

# 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

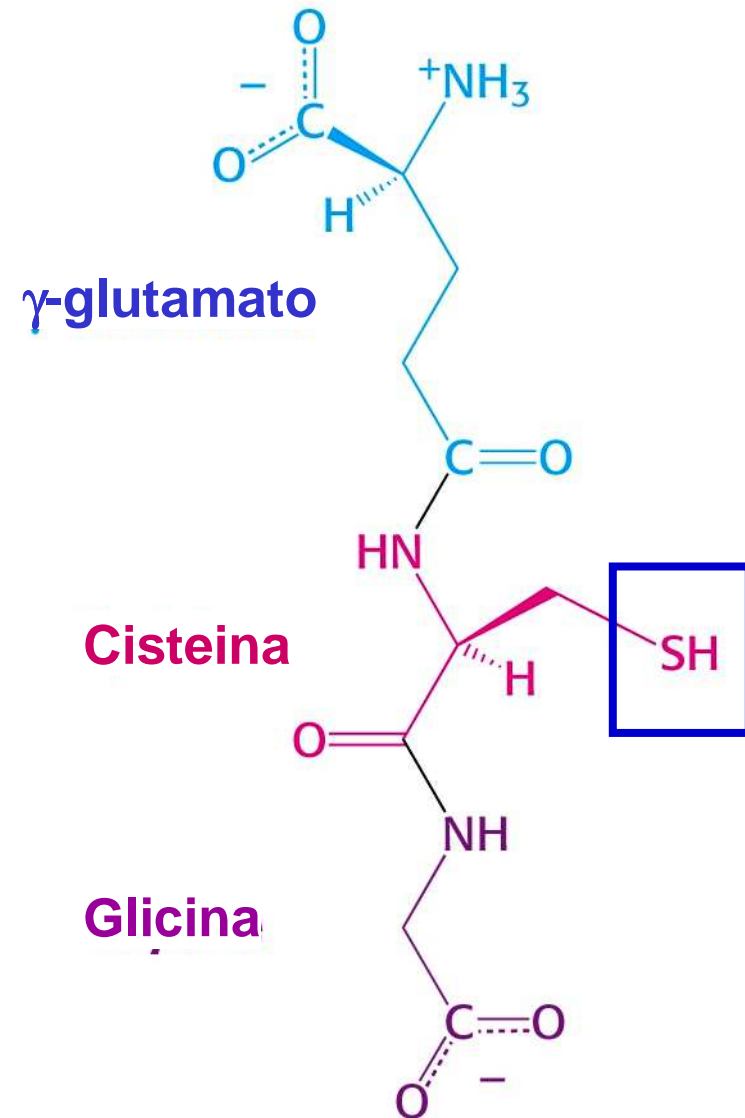
<b>Tejido</b>	<b>Función</b>
Glánd. adrenal	Síntesis esteroides
Hígado	Síntesis Ac grasos y colesterol
Testículos	Síntesis esteroides
Tejido adiposo	Síntesis Ac. grasos
Ovarios	Síntesis esteroides
Glándula mamaria	Síntesis Ac. grasos
Eritrocitos	Mantenimiento glutatión reducido

# 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.

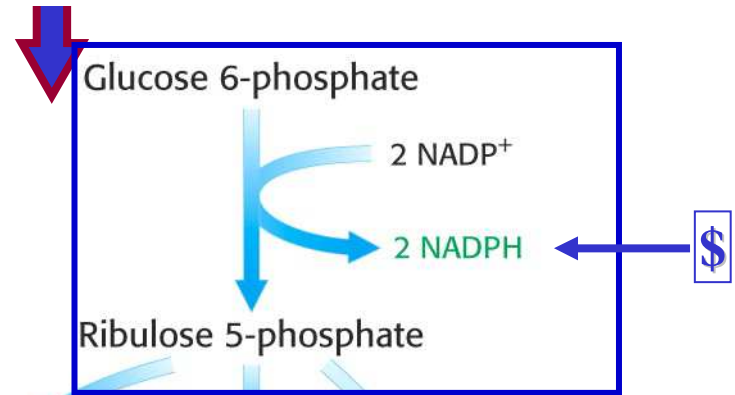


**Glutation (reducido)**  
**(γ-glutamil-cisteinil-glicina)**

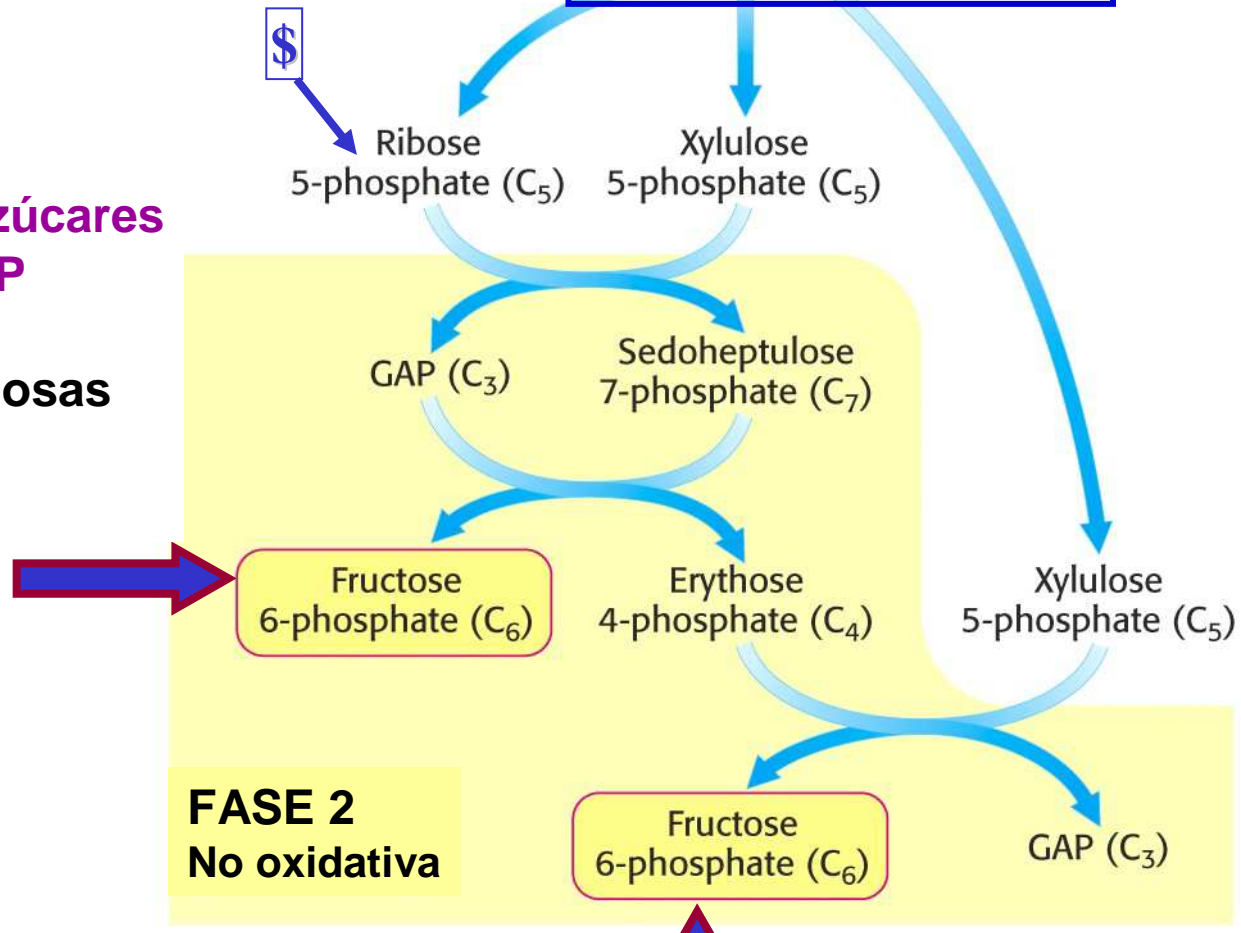
# FASES de la RUTA DE LAS PENTOSAS-P

**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

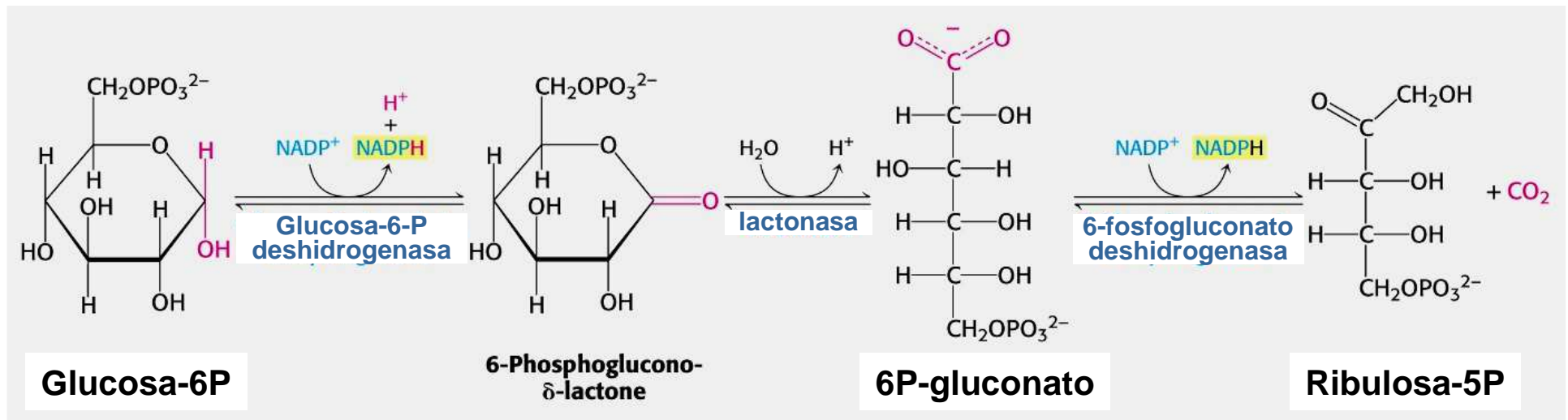
# RUTA DE LAS PENTOSAS-P

## 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<sup>+</sup> se reducen a 2 NADPH + H<sup>+</sup>**



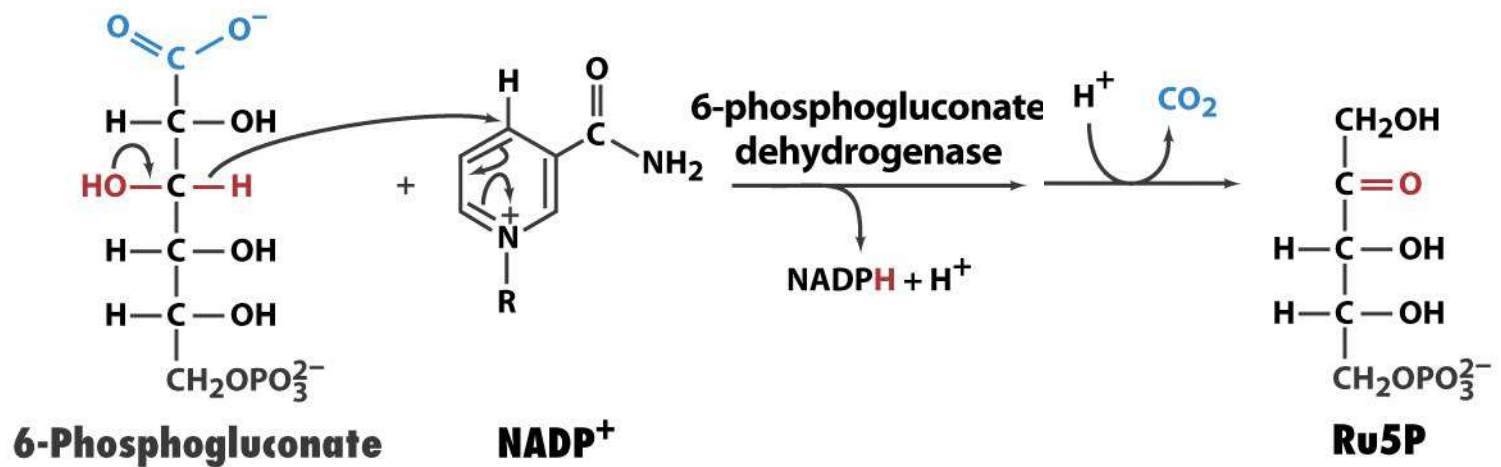
El NADPH es necesario en reacciones de biosíntesis

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



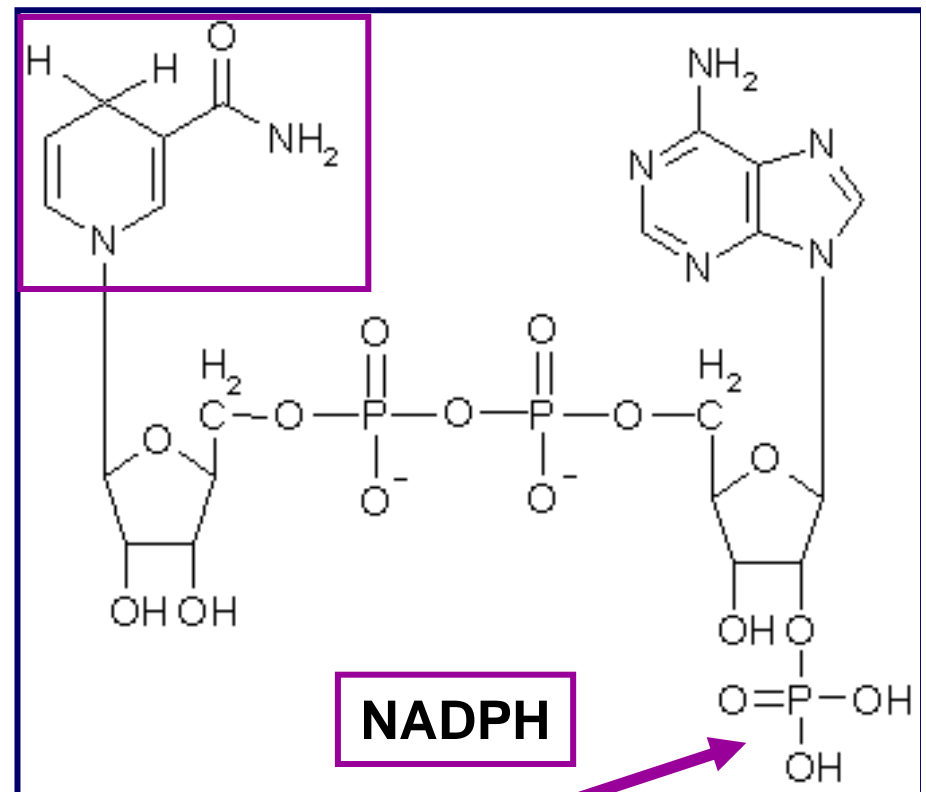
## FASE 1: oxidativa

En las dos reacciones:

El NADP<sup>+</sup> se reduce a NADPH + H<sup>+</sup>

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**

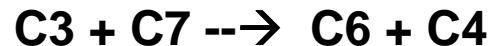
La RIBULOSA-5-P se isomeriza a ribosa-5-P y xilulosa-5-P

**b) Reacción de **transcetolización**, TPP**



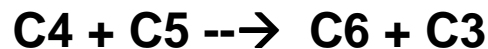
(la cetosa cede C2)

**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

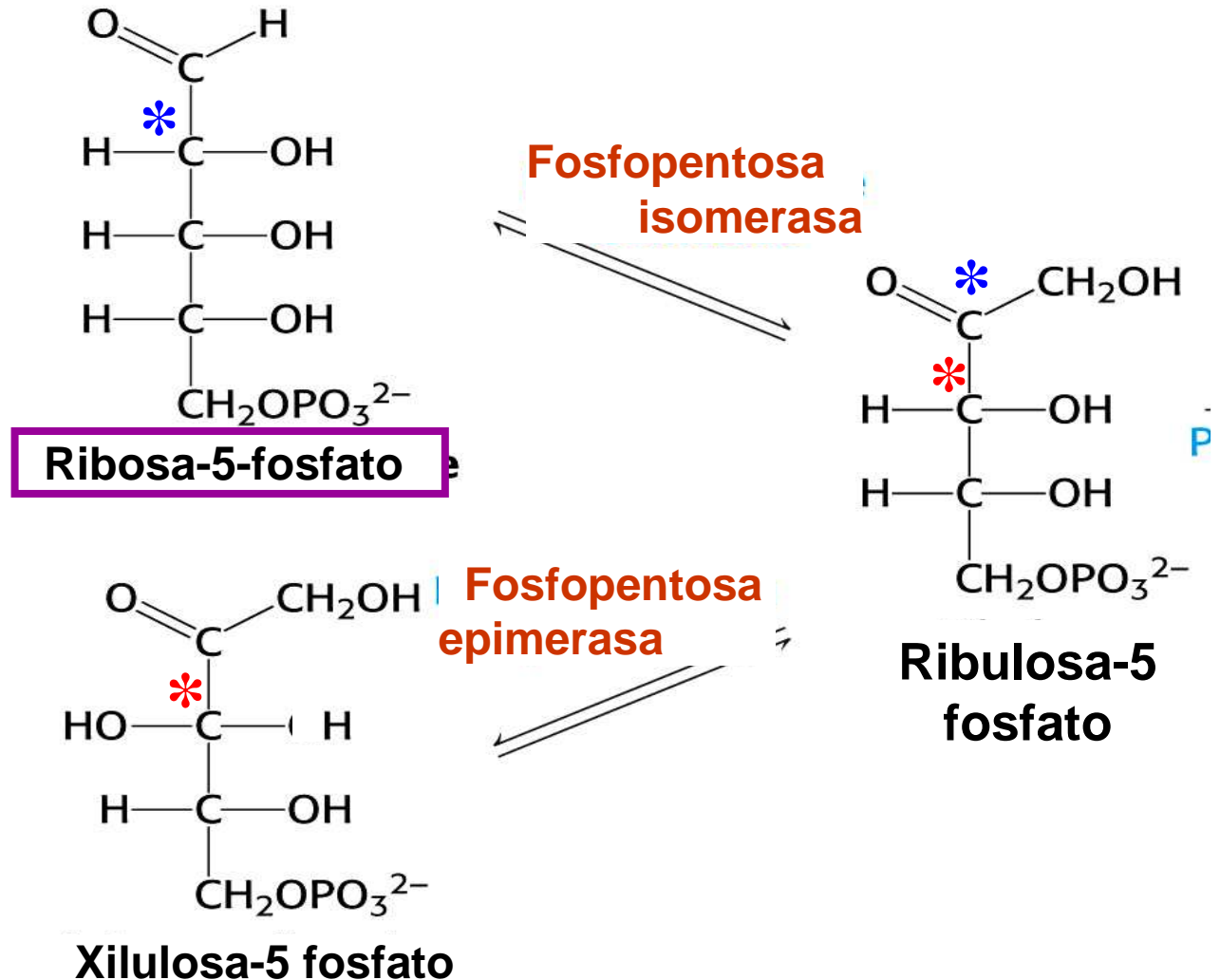
### FASE 2:

**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

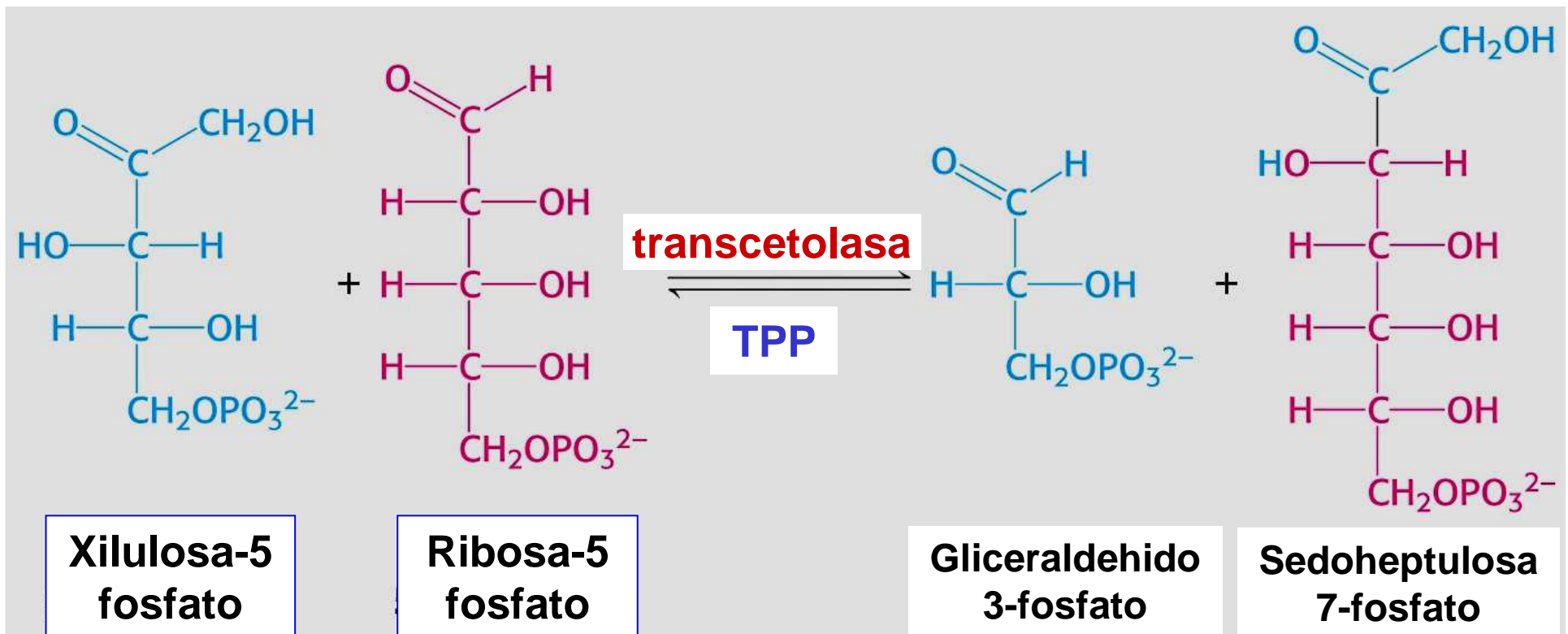
### FASE 2: NO oxidativa

b) Reacción de **transcetilización**, TPP

**CETOSA + ALDOSA → ALDOSA + CETOSA**

**C5 + C5 → C3 + C7**

**(la cetosa cede C2)**



# RUTA DELAS PENTOSAS-P

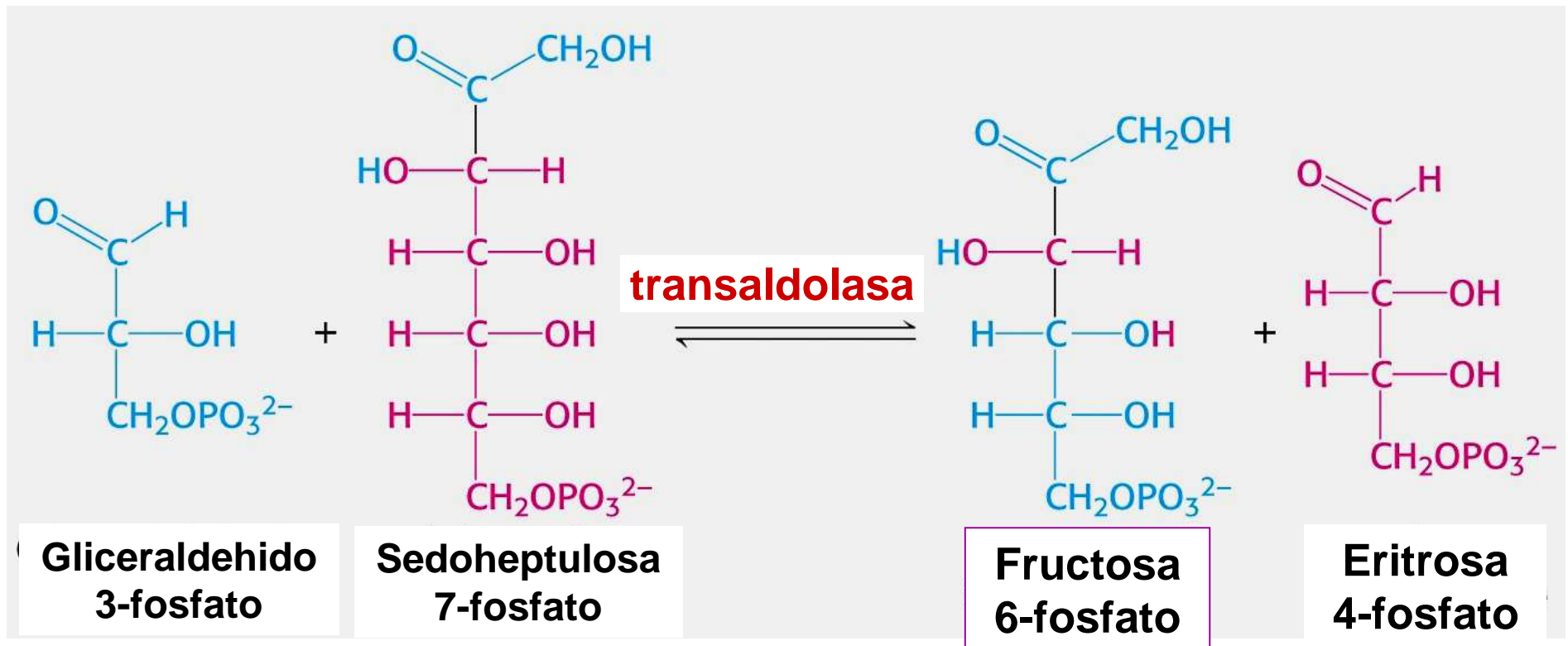
## FASE 2: NO oxidativa

### c) Reacción de **transaldolización**

**CETOSA + ALDOSA → ALDOSA + CETOSA**

**C3 + C7 → C6 + C4**

**(la aldosa acepta C3)**



# RUTA DE LAS PENTOSAS-P

## REACCION DE TRANCETOLIZACIÓN

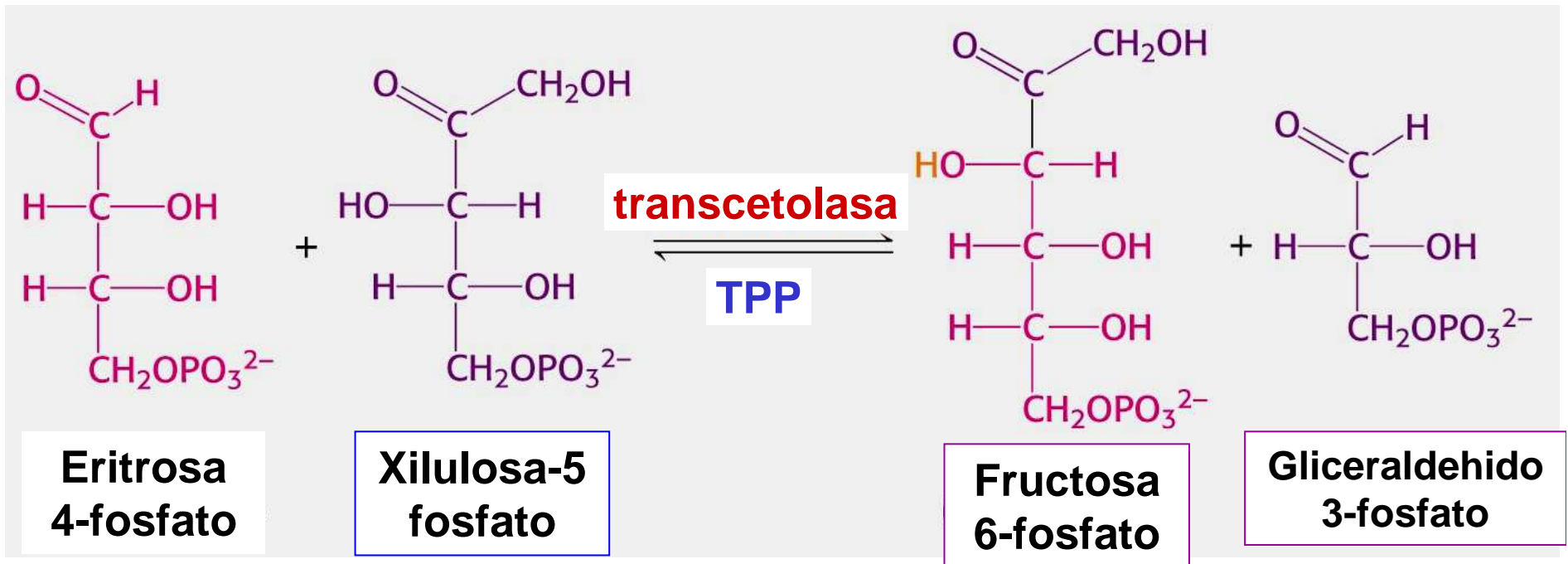
### FASE 2: NO oxidativa

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**

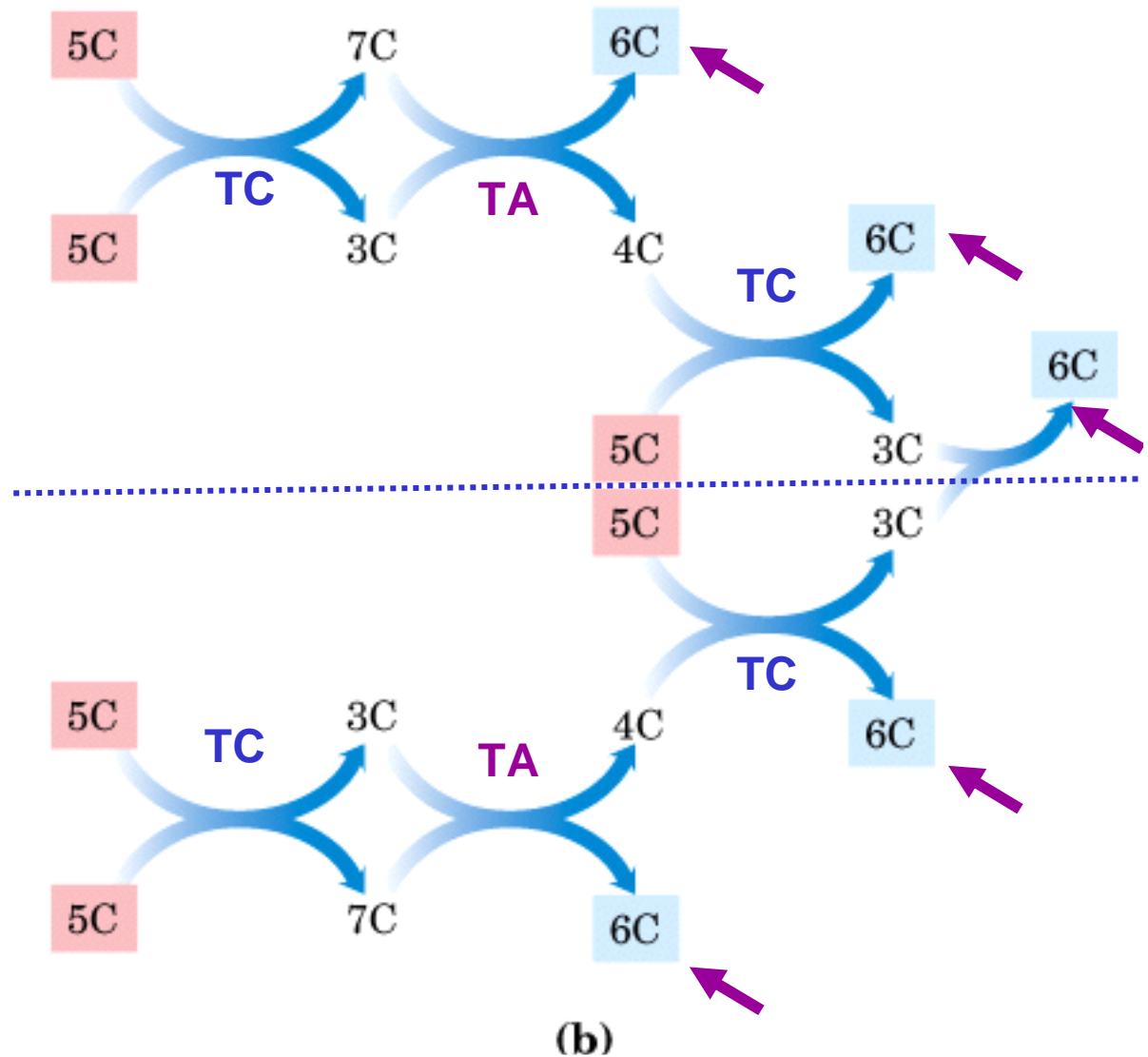
## RUTA DE LAS PENTOSAS-P

### FASE 2: NO oxidativa

Reacciones de transcetolización y transaldolización

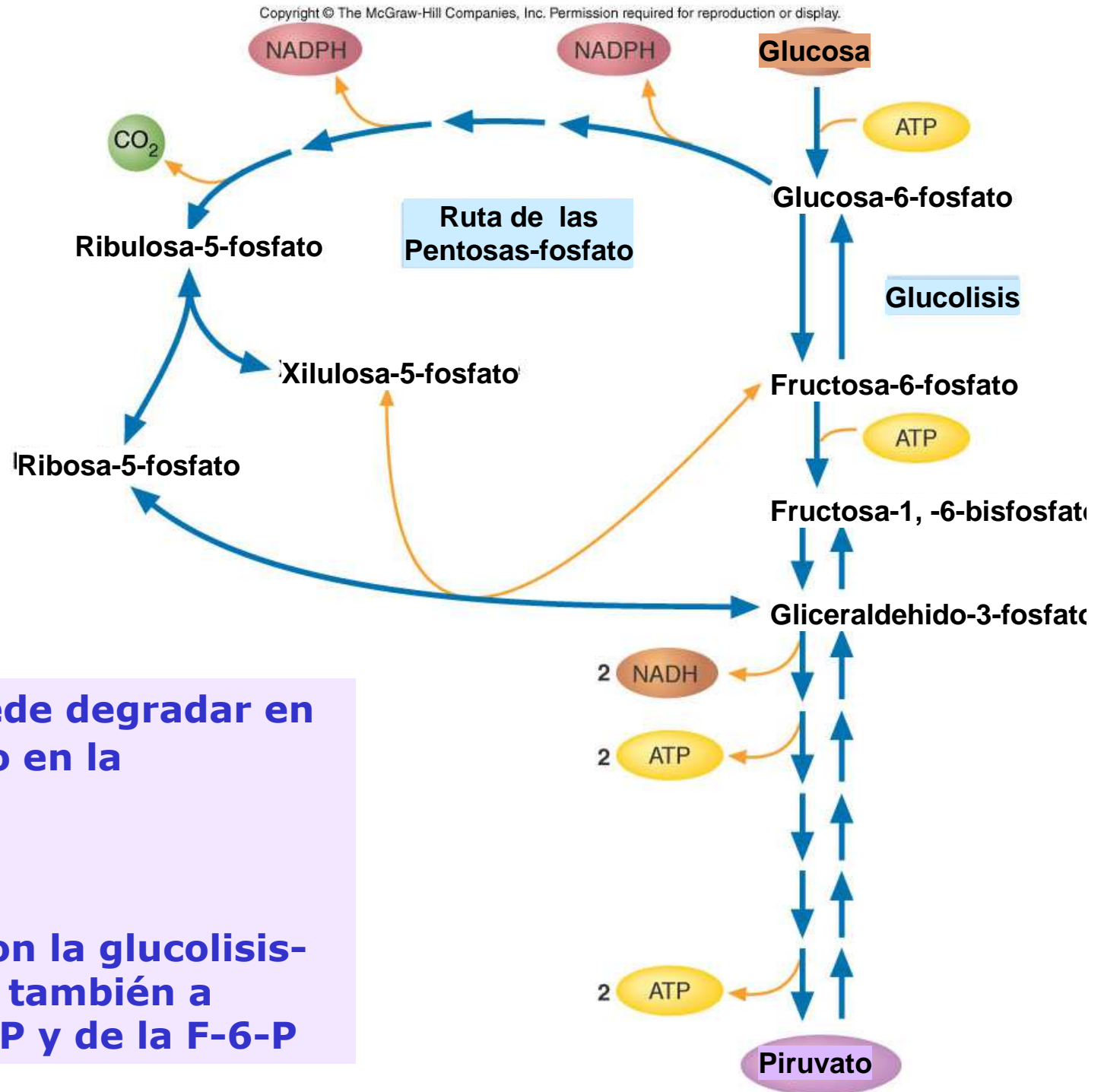


Balance:



## Poder reductor: NADPH

## NUCLEOTIDOS

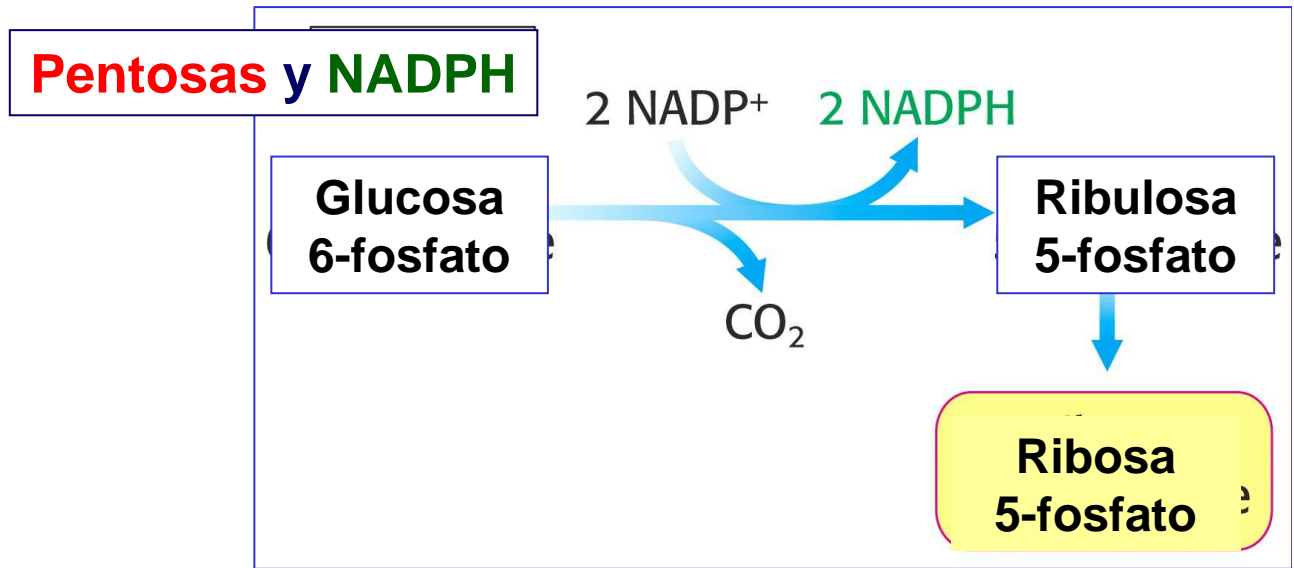


La Glu-6-P se puede degradar en la **GLUCOLISIS** o en la **RUTA DE LAS PENTOSAS-P**

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

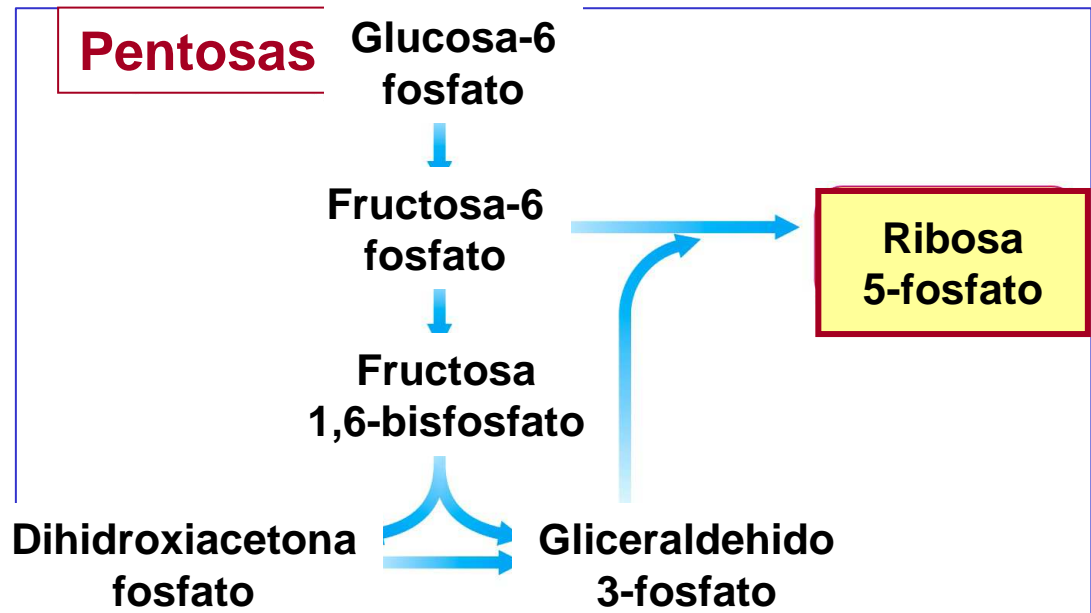
**CONTROL de R pentosas-P: a) Conversión de glucosa en Ribosa-5.P**

**b) Fase oxidativa de la ruta → NADPH. Degradación de la glucosa a CO<sub>2</sub>**



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

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



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

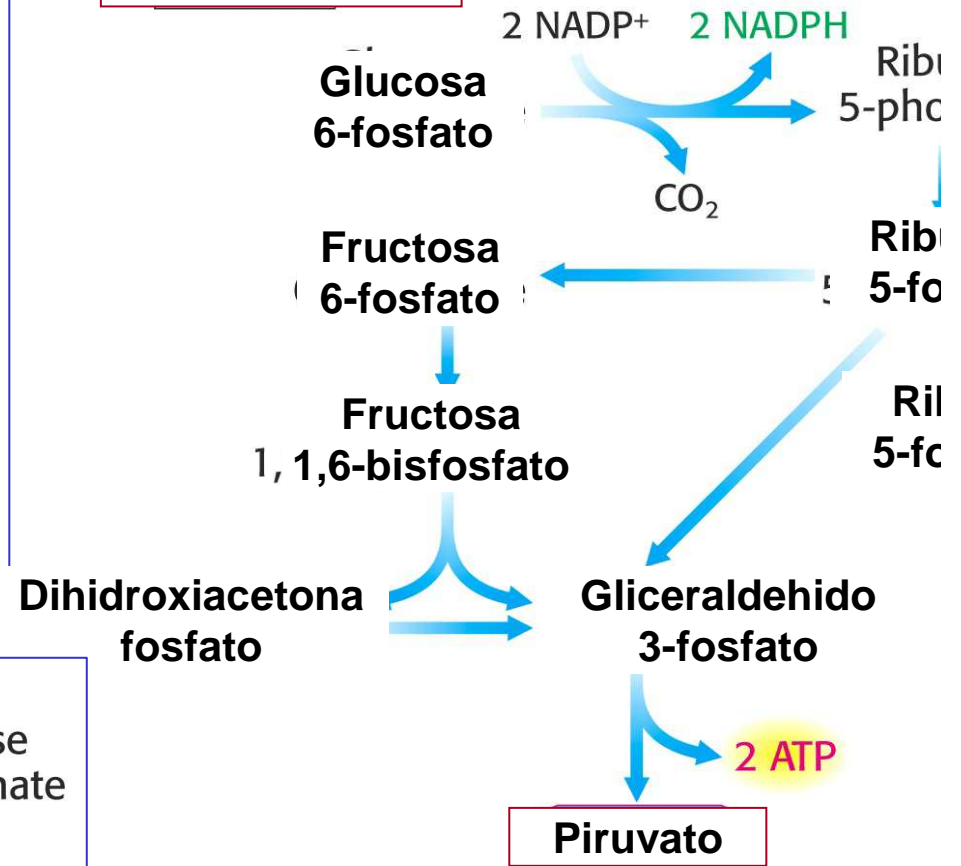
Incorporación de las pentosas (F-6-P y Gal-3-P) a piruvato y CO<sub>2</sub>

**d) Fase oxidativa → NADPH.**

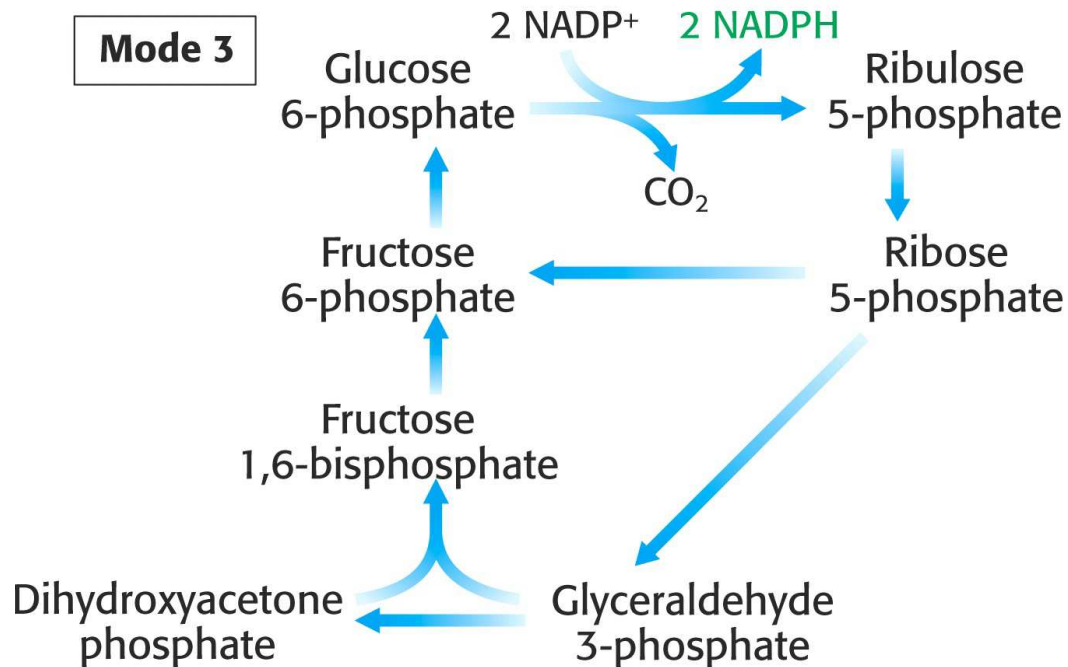
Degradación glucolítica de F-6-P y Gal-3-P a piruvato para obtener ATP

**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

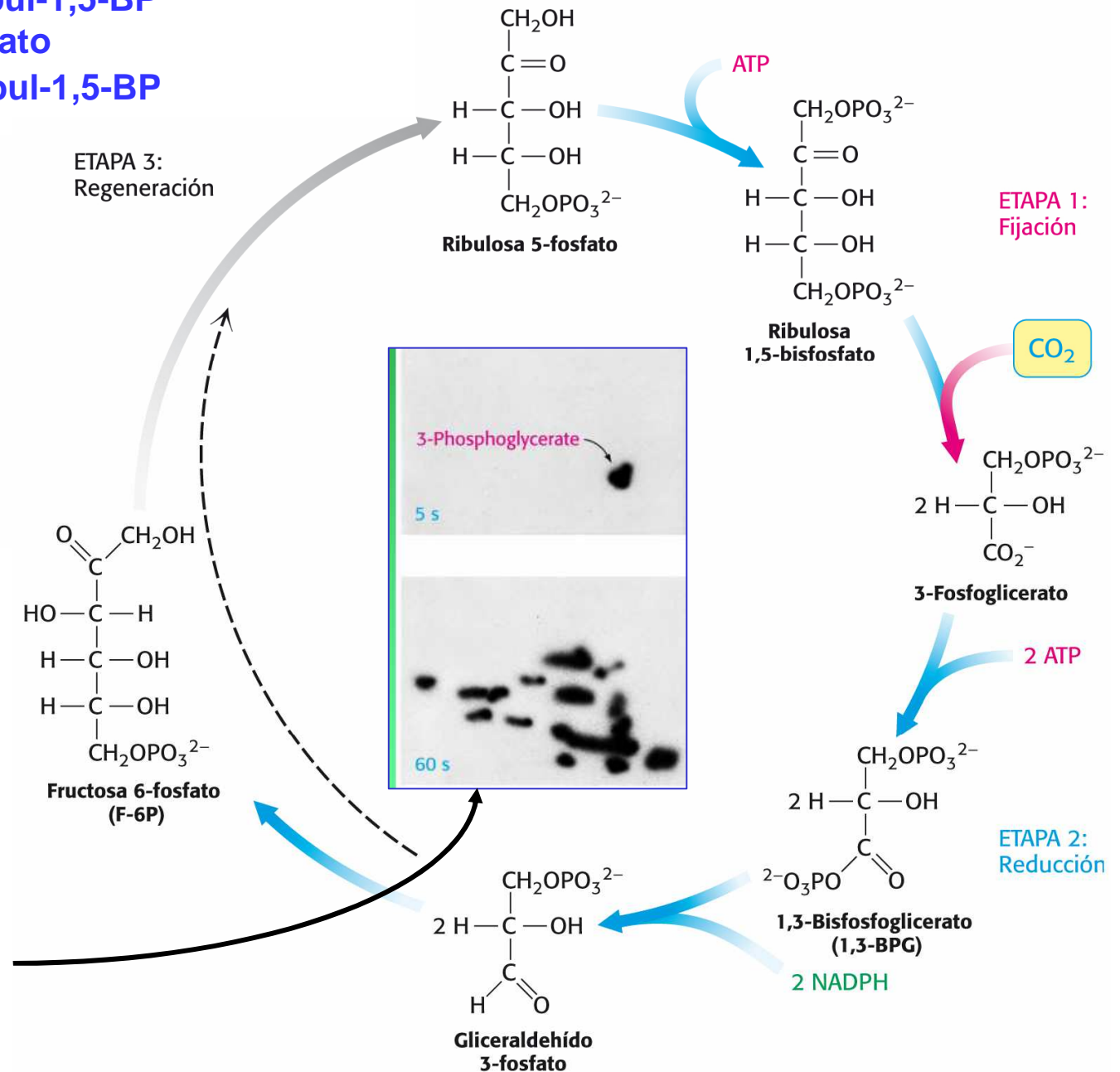
- 1- Fijación de CO<sub>2</sub> a la Ribul-1,5-BP
- 2 - Reducción del P-glicerato
- 3 - Regeneración de la Ribul-1,5-BP

**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 CO<sub>2</sub>.**

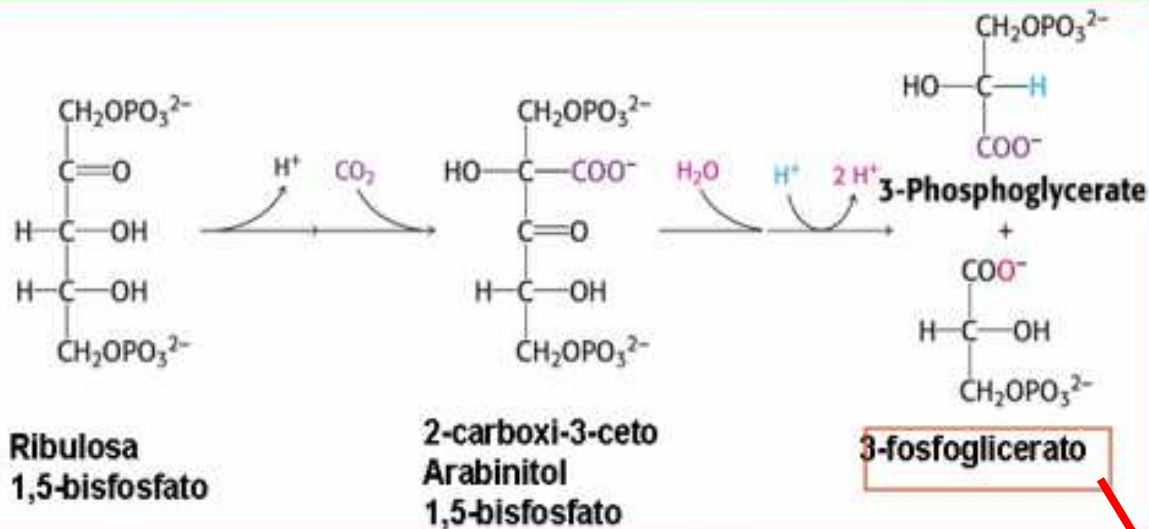
Se burbujea un cultivo de algas con <sup>14</sup>CO<sub>2</sub> y se extraen muestras a diferentes tiempos para realizar autoradiografías, observándose las imágenes adyacentes, que se contrastan con patrones para su reconocimiento.

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

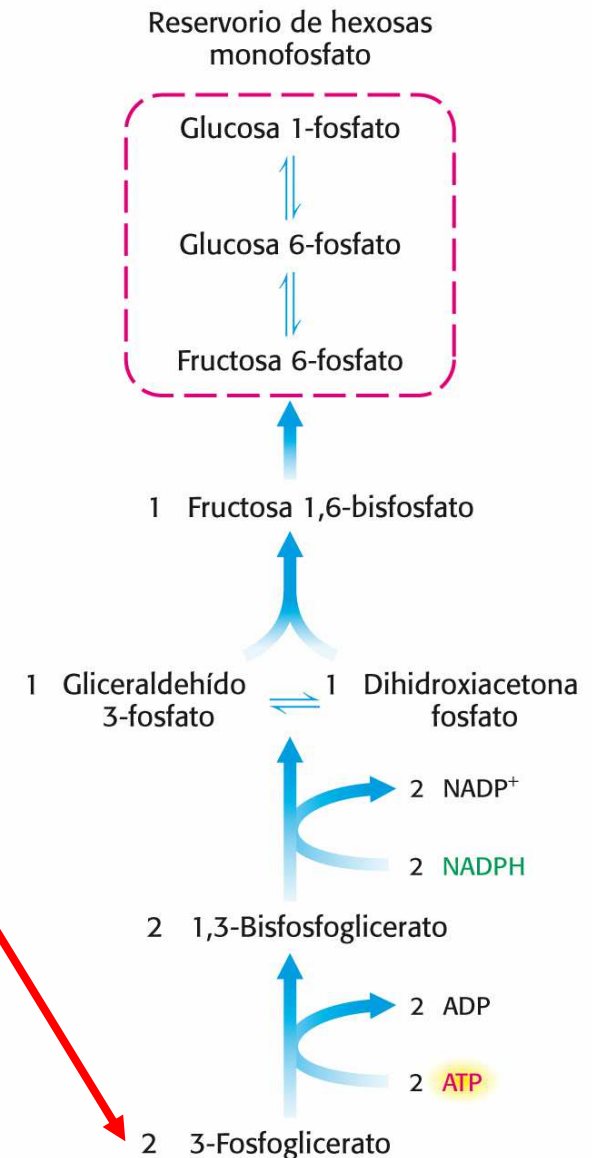
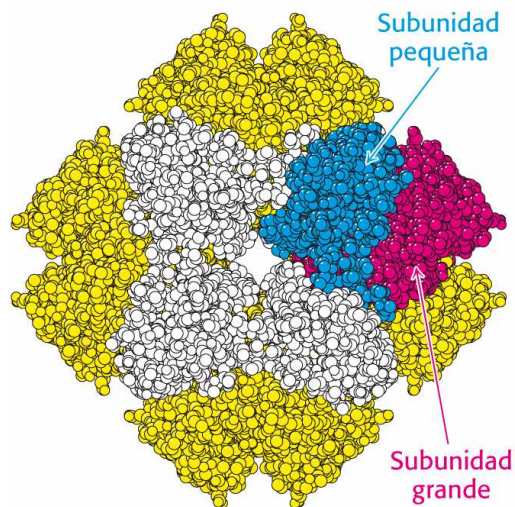




# 1 - Reacción de fijación de CO<sub>2</sub>, catalizada por la RuBisCO



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

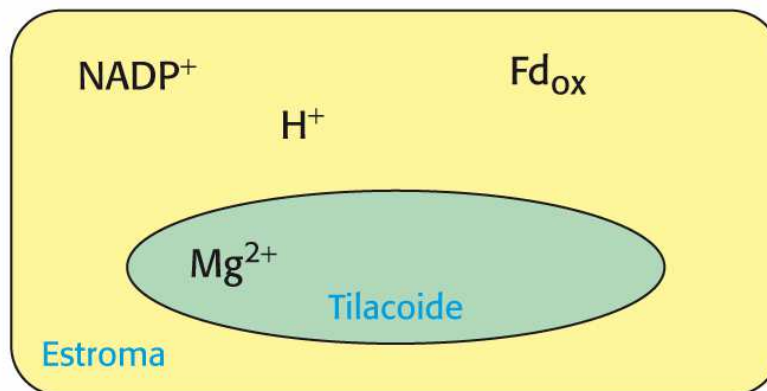
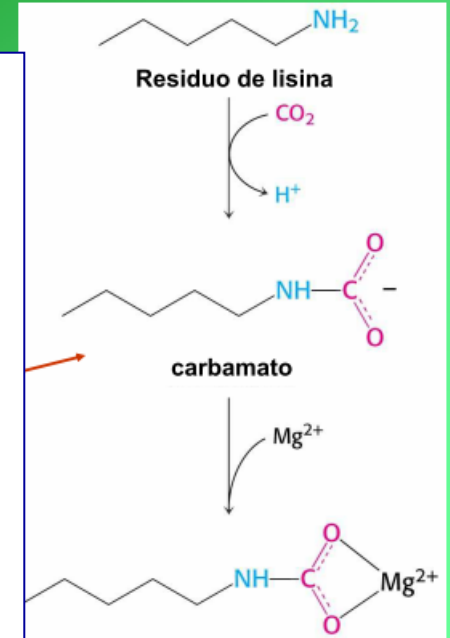
Calvin por medio de la luz. Las reacciones luminosas de la fotosíntesis transfieren electrones desde el *lumen* de los tilacoides hacia el estroma, y transfieren  $H^+$  desde el estroma hacia el *lumen* de los tilacoides. Como consecuencia de estos procesos, las concentraciones de NADPH, ferredoxina 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

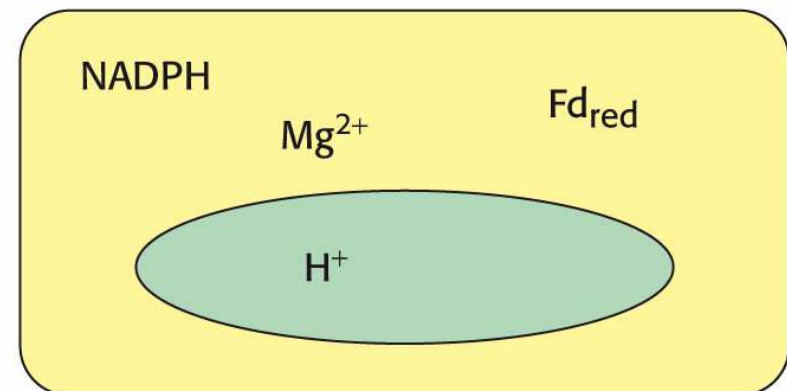
La activación de la RubisCO se produce por **carbamilación** y por **Fotoactivación**

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

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

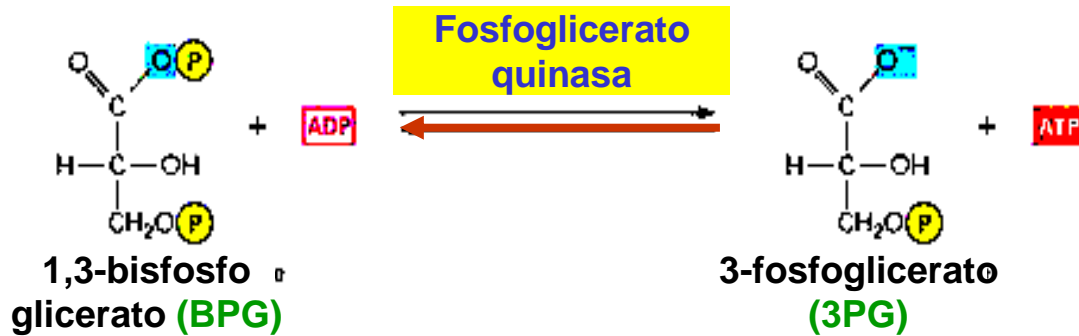


OSCURIDAD



LUZ

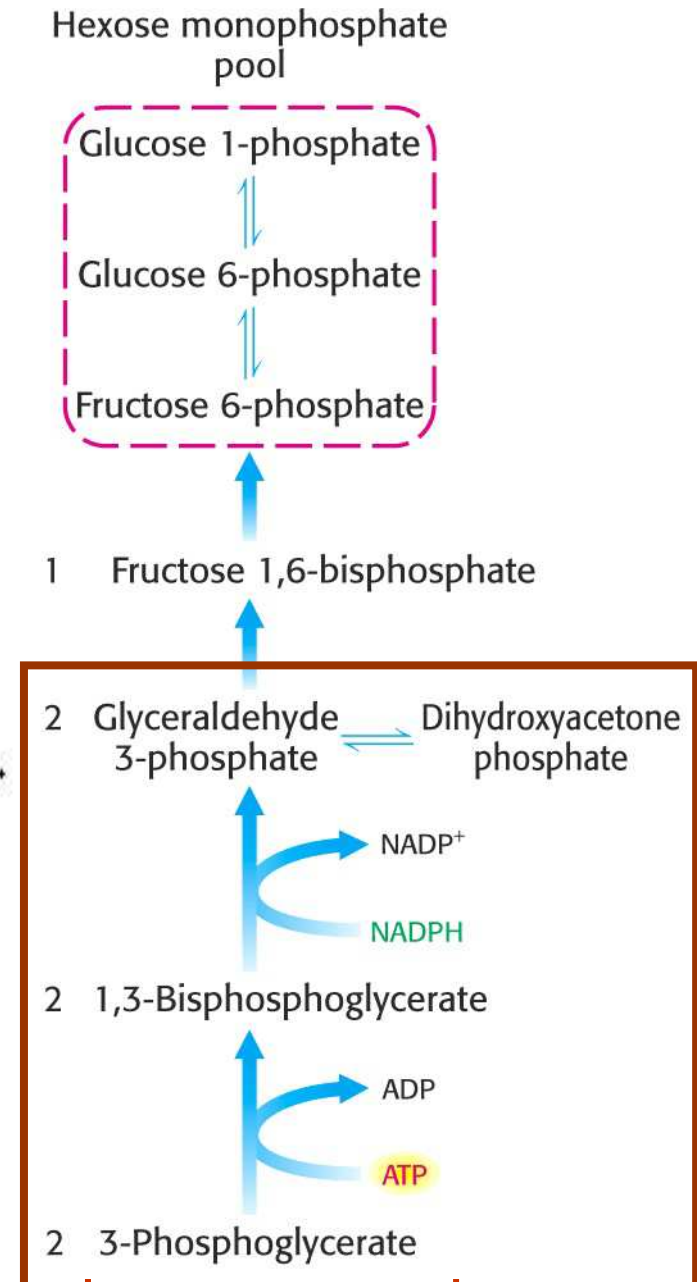
# C. de CALVIN: 2.- Reducción del 3-P-glicerato



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)**

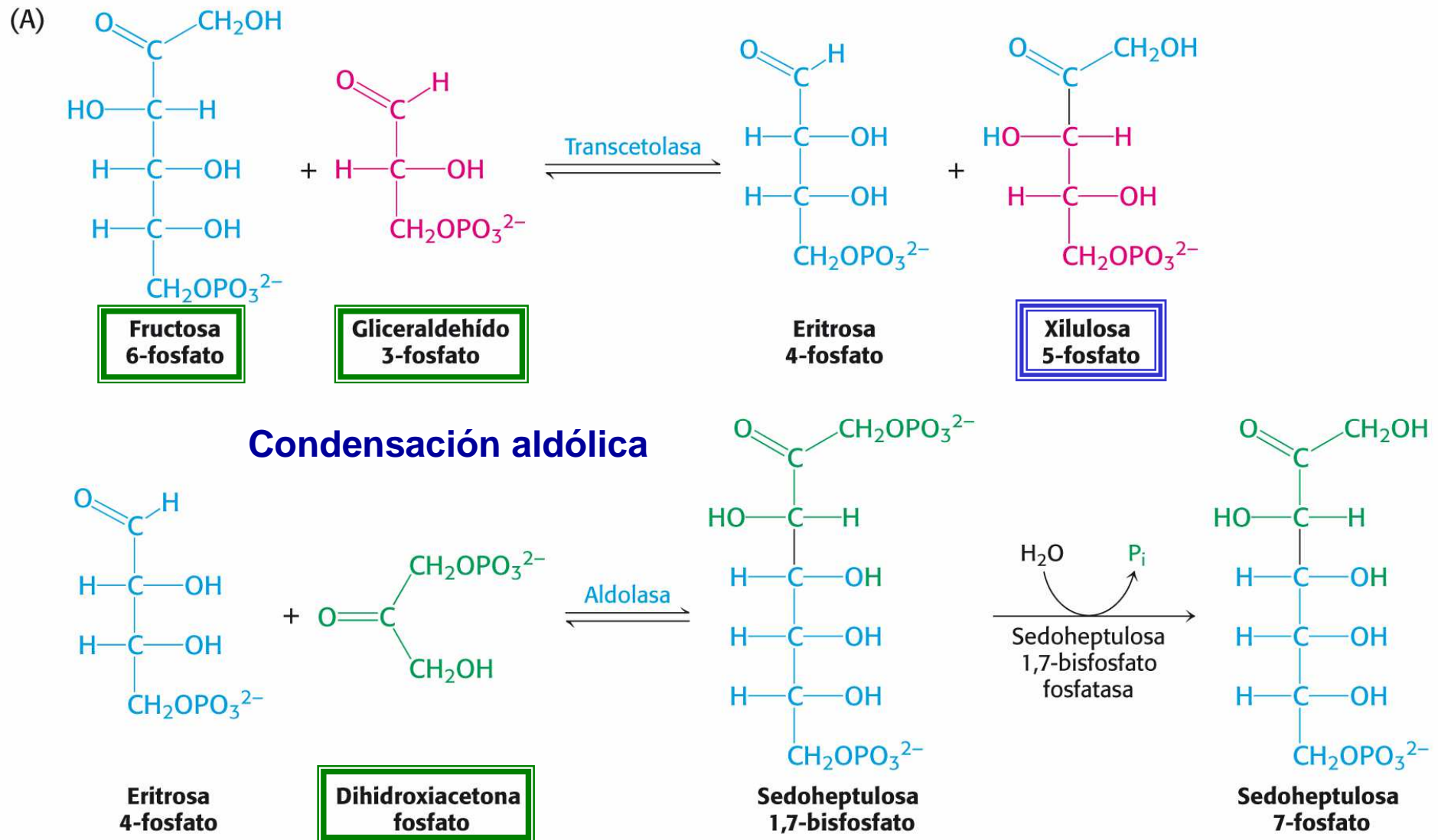


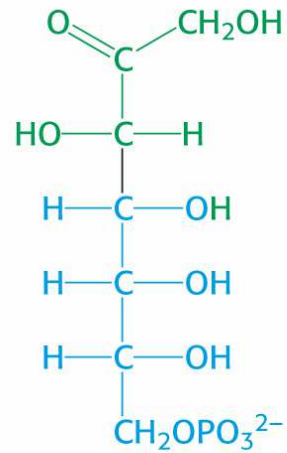
El 3-fosfo-glicerato sigue reacciones gluconeogénicas, aunque aquí la GAL-3PDH actúa con NADPH como coenzima. Se obtienen Gal-3-P y después F-6-P



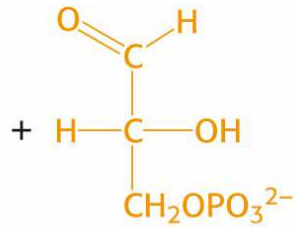
## Interconversión de azúcares: Transcetilización

**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.



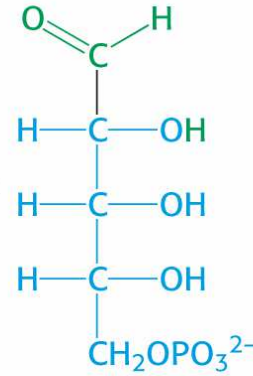


Sedoheptulosa 7-fosfato

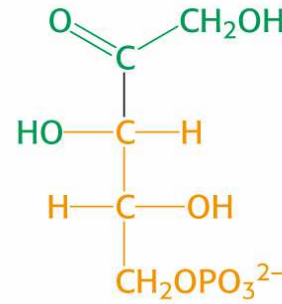


Gliceraldehído 3-fosfato

Transcetoalasa



Ribosa 5-fosfato



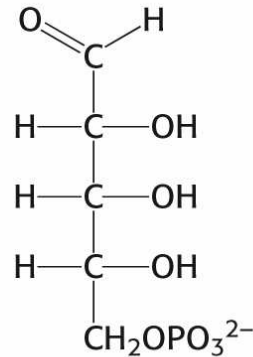
Xilulosa 5-fosfato

Conversión de azúcares

Transcetoalizacion

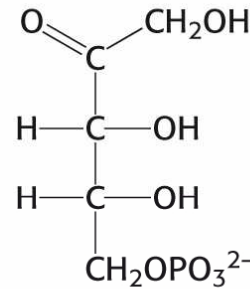
Isomerización de pentosas-P

(B)



Ribosa 5-fosfato

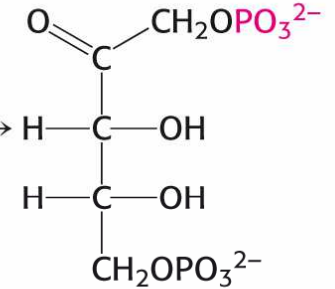
Fosfopentosa isomerasa



Ribulosa 5-fosfato

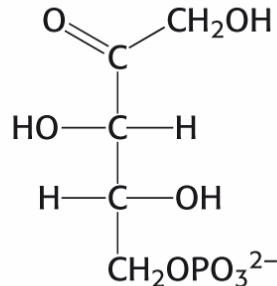
Fosforribulosa quinasa

ATP → ADP



Ribulosa 1,5-bisfosfato

Fosfopentosa epimerasa



Xilulosa 5-fosfato

3- Fosforilación de la Ribulosa-5-P

Reacciones necesarias para convertir 3 CO<sub>2</sub> 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 3CO<sub>2</sub> necesita 6 NADPH y 9 ATP

Cada HEXOSA a partir de 6CO<sub>2</sub> necesita 12 NADPH y 18 ATP

