

RUTA de las PENTOSAS-P: FUNCIONES

La ruta de las pentosas-P tiene como funciones:

LA GENERACIÓN DE
y de

NADPH (poder reductor)
PENTOSAS-P

BIOMOLÉCULAS QUE NECESITAN PENTOSAS

- Nucleótidos
- Ácidos nucleicos
- Coenzimas: ATP, GTP
- NAD, FAD, CoA

PROCESOS METABÓLICOS QUE REQUIEREN NADPH

Síntesis

- Biosíntesis de ácidos grasos
- Biosíntesis de colesterol
- Biosíntesis de neurotransmisores
- Biosíntesis de nucleótidos

Metabolismo de fármacos

- Reducción de glutatión oxidado
- Citocromo P450 monooxigenasa

RUTA DE LAS PENTOSAS-P

TEJIDOS y FUNCIONES en los que se produce de una forma muy activa la ruta de las pentosas-P

TABLE 20.4 Tejidos con la ruta de las pentosas-fosfato activa

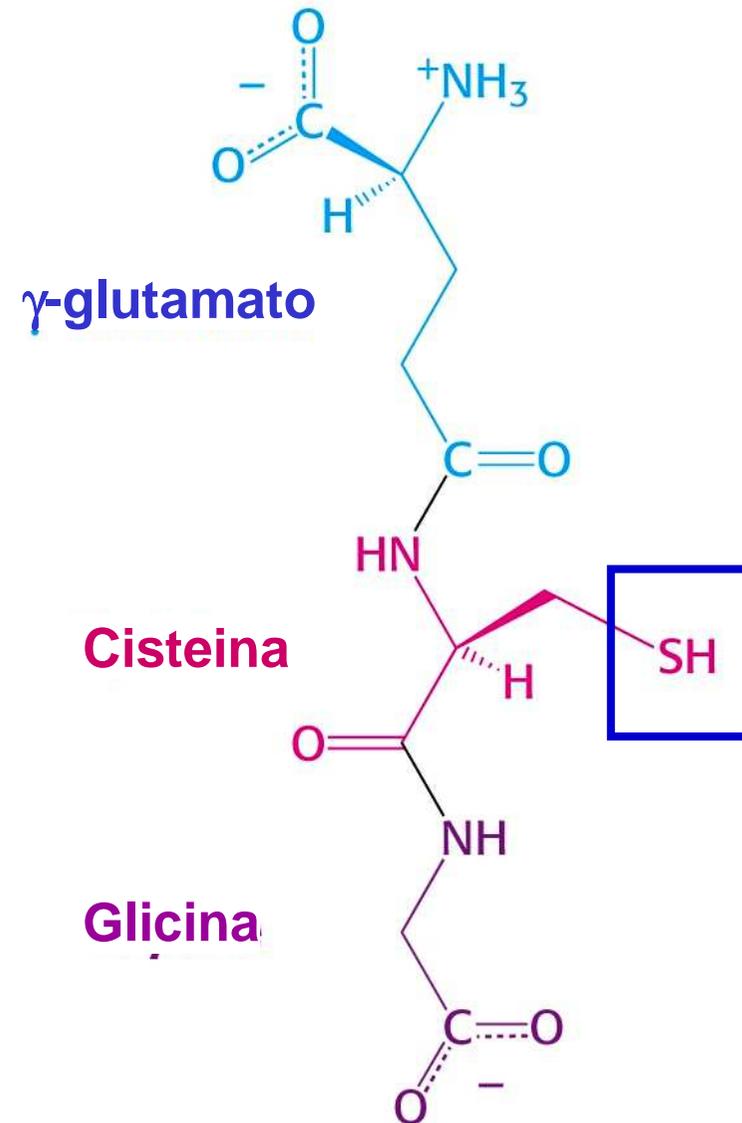
Tejido	Función
Glánd. adrenal	Síntesis esteroides
Hígado	Síntesis Ac grasos y colesterol
Testículos	Síntesis esteroides
Tejido adiposo	Síntesis Ac. grasos
Ovarios	Síntesis esteroides
Glándula mamaria	Síntesis Ac. grasos
Eritrocitos	Mantenimiento glutatión reducido

MANTENIMIENTO DEL GSH

El **glutation** es un tripéptido [**GLU-CYS-GLY**] que cumple muchas funciones en las células, generalmente un **papel reductor**, para lo que es necesario que esté reducido su grupo **-SH** de la **cisteína**.

Los niveles de **NADPH** son necesarios para mantener al glutatión en estado reducido y funcional.

En RBCs se eliminan H_2O_2 y ROS que pueden dañar a la Hb. Un suministro constante de **NADPH** es vital para la integridad del eritrocito.

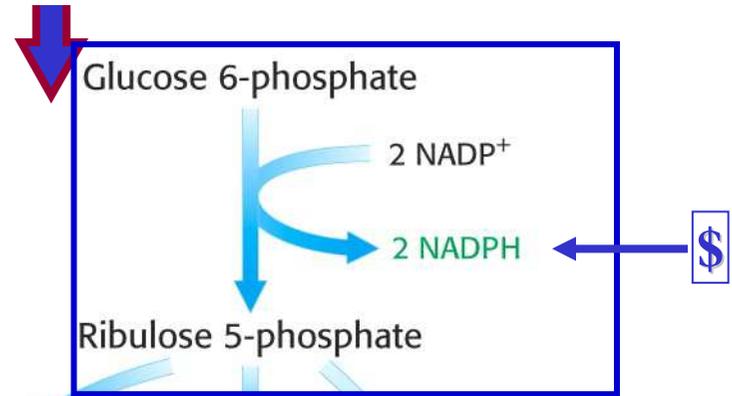


Glutation (reducido)
(γ-glutamil-cisteinil-glicina)

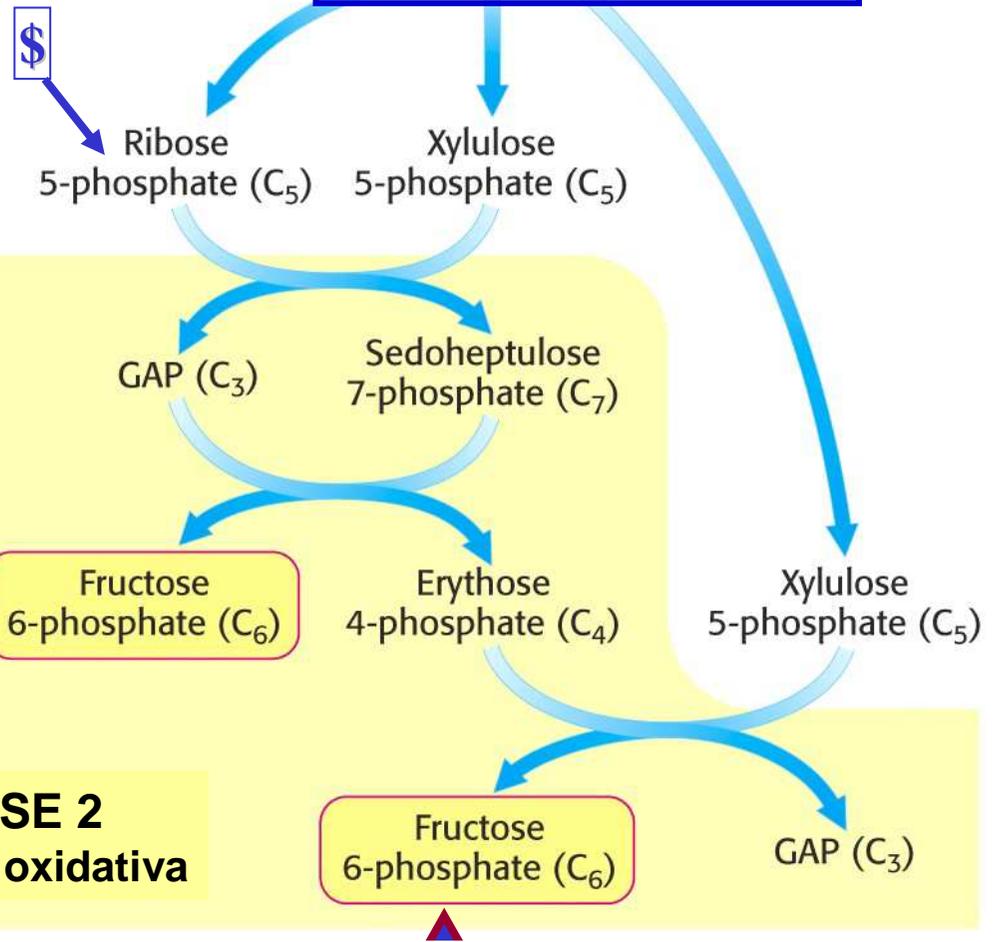
FASES de la RUTA DE LAS PENTOSAS-P

FASE 1
oxidativa

Fase 1: oxidativa
producción de **NADPH**



Fase 2: conversión de azúcares
desde las **pentosas-P**
y recuperación de **C**
en forma de hexosas y triosas
propias de las glucolisis-
gluconeogénesis



FASE 2
No oxidativa

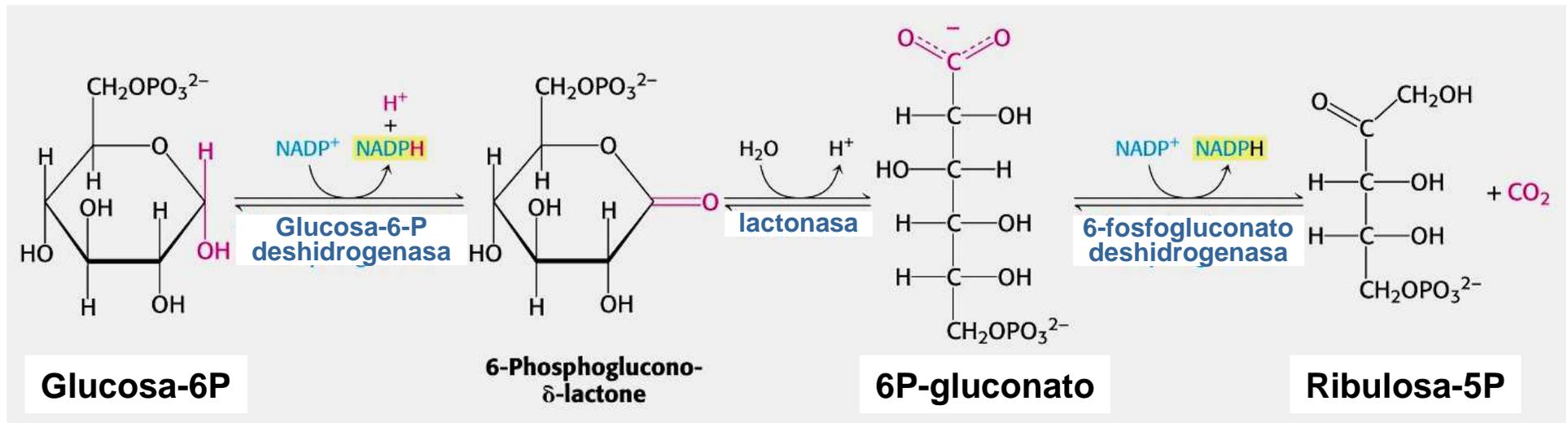
RUTA DE LAS PENTOSAS-P

FASE 1: oxidativa: SÍNTESIS DE NADPH

- La glucosa-6-P: se oxida (1) y se descarboxila (2)

La descarboxilación genera una pentosa: **ribulosa-5-P**

2 NADP⁺ se reducen a 2 NADPH + H⁺



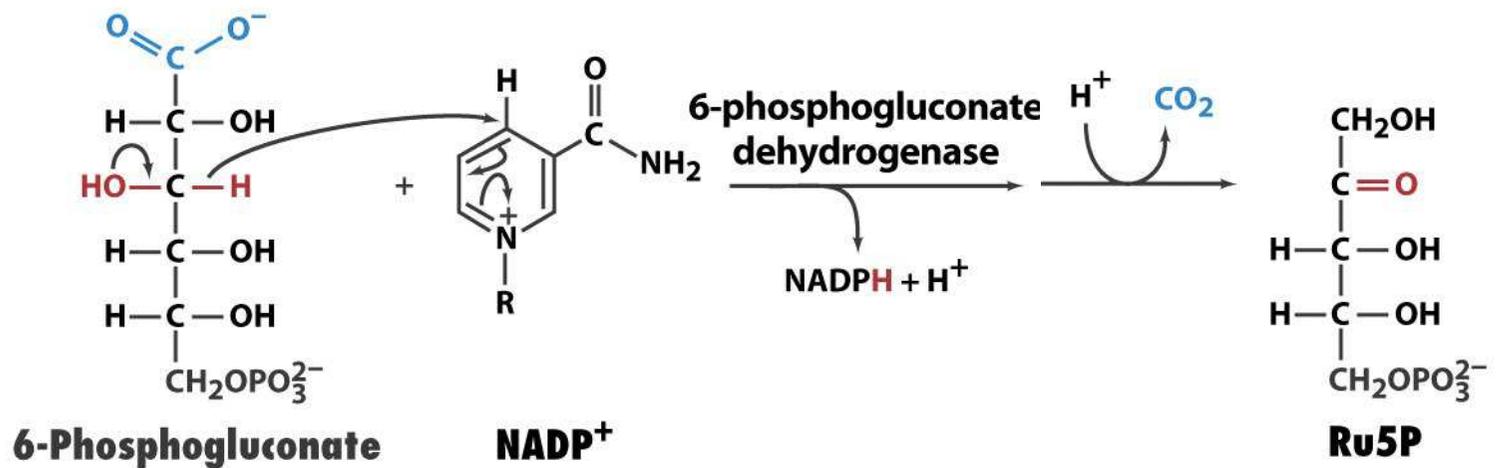
El NADPH es necesario en reacciones de biosíntesis

Biosíntesis de **ácidos grasos**, de **colesterol**, de **neurotransmisores** y de **nucleótidos**

Reacciones de Detoxificación: Reducción de **glutathion oxidado** y actuación del

Citocromo P450 monooxigenasa

ESTRUCTURA DEL NADPH



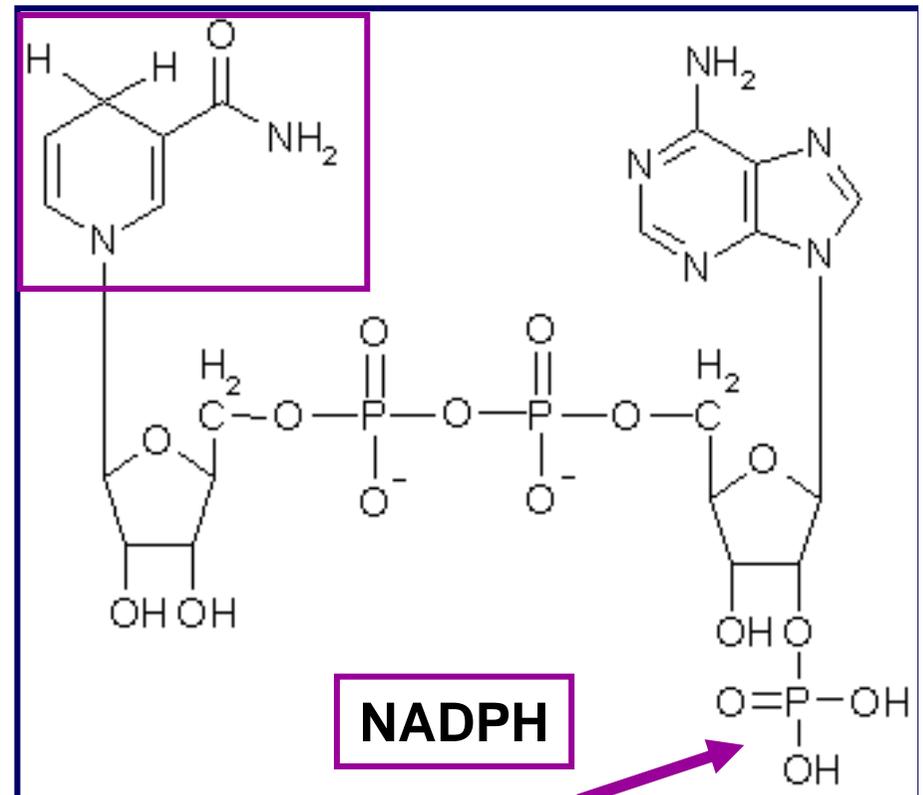
FASE 1: oxidativa

En las dos reacciones:

El NADP⁺ se reduce a NADPH + H⁺

Luego en esta fase se obtienen 2

NADPH/ 1 G-6-P



RUTA DE LAS PENTOSAS-P

2) INTERCONVERSIÓN DE AZÚCARES

Tipos de reacciones en esta fase

FASE 2: NO oxidativa. Reacciones de:

a) Isomerización y epimerización

La RIBULOSA-5-P se isomeriza a ribosa-5-P y xilulosa-5-P

b) Reacción de **transcetolización, TPP**



(la cetosa cede C2)

c) Reacción de **transaldolización**



(la aldosa acepta C3)

d) Reacción de **trancetolización, TPP**



(la cetosa cede C2)

R. P-P: REACCIONES DE ISOMERIZACIÓN

FASE 2: INTERCONVERSIÓN DE AZÚCARES (C)

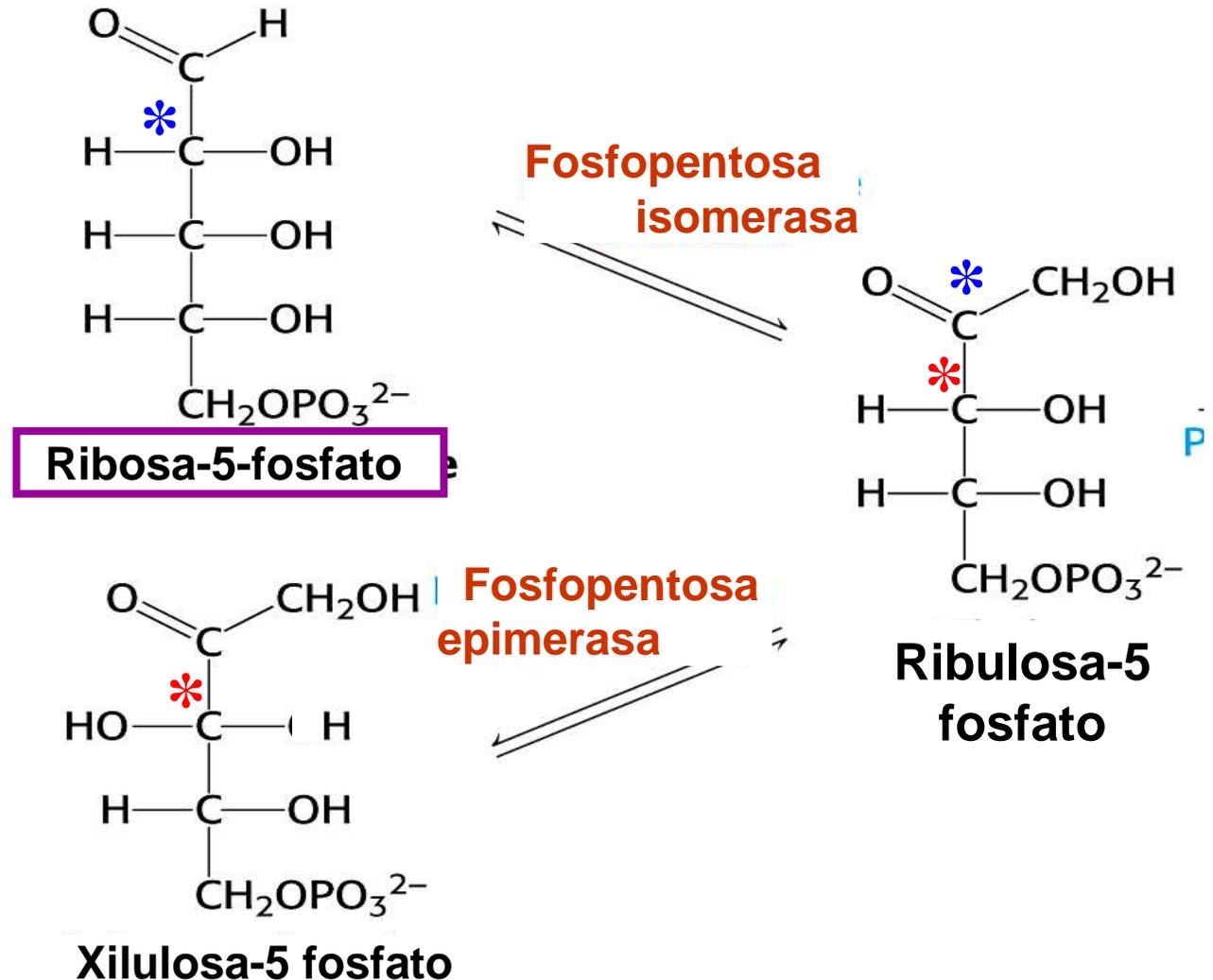
a) La RIBULOSA-5-P se isomeriza a ribosa-5-P y a xilulosa-5-P

FASE 2:

NO oxidativa

Obtención de pentosas-P y reconversión de C

SÍNTESIS DE RIBOSA-5-P para nucleotidos, coenzimas, etc...



RUTA DE LAS PENTOSAS-P

REACCION DE TRANSCETOLIZACIÓN

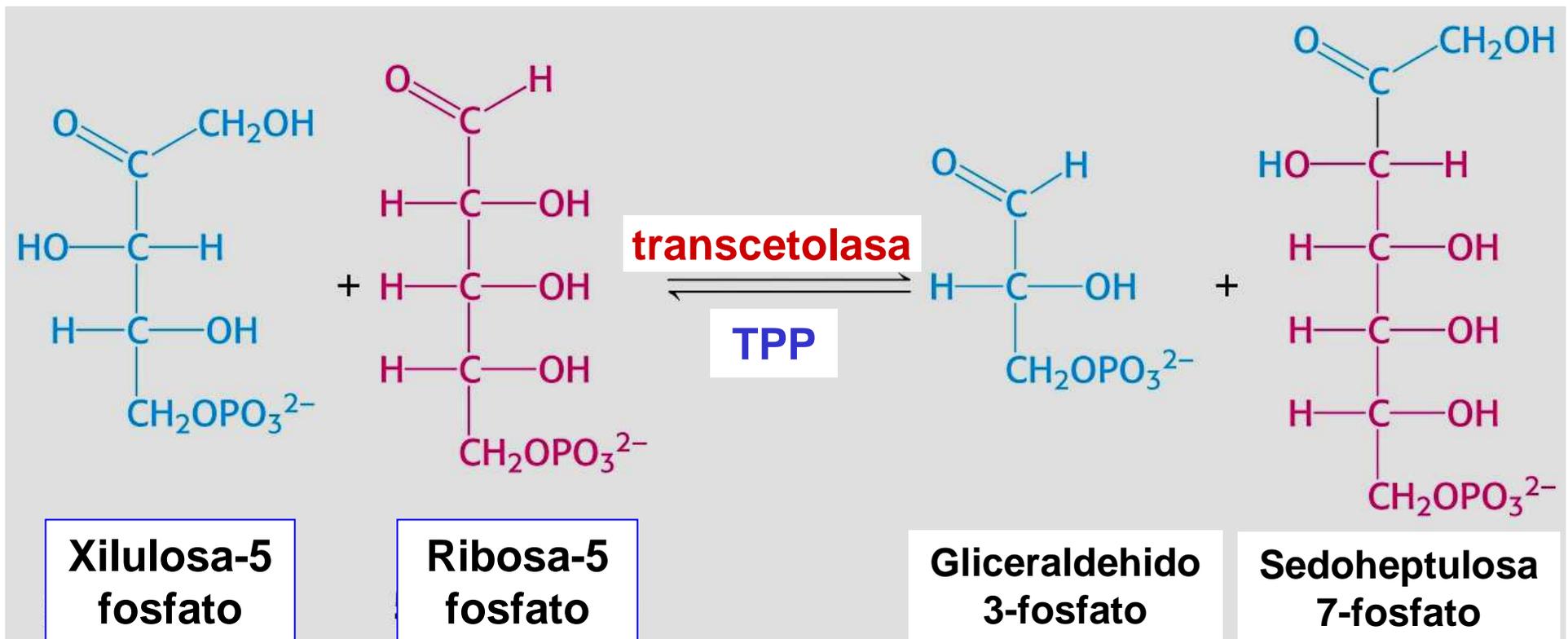
FASE 2: NO oxidativa

b) Reacción de **transcetilización**, TPP

CETOSA + ALDOSA → ALDOSA + CETOSA

C5 + C5 → C3 + C7

(la cetosa cede C2)



RUTA DELAS PENTOSAS-P

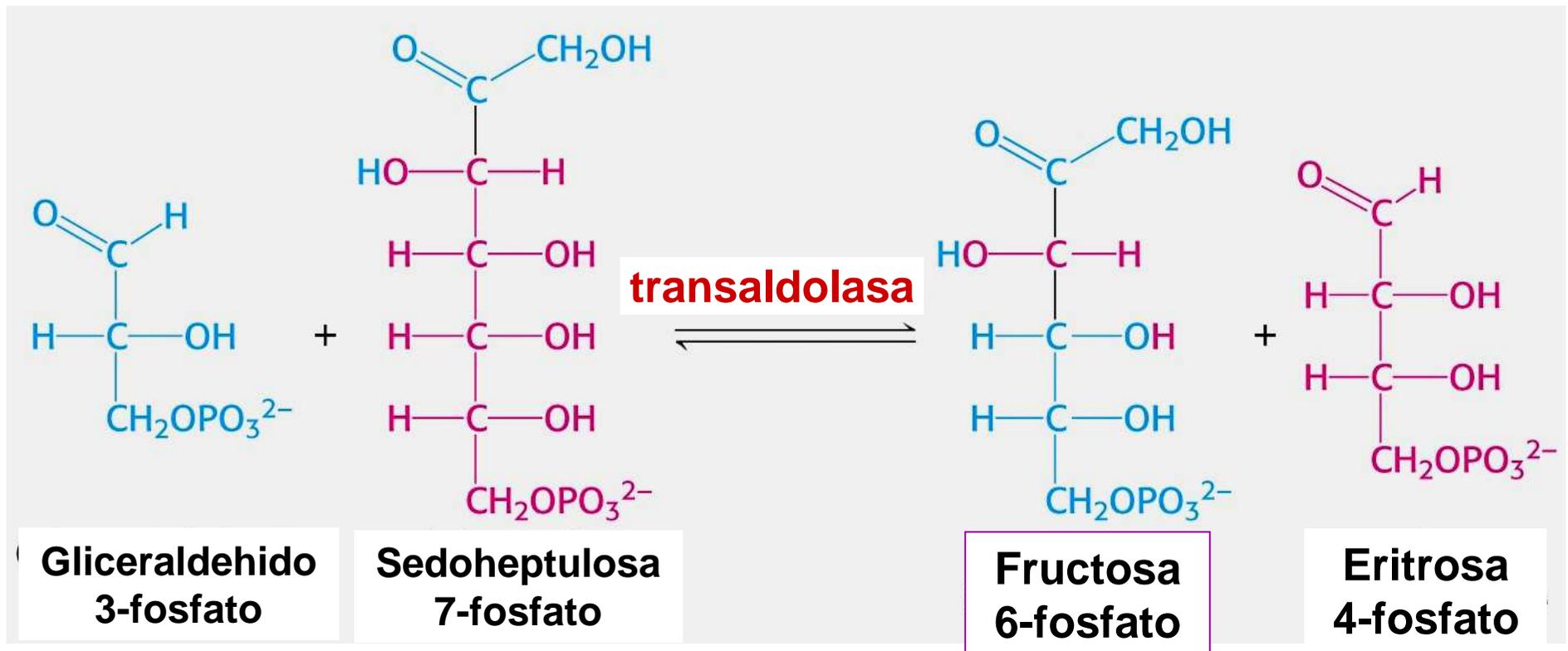
FASE 2: NO oxidativa

c) Reacción de **transaldolización**

CETOSA + ALDOSA → ALDOSA + CETOSA

C3 + C7 → C6 + C4

(la aldosa acepta C3)



RUTA DE LAS PENTOSAS-P

REACCION DE TRANCETOLIZACIÓN

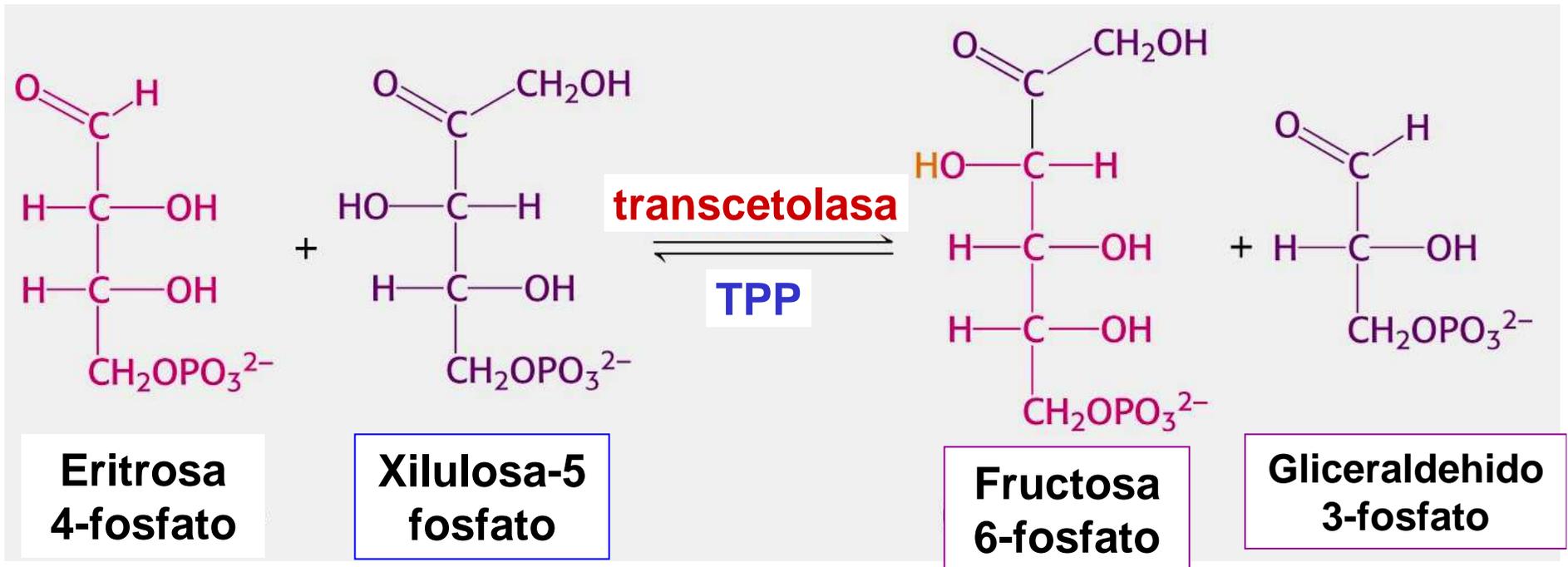
FASE 2: NO oxidativa

d) Reacción de **trancetolización**, TPP

CETOSA + ALDOSA → ALDOSA + CETOSA

C4 + C5 → C6 + C3

(la cetosa cede C2)



R. Mnemotécnica

- 1.- Transcetolasa: la cetosa **cede** dos C a la aldosa **C2**
Transcetolasa transfiere glicolaldehído utilizando **tiamina-PP**
- 2.- Transaldolasa: la aldosa **acepta** tres C de la cetosa **A3**
Transaldolasa transfiere dihidroxiacetona utilizando **lisina**

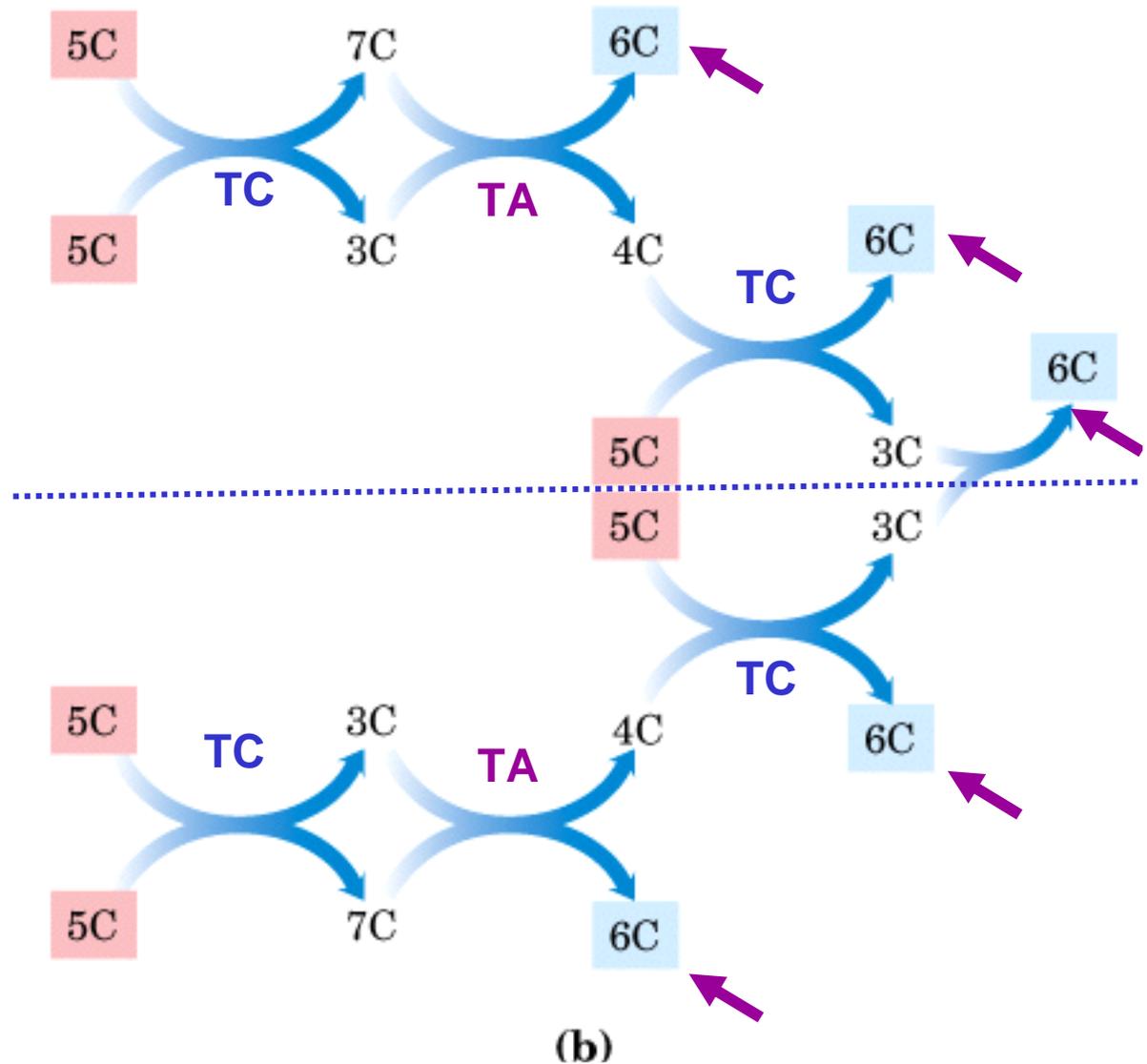
RUTA DE LAS PENTOSAS-P

FASE 2: NO oxidativa

Reacciones de transcetolización y transaldolización

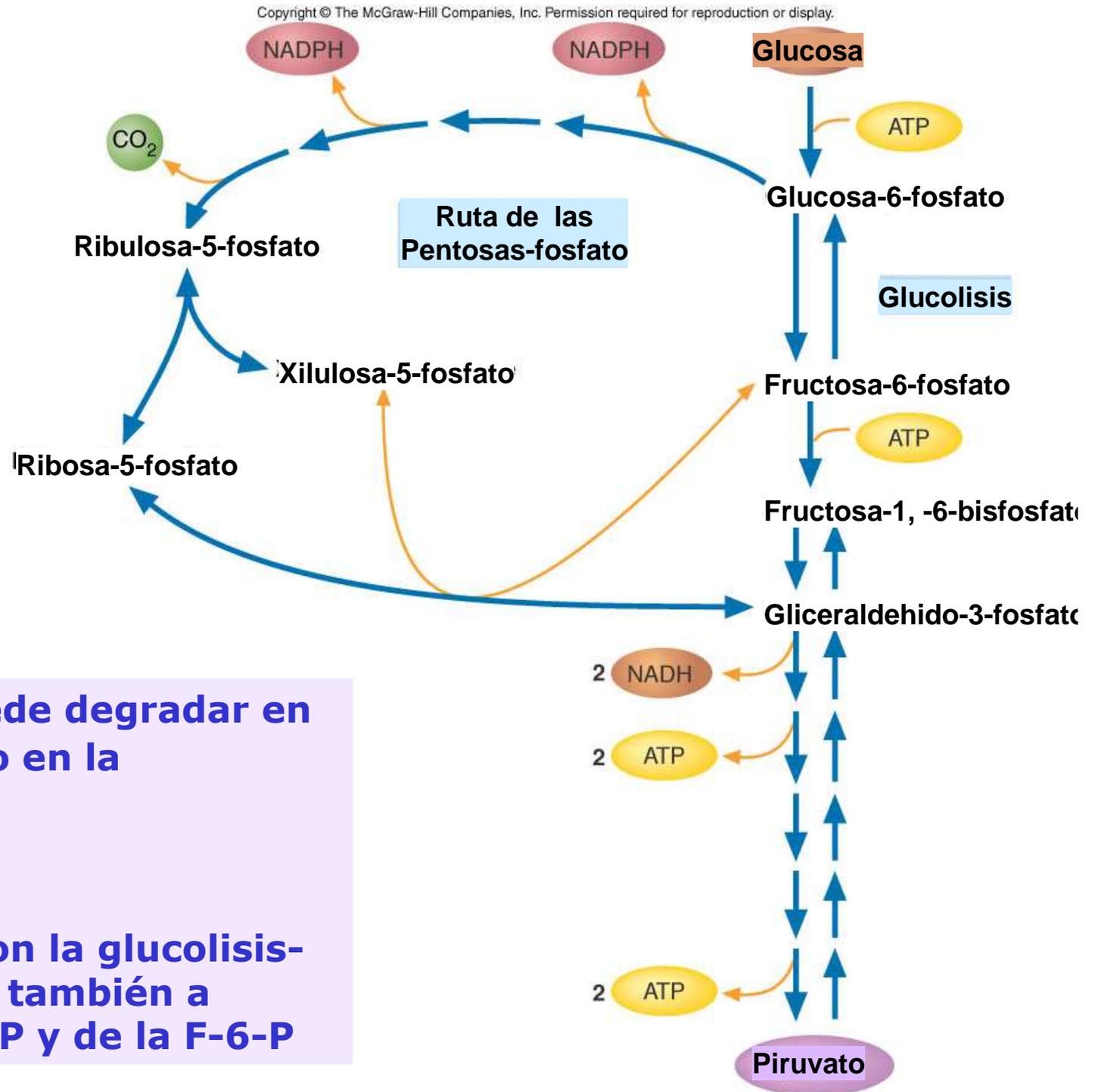


Balance:



Poder reductor: NADPH

NUCLEOTIDOS

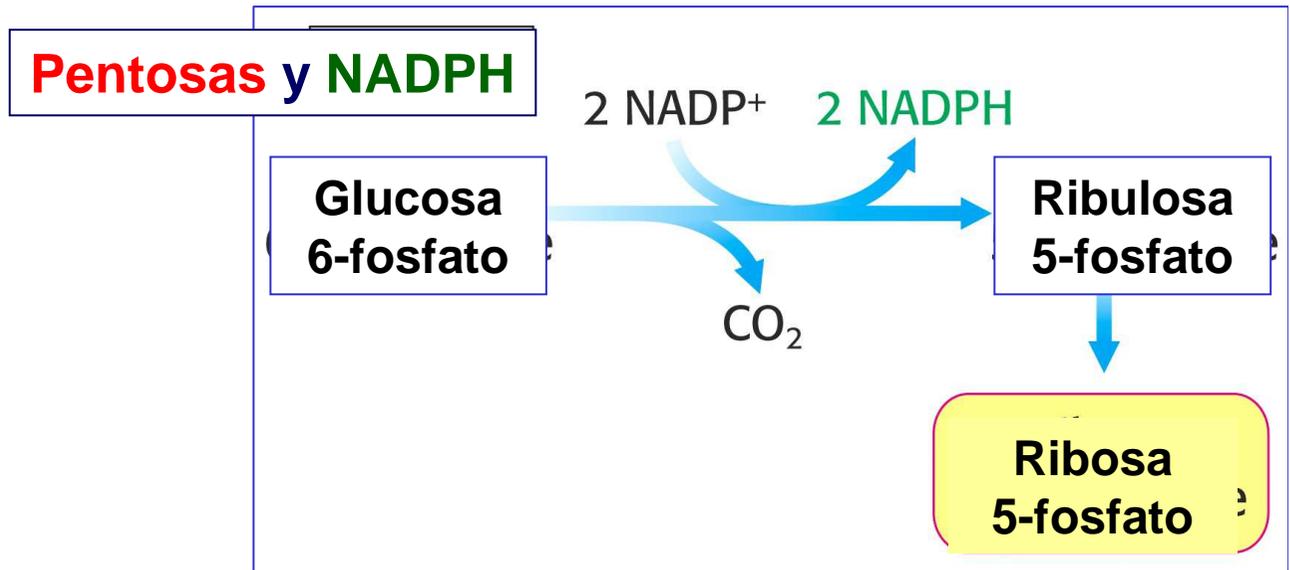


La Glu-6-P se puede degradar en la **GLUCOLISIS** o en la **RUTA DE LAS PENTOSAS-P**

Que se conecta con la glucolisis-gluconeogénesis, también a través del **GAL-3-P** y de la **F-6-P**

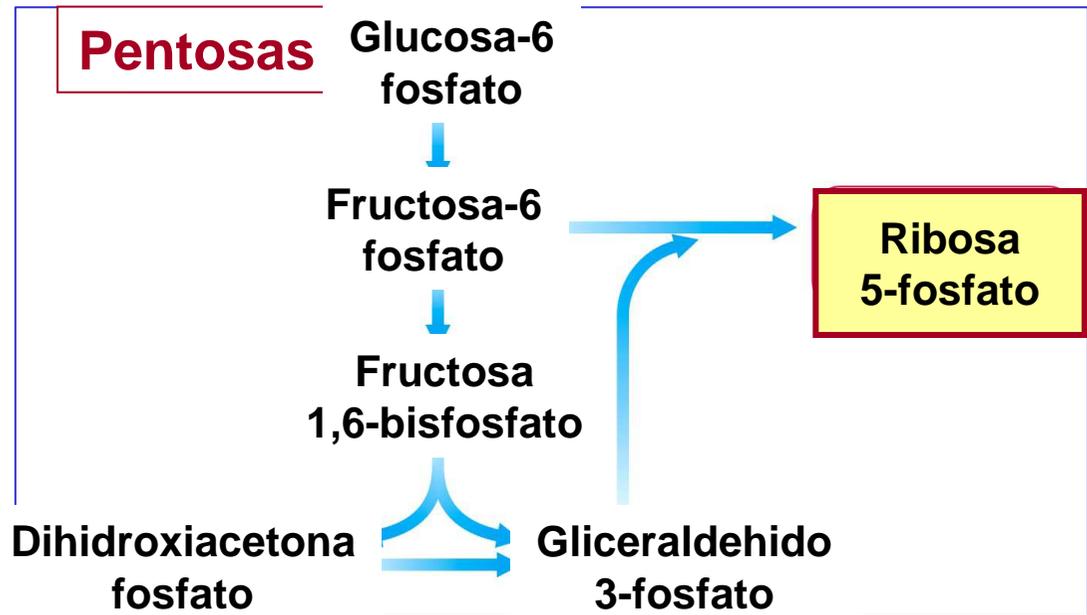
CONTROL de R pentosas-P: a) Conversión de glucosa en Ribosa-5.P

b) Fase oxidativa de la ruta → NADPH. Degradación de la glucosa a CO₂



a) **Las células necesitan pentosas-P. Síntesis de nucleotidos**

b) **Las células necesitan pentosas-P y NADPH; biosíntesis en crecimiento celular**



Control de R pentosas-P: c) Fase oxidativa → NADPH.

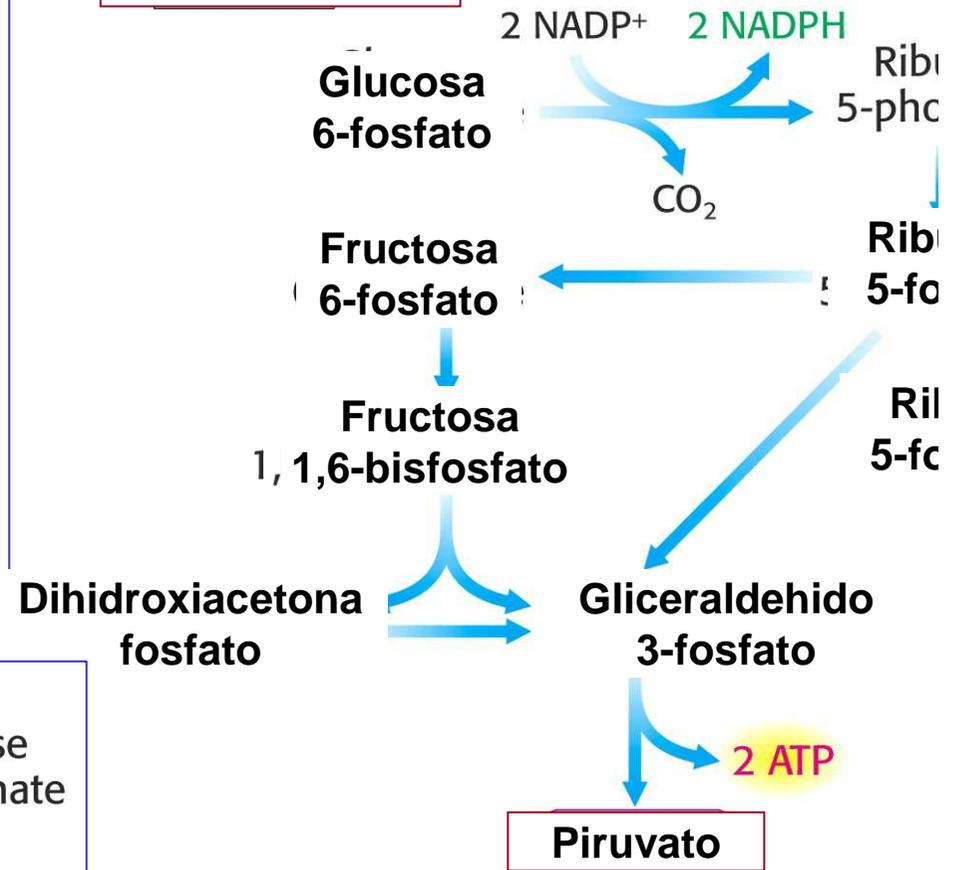
Incorporación de las pentosas (F-6-P y Gal-3-P) a piruvato y CO₂

d) Fase oxidativa → NADPH.

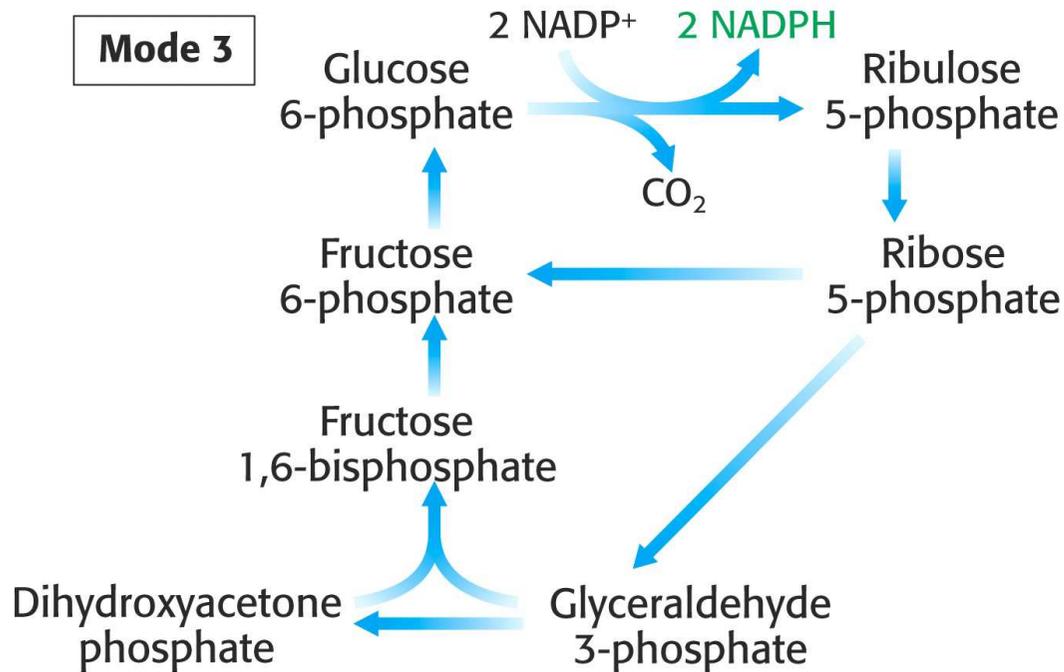
Degradación glucolítica de F-6-P y Gal-3-P a piruvato para obtener ATP

c) Las células necesitan NADPH; biosíntesis Ac. grasos

NADPH y ATP



Mode 3



d): Las células demandan NADPH y ATP; reacciones de biosíntesis

CICLO DE CALVIN: FOTOSÍNTESIS

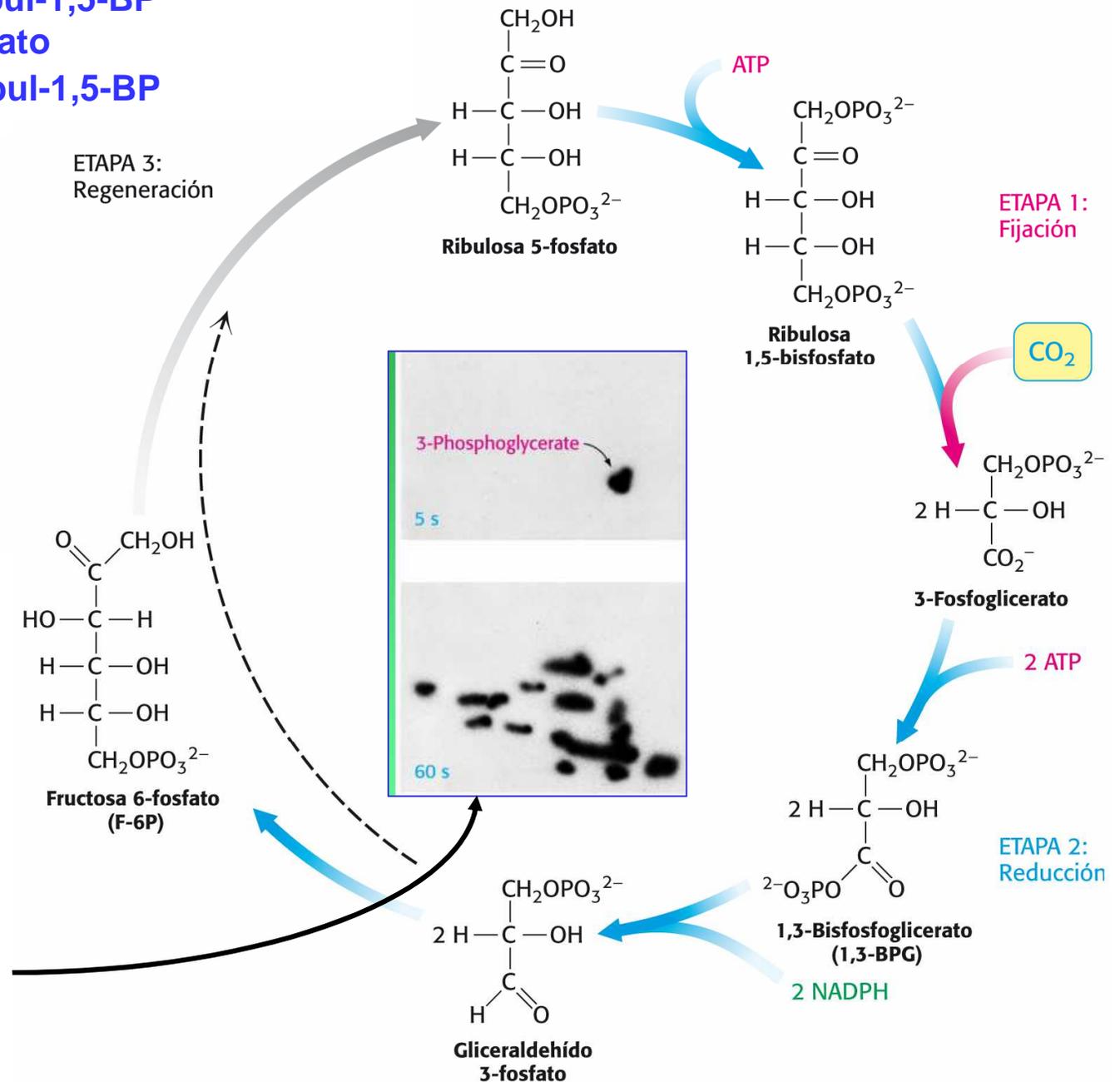
- 1- Fijación de CO₂ a la Ribul-1,5-BP
- 2 - Reducción del P-glicerato
- 3 - Regeneración de la Ribul-1,5-BP

Figura 23.1 El ciclo de Calvin. El ciclo de Calvin consta de tres etapas. La etapa 1 consiste en la fijación del carbono mediante la carboxilación de la ribulosa 1,5-bisfosfato. La etapa 2 es la reducción del carbono fijado para comenzar la síntesis de una hexosa. La etapa 3 consiste en la regeneración del compuesto de partida, la ribulosa 1,5-bisfosfato.

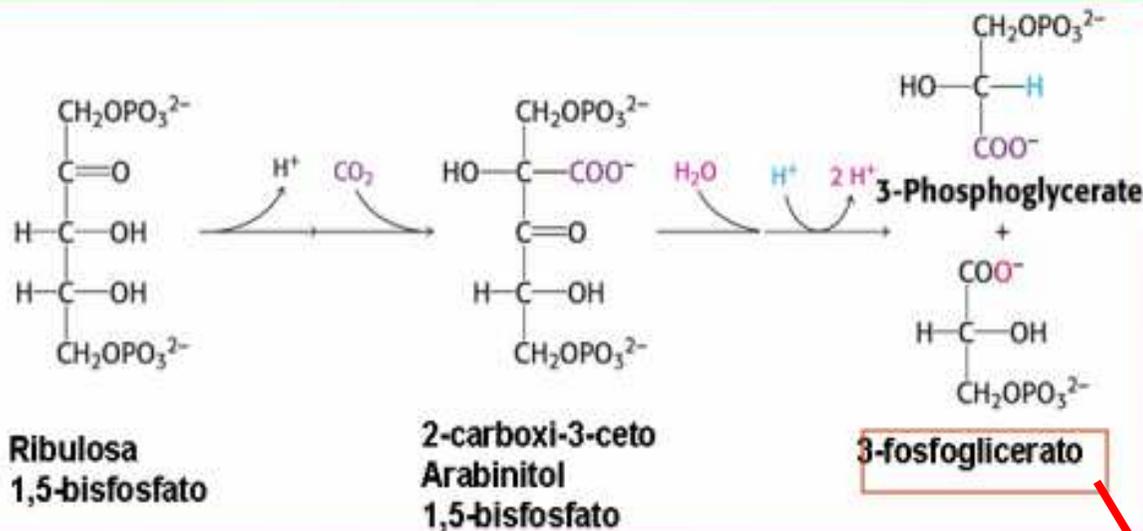
Demostración experimental de la formación de 3-P-glicerato como primer compuesto después de la fijación del CO₂.

Se burbujea un cultivo de algas con ¹⁴CO₂ y se extraen muestras a diferentes tiempos para realizar autoradiografías, observándose las imágenes adyacentes, que se contrastan con patrones para su reconocimiento.

A tiempos cortos la primera mancha que aparece es la de 3-P-glicerato.



1 - Reacción de fijación de CO₂, catalizada por la RuBisCO



La enzima **ribulosa-1,5-bisfosfato carboxilasa /oxidasa (RubisCO)** tiene 8 subunidades grandes (roja y amarillas) y 8 pequeñas (azul y blancas). Los centros activos están en las subunidades grandes.

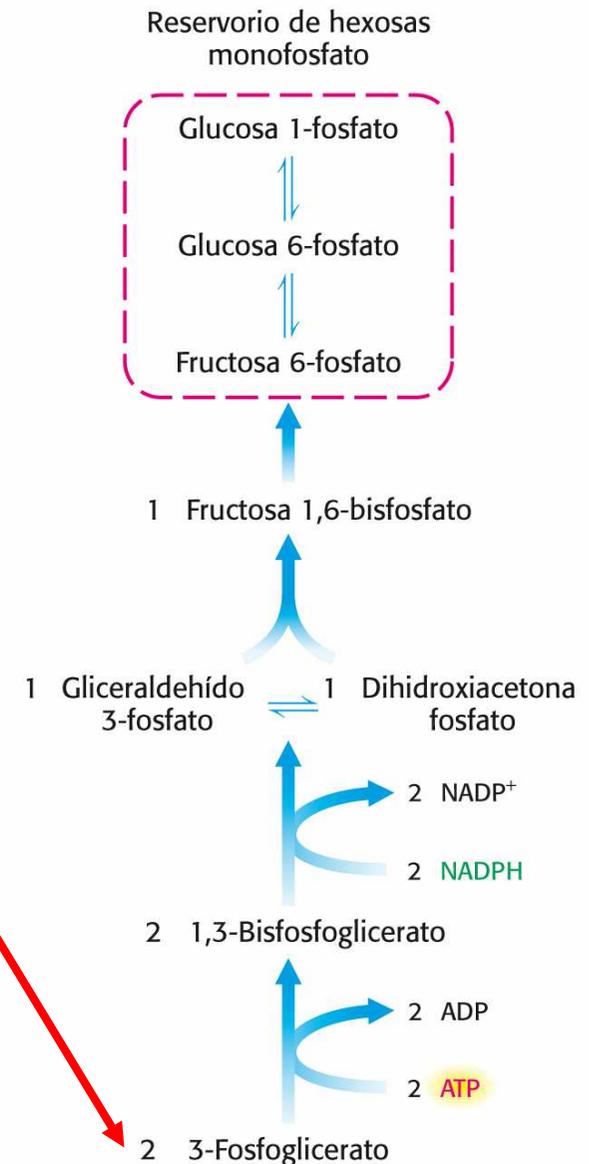
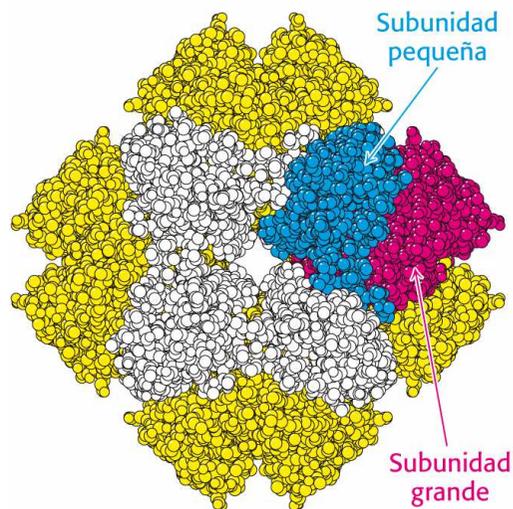


Figura 23.3 Formación de hexosas fosfato. El 3-fosfoglicerato se convierte en fructosa 6-fosfato mediante una ruta paralela a la de la gluconeogénesis.

REGULACIÓN DEL CICLO DE CALVIN:

- Carboxilación de la RubisCO
- fotoactivación de la RubisCO

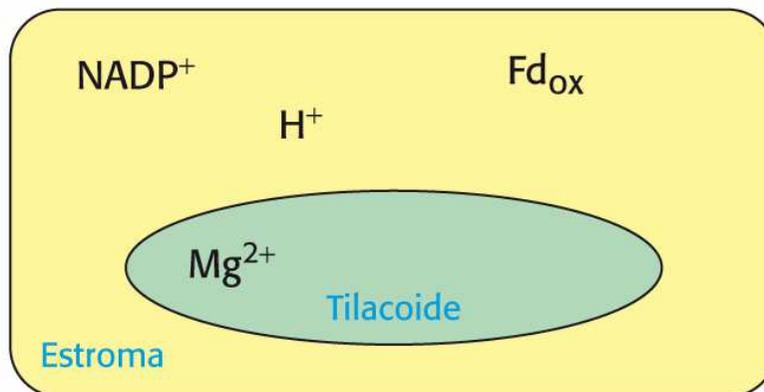
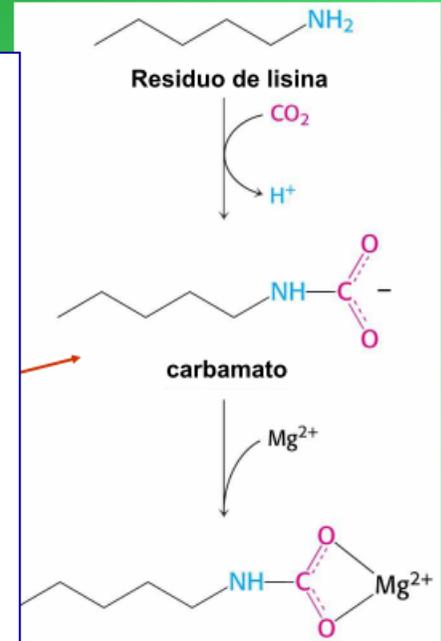
Calvin por medio de la luz. Las reacciones luminosas de la fotosíntesis transfieren electrones desde el *lumen* de los tilacoides hacia el estroma, y transfieren H^+ desde el estroma hacia el *lumen* de los tilacoides. Como consecuencia de estos procesos, las concentraciones de NADPH, ferredoxina reducida (Fd) y Mg^{2+} en el estroma son mayores cuando hay luz que en la oscuridad, mientras que la concentración de H^+ es menor cuando hay luz. Todos y cada uno de estos cambios de concentración ayudan a acoplar las reacciones del ciclo de Calvin con las reacciones luminosas.

REGULACIÓN de la RubisCO

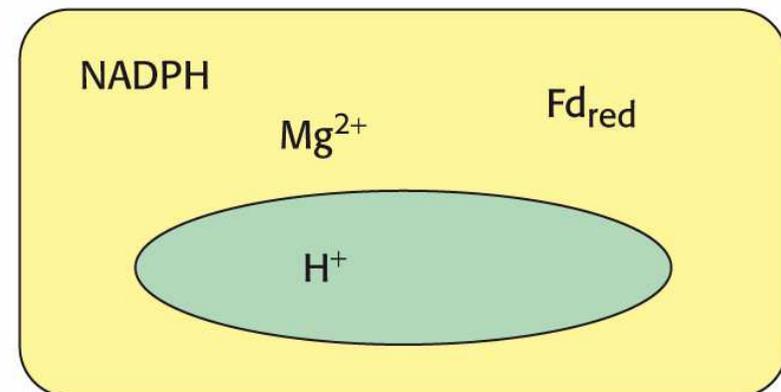
La activación de la RubisCO se produce por **carbamilación** y por **Fotoactivación**

Esta se efectúa porque **sube la concentración de:**

- Mg^{2+}
- NADPH y
- proteínas reducidas en el estroma



OSCURIDAD



LUZ

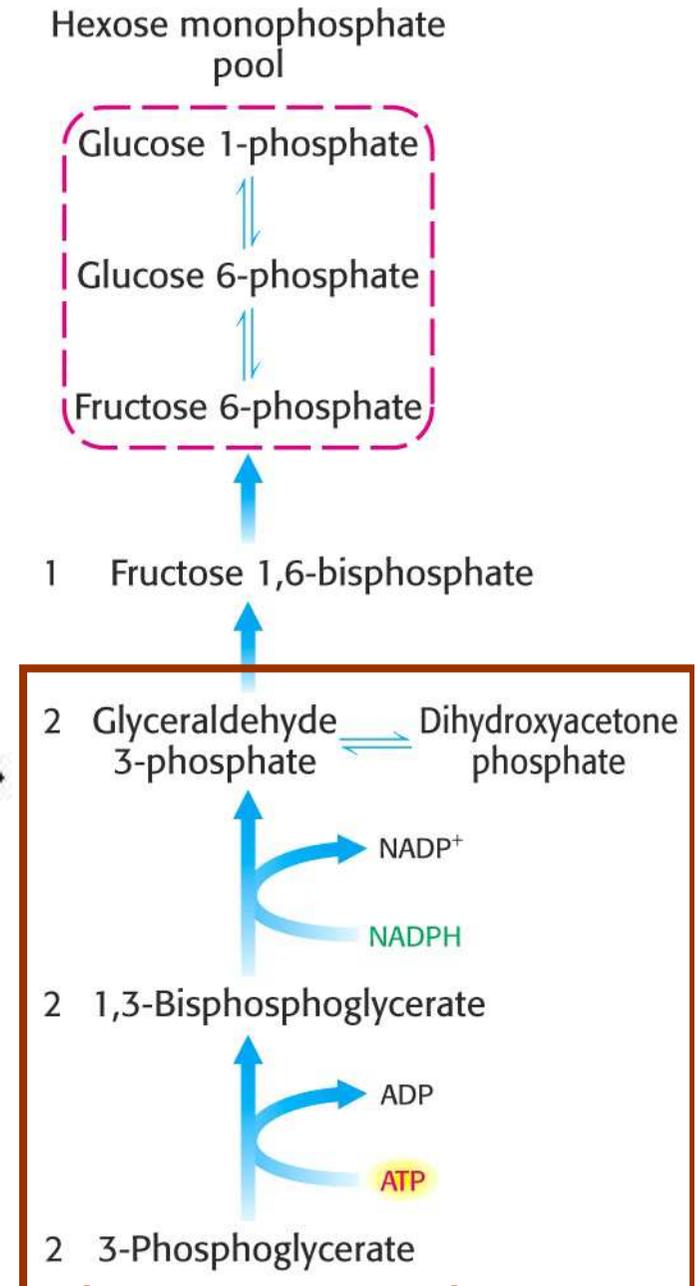
C. de CALVIN: 2.- Reducción del 3-P-glicerato



El ácido 3-fosfoglicérico (3-PGato) debe reducirse y para ello debe de activarse mediante una **fosforilación**, que requiere el empleo de ATP y en la que se obtiene **bisfosfoglicerato (1,3-BPG)**

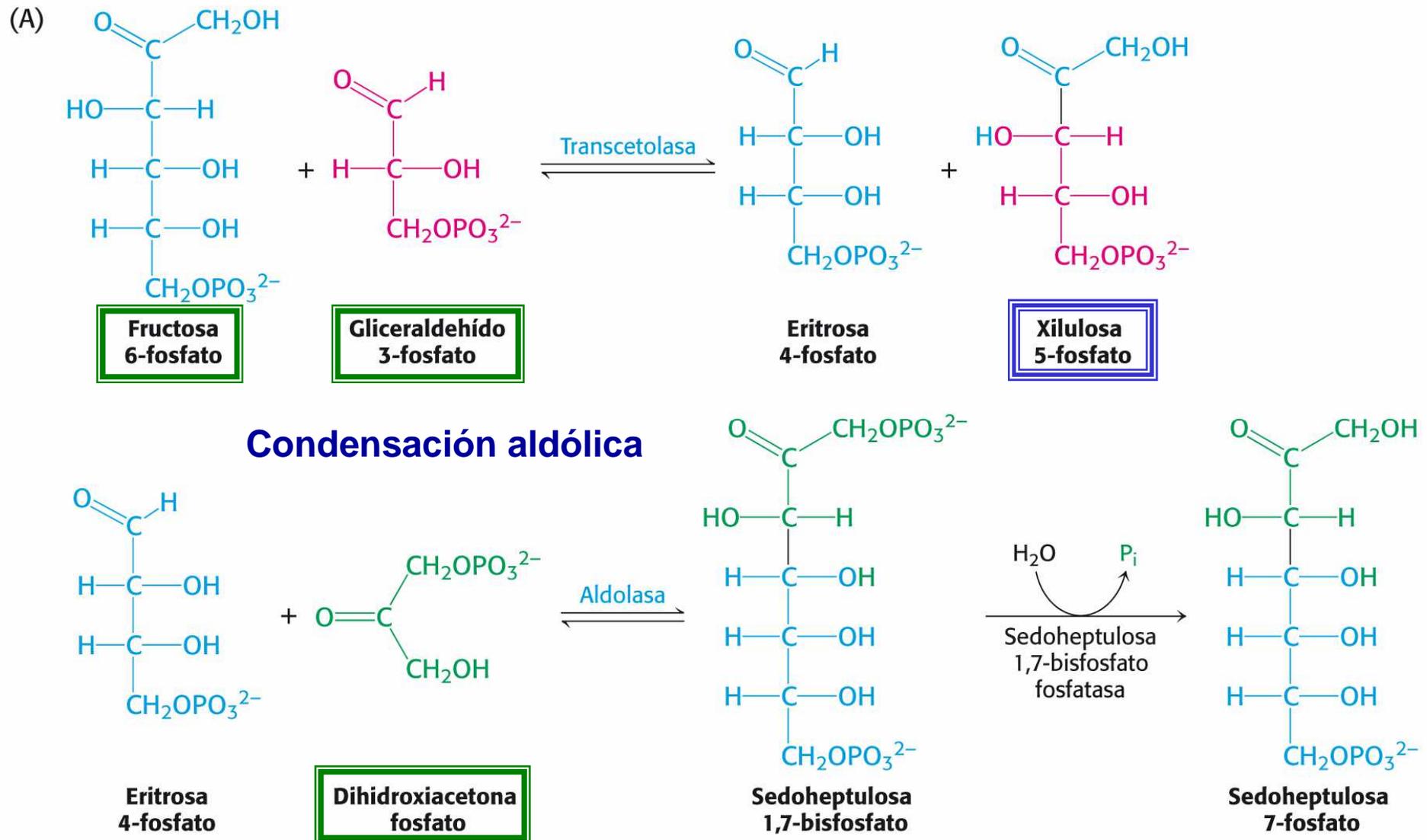


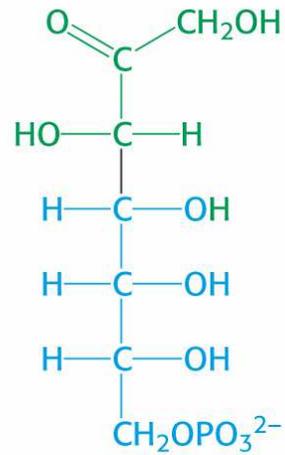
El 3-fosfo-glicerato sigue reacciones gluconeogénicas, aunque aquí la GAL-3PDH actúa con NADPH como coenzima. Se obtienen Gal-3-P y después F-6-P



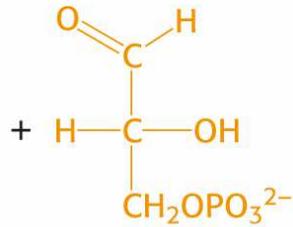
Interconversión de azúcares: Transcetilización

Figura 23.4 Regeneración de la ribulosa 1,5-bisfosfato. (A) A partir de azúcares de seis y tres átomos de carbono, una transcetolasa y una aldolasa generan los azúcares de cinco átomos de carbono ribosa 5-fosfato y xilulosa 5-fosfato. (B) Tanto la ribosa 5-fosfato como la xilulosa 5-fosfato se convierten en ribulosa 5-fosfato que, posteriormente, se fosforila para completar la regeneración de la ribulosa 1,5-bisfosfato.



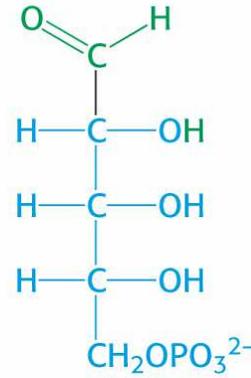


Sedoheptulosa 7-fosfato

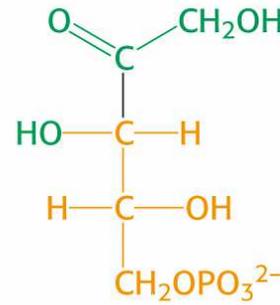


Gliceraldehído 3-fosfato

Transcetoalasa



Ribosa 5-fosfato



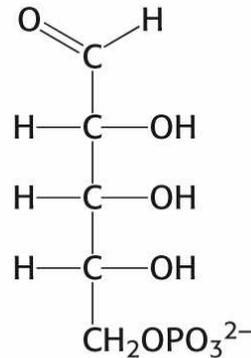
Xilulosa 5-fosfato

Conversión de azúcares

Transcetoalizacion

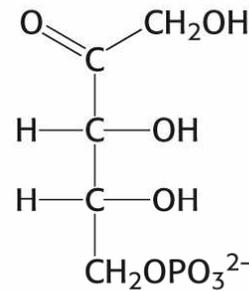
Isomerización de pentosas-P

(B)



Ribosa 5-fosfato

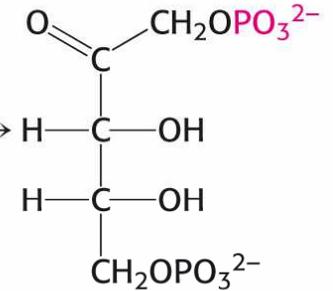
Fosfopentosa isomerasa



Ribulosa 5-fosfato

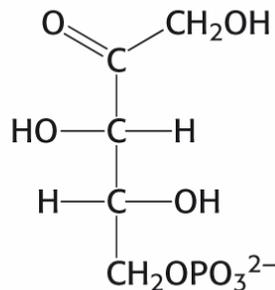
Fosforribulosa quinasa

ATP → ADP



Ribulosa 1,5-bisfosfato

Fosfopentosa epimerasa



Xilulosa 5-fosfato

3- Fosforilación de la Ribulosa-5-P

Reacciones necesarias para convertir 3 CO₂ en una molécula de DHA-P.

BALANCE del CICLO DE CALVIN

2 moléculas de DHAP se convierten en hexosas-P reservorio (fructosa-6-P).

El ciclo da lugar a la síntesis de glucosa y a la regeneración de la ribulosa-1,5-bisfosfato.

Cada TRIOSA sintetizada a partir de 3CO₂ necesita 6 NADPH y 9 ATP

Cada HEXOSA a partir de 6CO₂ necesita 12 NADPH y 18 ATP

