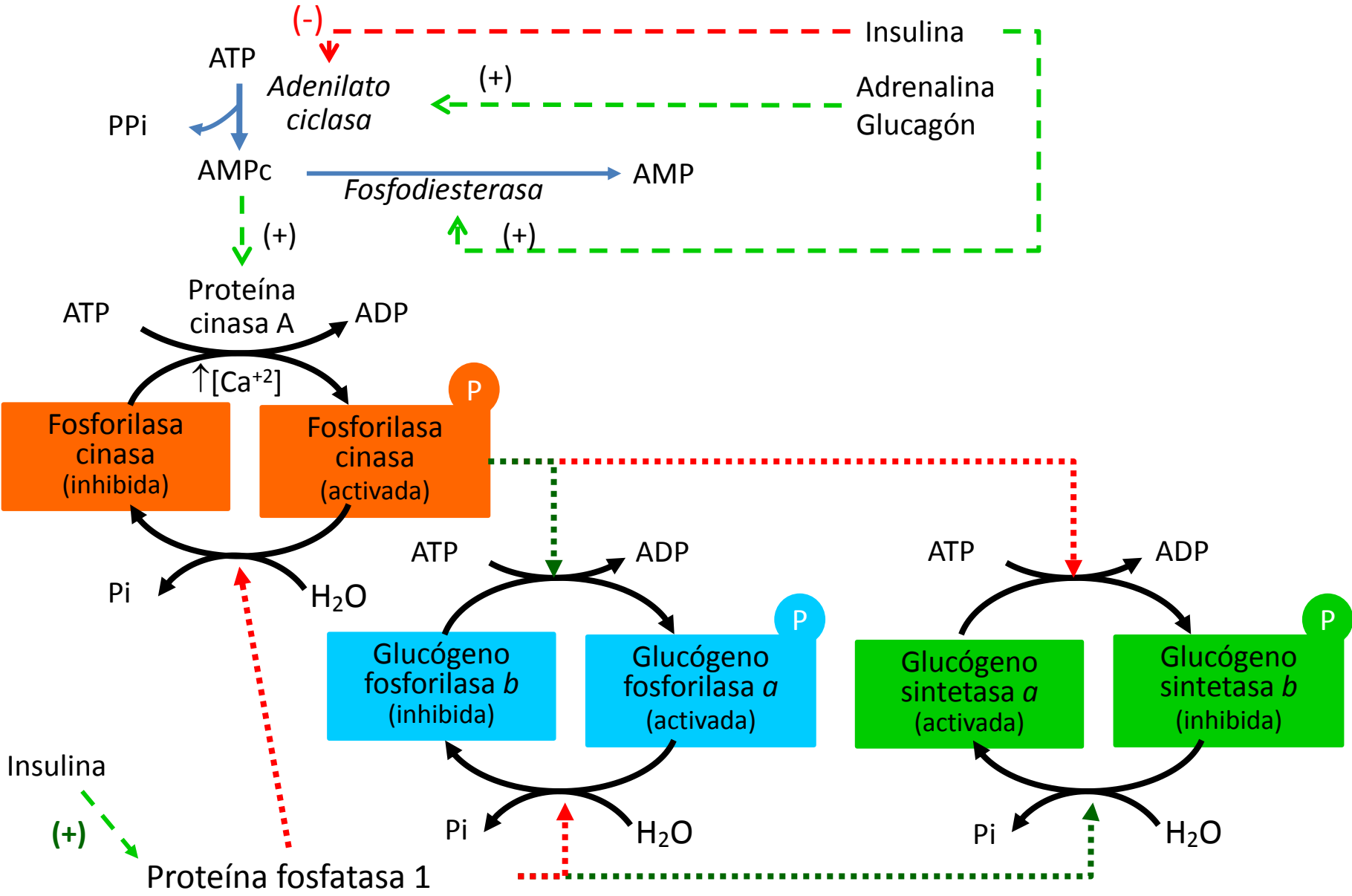


Regulación
Control alostérico



Regulación del metabolismo del glucógeno

Modificación covalente reversible



Aspectos clínicos relacionados con defectos en el metabolismo de carbohidratos

Alteraciones en la regulación de la concentración de glucosa:

Trastorno	Características
➤ Diabetes mellitus	Hiperglicemia
➤ Glucosuria	Exceso de glucosa en la orina
➤ Deficiencia de fructosa 1,6 bifosfatasa	Bloqueo de la gluconeogénesis
➤ Hipoglicemia	Poca disponibilidad de glucosa en sangre

Aspectos clínicos relacionados con defectos en el metabolismo de carbohidratos

Enfermedades por almacenamiento de glucógeno

Se caracterizan por cantidades o formas anormales de glucógeno

Causa del trastorno (Enzima deficiente)	Características
En la Glucogenosíntesis:	
➤ Enzima ramificante	Acumulación de glucógeno poco ramificado
En la Glucogenólisis:	
➤ Fosforilasa muscular	Alto contenido de glucógeno muscular, poca tolerancia al ejercicio
➤ Enzima desramificante	Acumulación de glucógeno ramificado
➤ glucosa 6 fosfatasa	Células hepáticas cargadas de glucógeno