

# Glúcidos (I)

- polihidroxi**aldehídos**
- polihidroxi**cetonas**
- o compuestos que por hidrólisis dan los anteriores
  
- formula empírica: **C:H:O** relación **1:2:1**  $\Rightarrow$  **(CH<sub>2</sub>O)<sub>n</sub>** (hidratos de C)
- pueden contener **N, P o S**

## Clases:

- **monosacáridos**: azúcares simples  $\Rightarrow$  **una unidad**. Más abundante: **D-glucosa**
- **oligosacáridos**:
  - cadenas cortas de monosacáridos unidas por **enlaces glucosídicos**
  - más abundantes: **disacáridos**: Más conocido: **sacarosa** (D-glucosa + D-fructosa)
  - oligosacáridos con **tres o más monosacárido**: se encuentran como **glucoconjugados** unidos a **lípidos** o **proteínas**.
- **polisacáridos**:
  - **centenares** o **miles** de **monosacáridos**
  - cadenas **lineales** (celulosa)
  - cadenas **ramificadas** (glucógeno)
  - más abundantes: almidón y celulosa (fabricados por las plantas)

# Monosacáridos

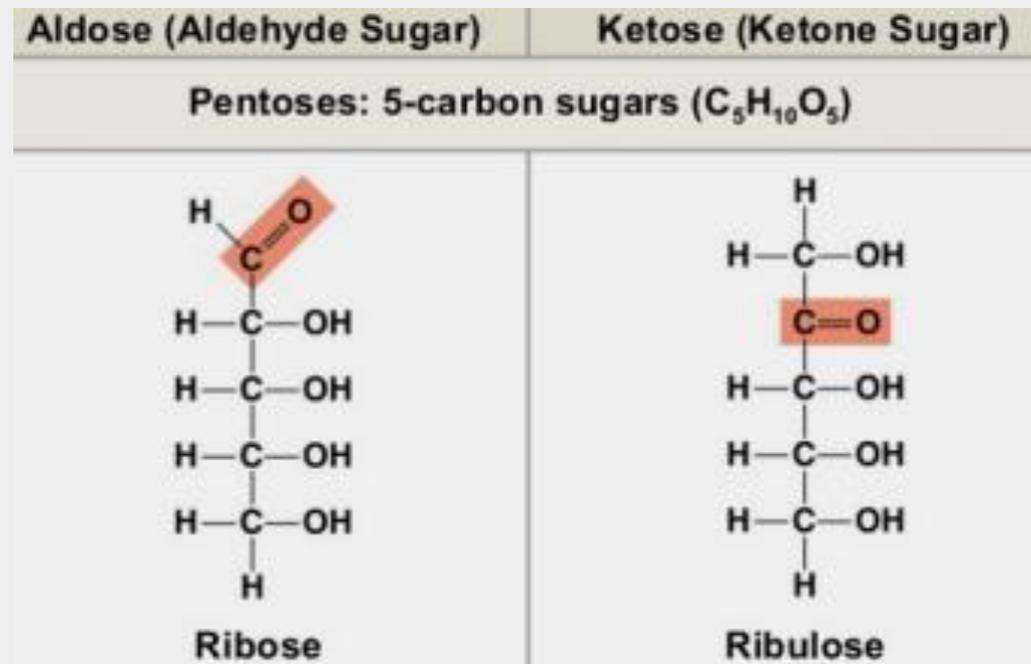
- **aldehídos** o **cetonas**
- 1 o más OH
- sólidos, incoloros, dulces
- **hidrosolubles**, **insolubles** en disolventes no polares

- **aldosas**: grupo **carbonilo** en extremo de la cadena

- **cetosas**: grupo **carbonilo** en otras posiciones

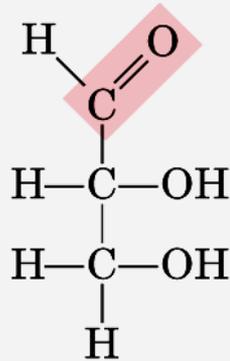
- aldosa: insertar **ul** antes de **osa**  
p.ej. cetosa:

D-ribosa  $\Rightarrow$  D-rib**ulosa**



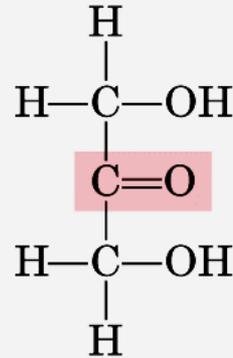
- **n° C**: triosas, tetrasas, pentosas, hexosas, heptosas  
 $\Rightarrow$  aldopentosas y cetopentosas, aldohexosas y cetohexosas

## aldosa

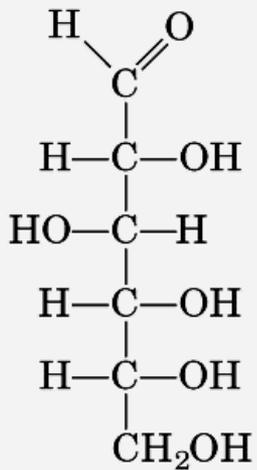


Glyceraldehyde,  
an aldotriose

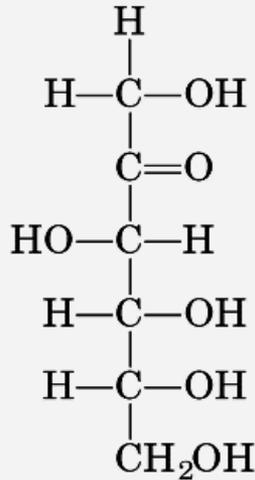
## cetosa



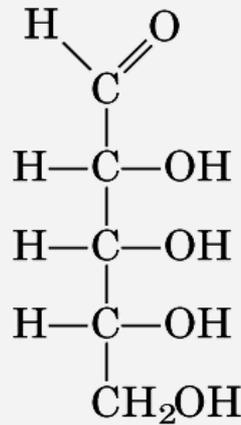
Dihydroxyacetone,  
a ketotriose



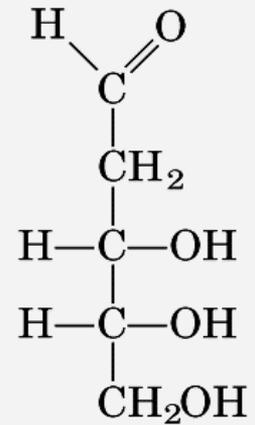
D-Glucose,  
an aldohexose



D-Fructose,  
a ketohexose



D-Ribose,  
an aldopentose



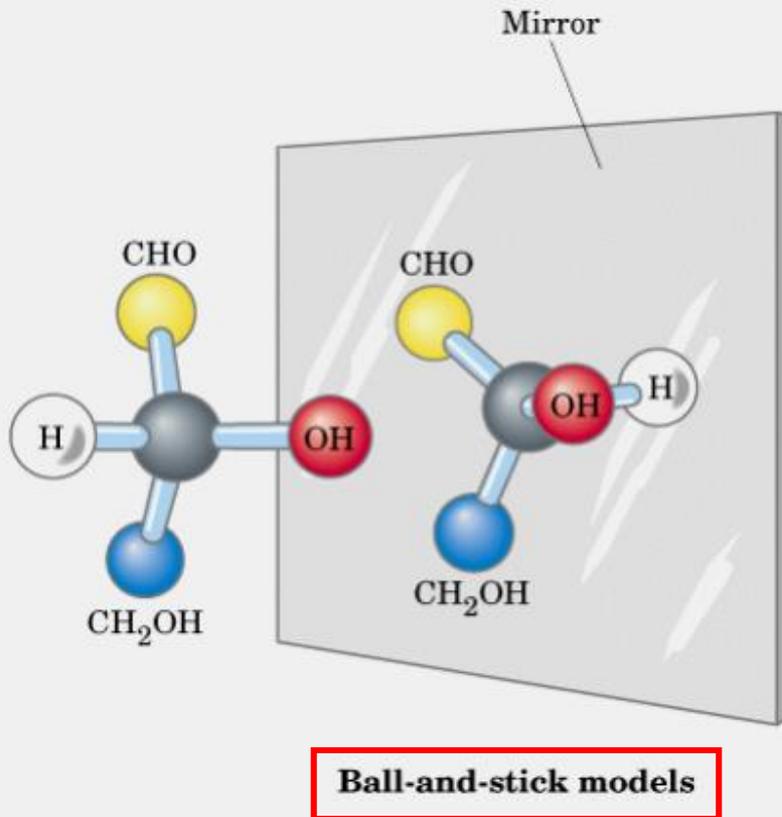
2-Deoxy-D-ribose,  
an aldopentose

Monosacáridos más comunes  
en la naturaleza

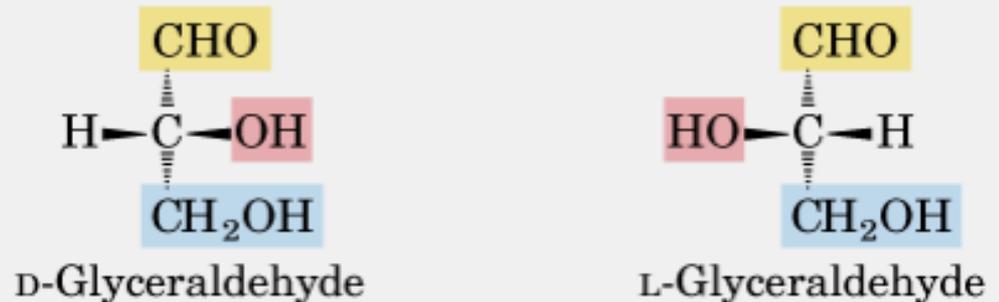
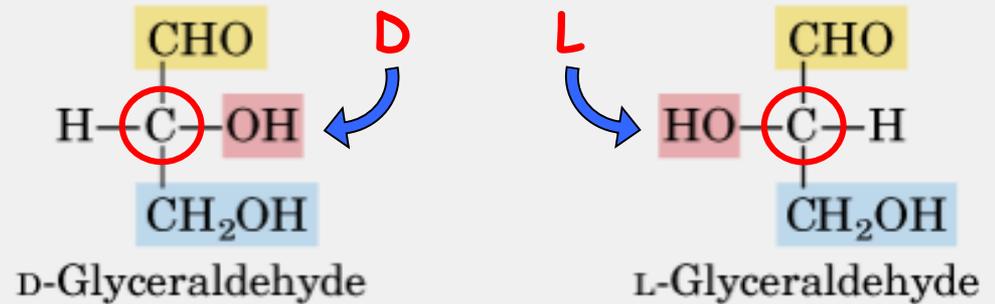
Nucleótidos y ácidos nucleicos

# Los monosacáridos poseen centros asimétricos

- uno o más **C asimétricos** (quirales)  $\Rightarrow$  isómeros ópticos activos (*excluyendo a dihidroxiacetona*)
- p.ej. **Gliceraldehído**: molécula de **referencia**
- $n$  **centros quirales**  $\Rightarrow 2^n$  **estereoisómeros**



## Isómeros ópticos o enantiómeros



## Optical activity

ability to rotate plane polarized light.

### dextrorotatory

- rotate to right
- use + symbol
- usually D isomers

### levorotatory

- rotate to left
- use - symbol
- usually L isomers

## Otra forma de designar los enantiómeros: D-L y R-S

- Rotación de luz polarizada a la derecha  $\Rightarrow$  D, disolución de D-gliceraldehído  $\simeq$  a varios D-monosacáridos

### Desventajas de nomenclatura L-D:

- Correspondencia no siempre cierta ya que la **magnitud y la dirección de la rotación óptica** son una función complicada de las **estructuras electrónicas que rodea al centro quiral**
- **No es absoluta** ya que se hace en base a un **compuesto de referencia** (gliceraldehído)

### Convenio absoluto: nomenclatura R y S

Asignar una designación estereoquímica a cualquier compuesto a partir de la **observación de su estructura tridimensional**

Prioridad de grupos:

OR > OH > NH<sub>2</sub> > CO<sub>2</sub>H > CHO > CH<sub>2</sub>OH > CH<sub>3</sub> > H

- H: grupo de < prioridad:

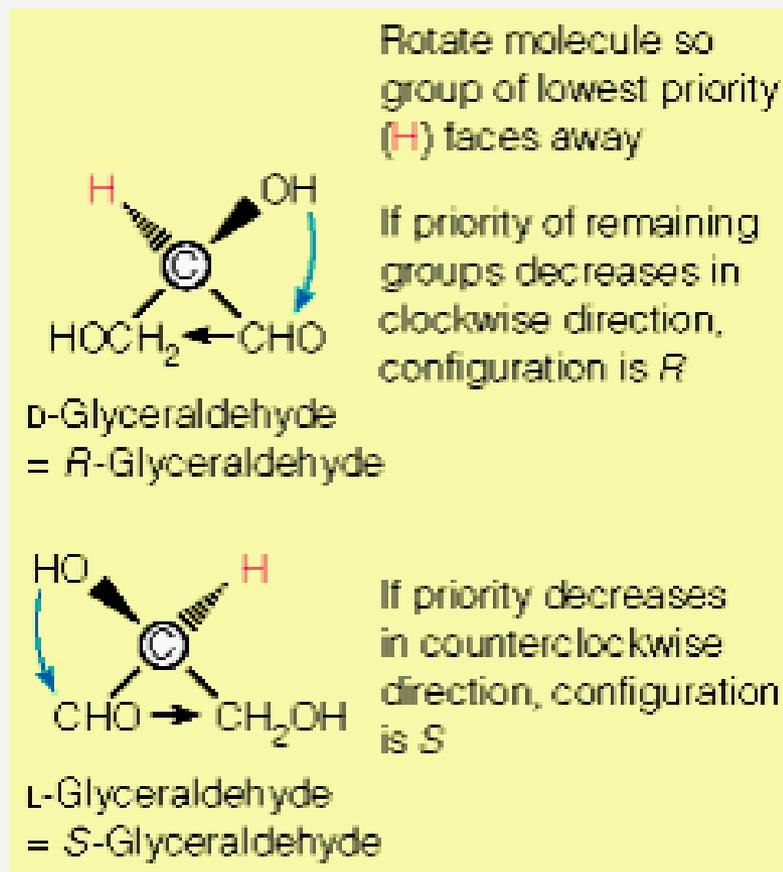
prioridad disminuye en sentido horario  $\Rightarrow$  R

(*rectus*: derecha)

prioridad disminuye en sentido antihorario  $\Rightarrow$  S

(*sinister*: izquierda)

Difícil de aplicar en moléculas que contienen más de un C asimétrico  $\Rightarrow$  siguen usando L-D



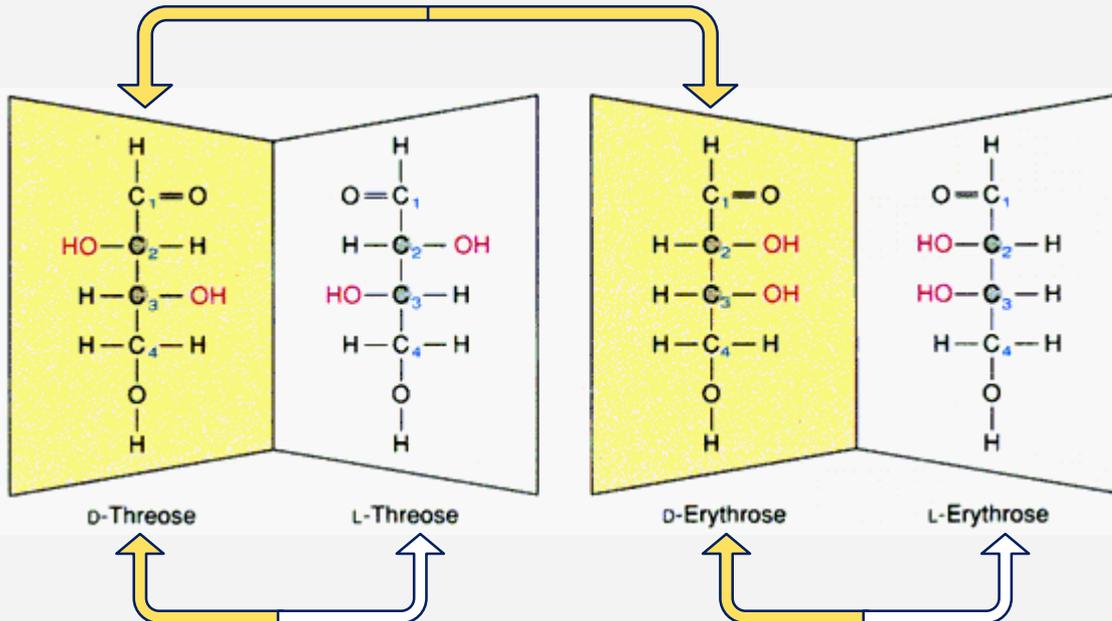
# Estereoisómeros monosacáridos con (+) de 3 C

- Enantiómeros (isómeros especulares)
- Diastereómeros (diastereoisómeros): monosacáridos con al (-) 2 centros quirales.

- Diastereómeros de tetrosas:  $(\text{CH}_2\text{O})_4$ , estereoisómeros:  $2^n$ ,  $2^2 = 4$

## ALDOTETROSAS

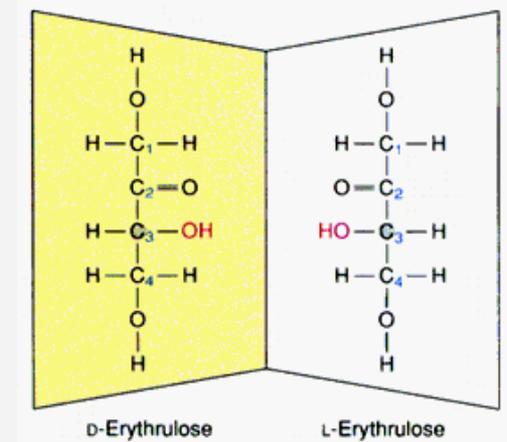
Imágenes no especulares:  
diastereómeros



Imágenes especulares no superponibles:  
enantiómeros (D y L)

## CETOTETROSAS

Un C quiral  $\Rightarrow$  no diastereómeros



Imágenes especulares no superponibles: enantiómeros (D y L)

## Diastereómeros de pentosas:

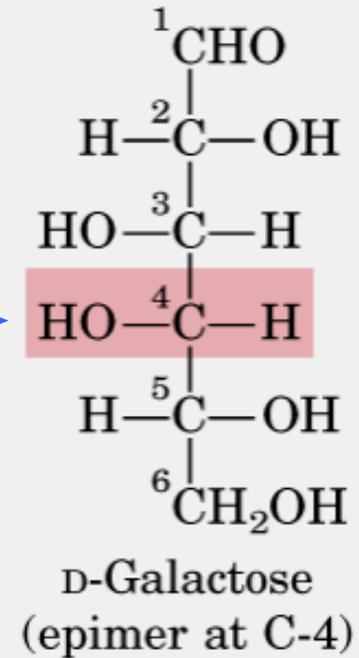
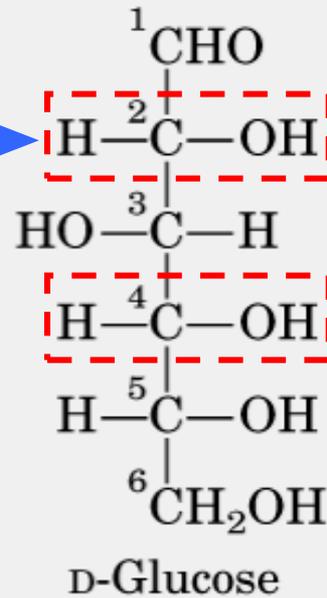
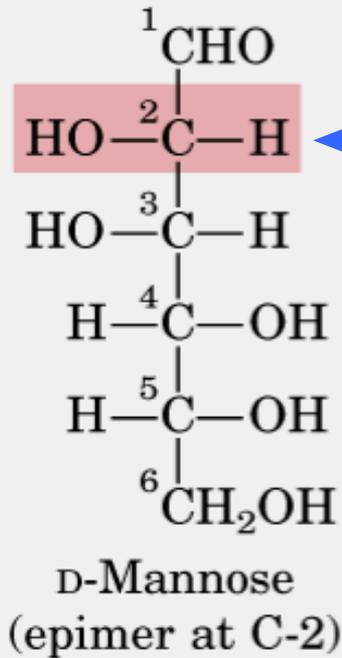
- aldopentosas: 3 C quirales  $\Rightarrow 2^3 = 8$  estereoisómeros: 4 pares de enantiómeros,  
2 pares de diastereómeros
- cetopentosas: 2 C quirales  $\Rightarrow 2^2 = 4$  estereoisómeros: 2 pares de enantiómeros  
1 par de diastereómeros

## Diastereómeros de hexosas:

- aldohexosas: 4 C quirales  $\Rightarrow 2^4 = 16$  estereoisómeros: 8 pares de enantiómeros,  
4 pares de diastereómeros
- cetohehexosas: 3 C quirales  $\Rightarrow 2^3 = 8$  estereoisómeros: 4 pares de enantiómeros  
2 pares de diastereómeros

## Epímeros (diastereoisómeros en un centro asimétrico)

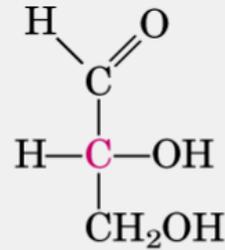
diferencia en la configuración alrededor de un átomo de C



# Estructura de estereoisómeros de D-aldosas con $\neq n^\circ$ de C

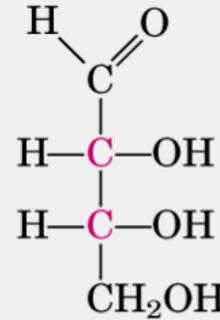
**C**: centro quiral  
□: más abundantes en la naturaleza

## Three carbons

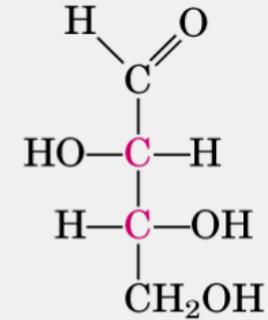


D-Glyceraldehyde

## Four carbons



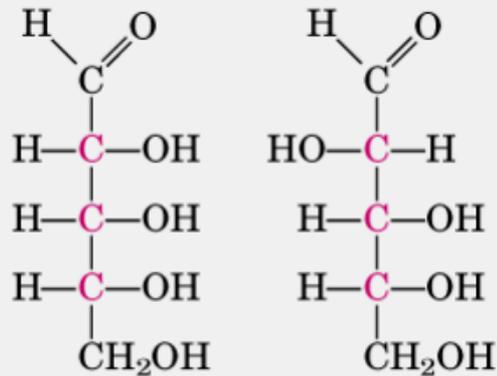
D-Erythrose



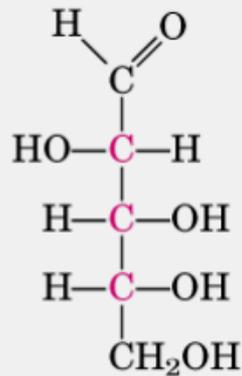
D-Threose

## Five carbons

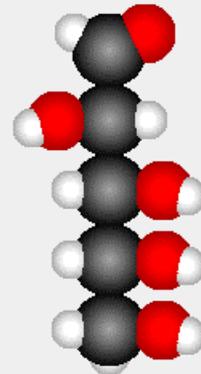
### Arabinose



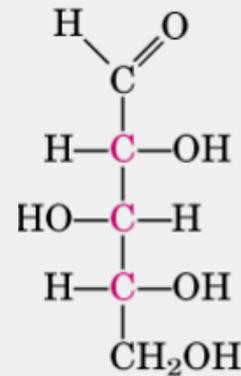
D-Ribose



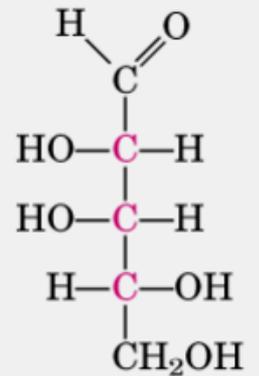
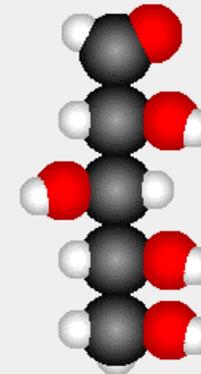
D-Arabinose



### Xylose



D-Xylose

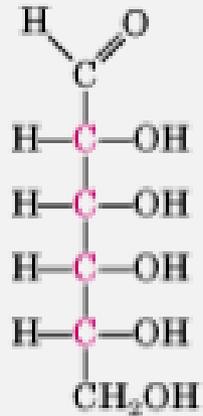


D-Lyxose

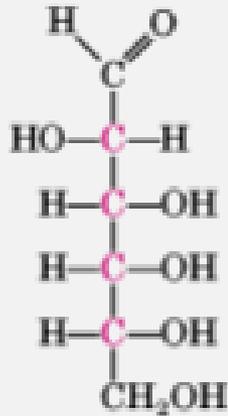
# Estructura de estereoisómeros de D-aldosas con $\neq n^\circ$ de C

C: centro quiral  
□: más abundantes en la naturaleza

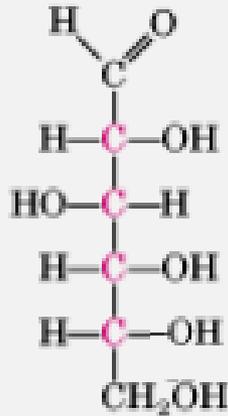
Six carbons



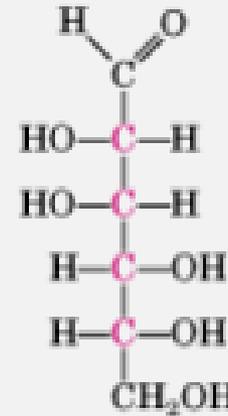
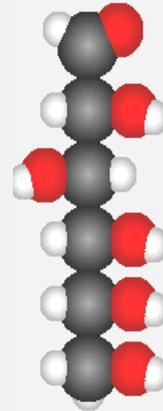
D-Allose



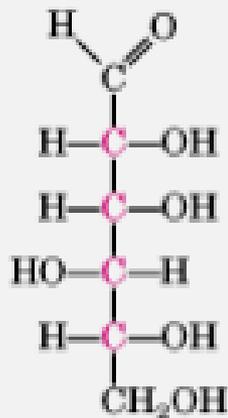
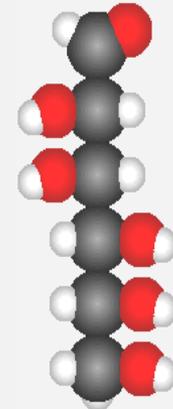
D-Altrose



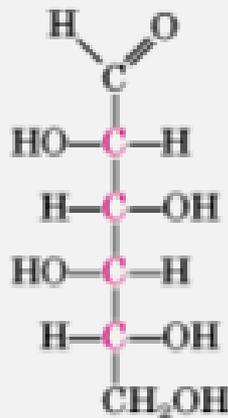
D-Glucose



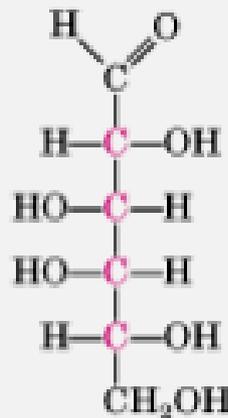
D-Mannose



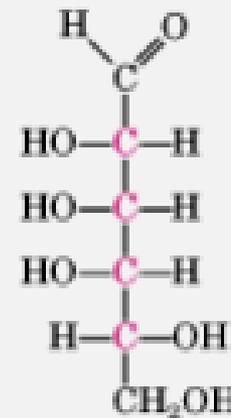
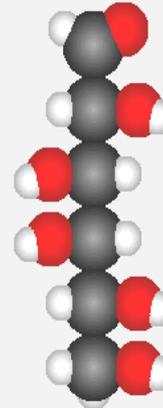
D-Gulose



D-Idose

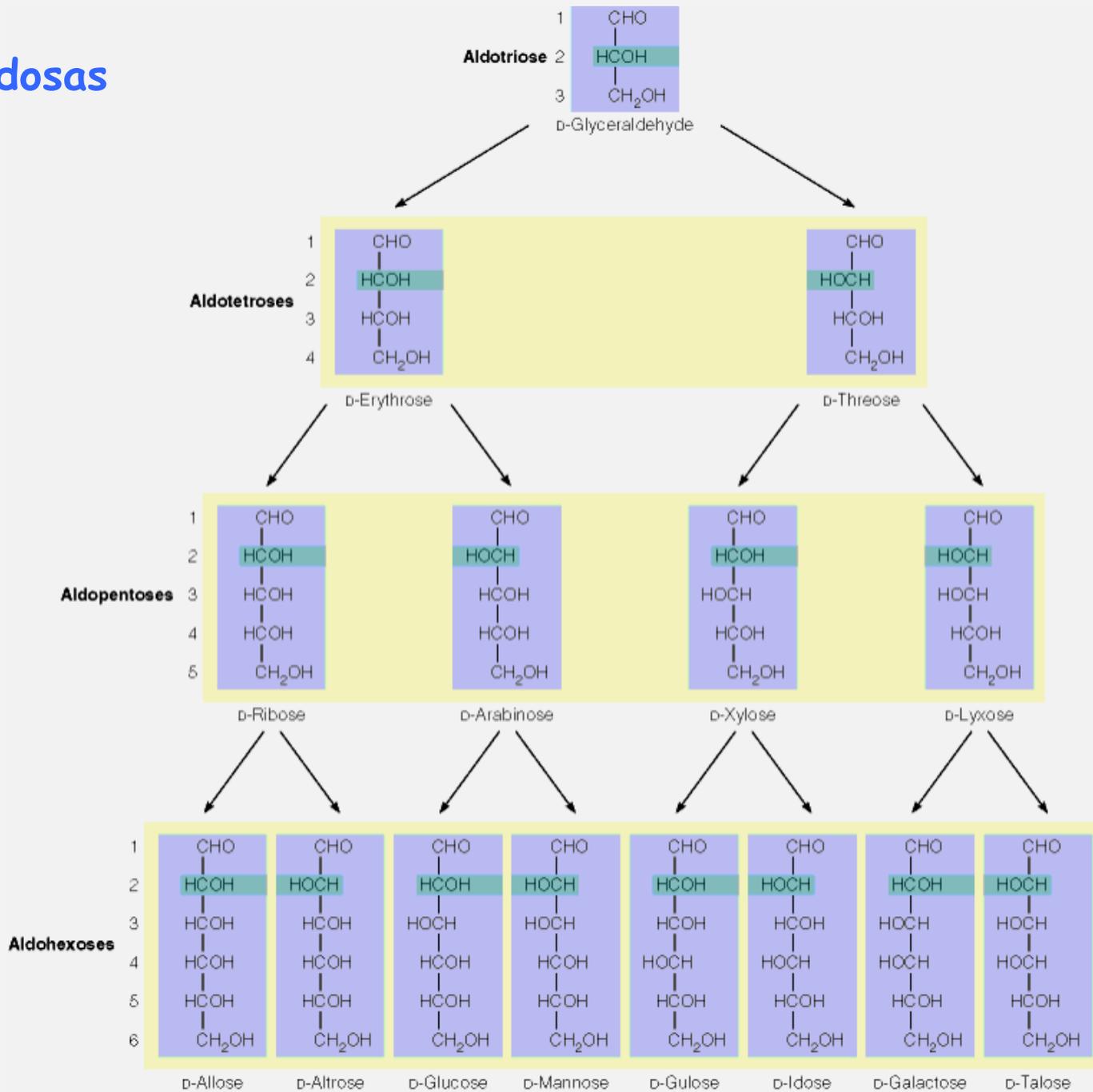


D-Galactose



D-Talose

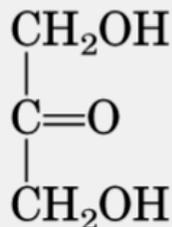
# D-aldosas



# Estructura de estereoisómeros de D-cetosas con $\neq$ n° de C

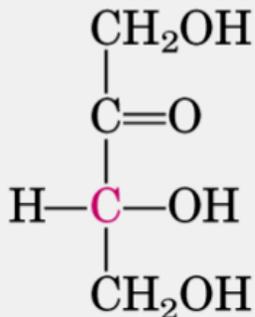
**C**: centro quiral  
□: más abundantes en la naturaleza

## Three carbons



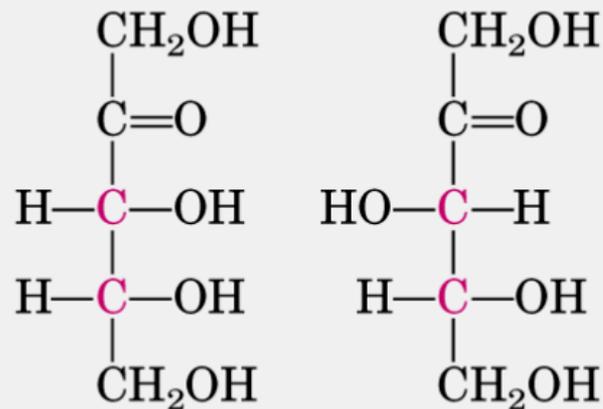
Dihydroxyacetone

## Four carbons



D-Erythrulose

## Five carbons



D-Ribulose

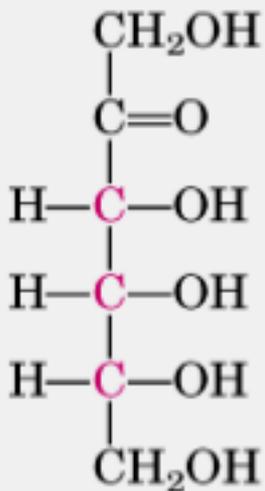
D-Xylulose

**C?**

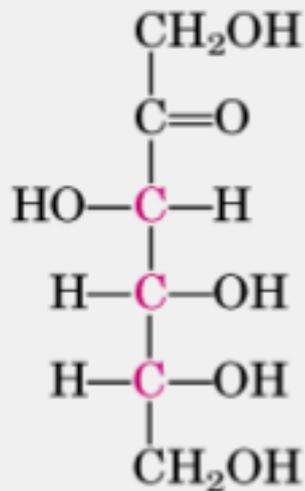
# Estructura de estereoisómeros de D-cetosas con $\neq n^\circ$ de C

**C**: centro quiral  
□: más abundantes en la naturaleza

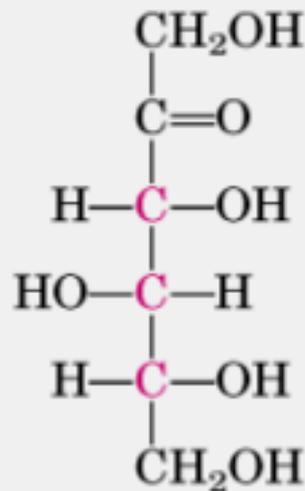
## Six carbons



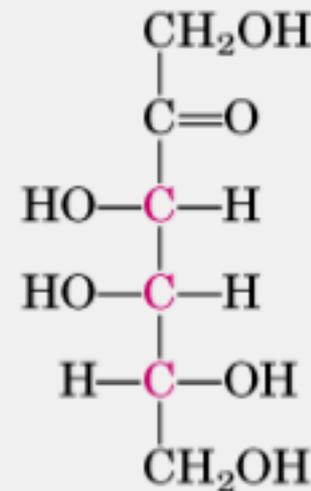
D-Psicose



D-Fructose

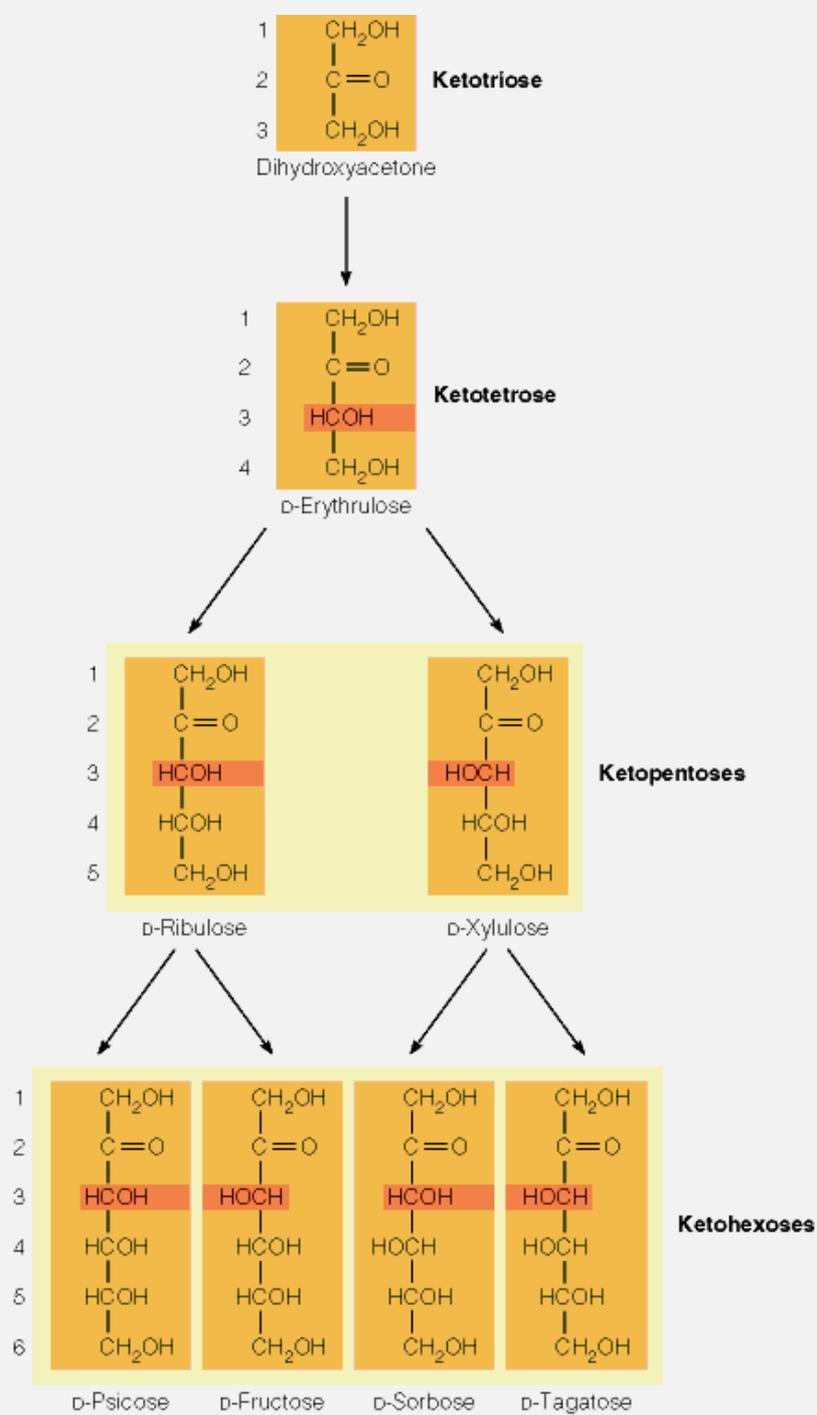


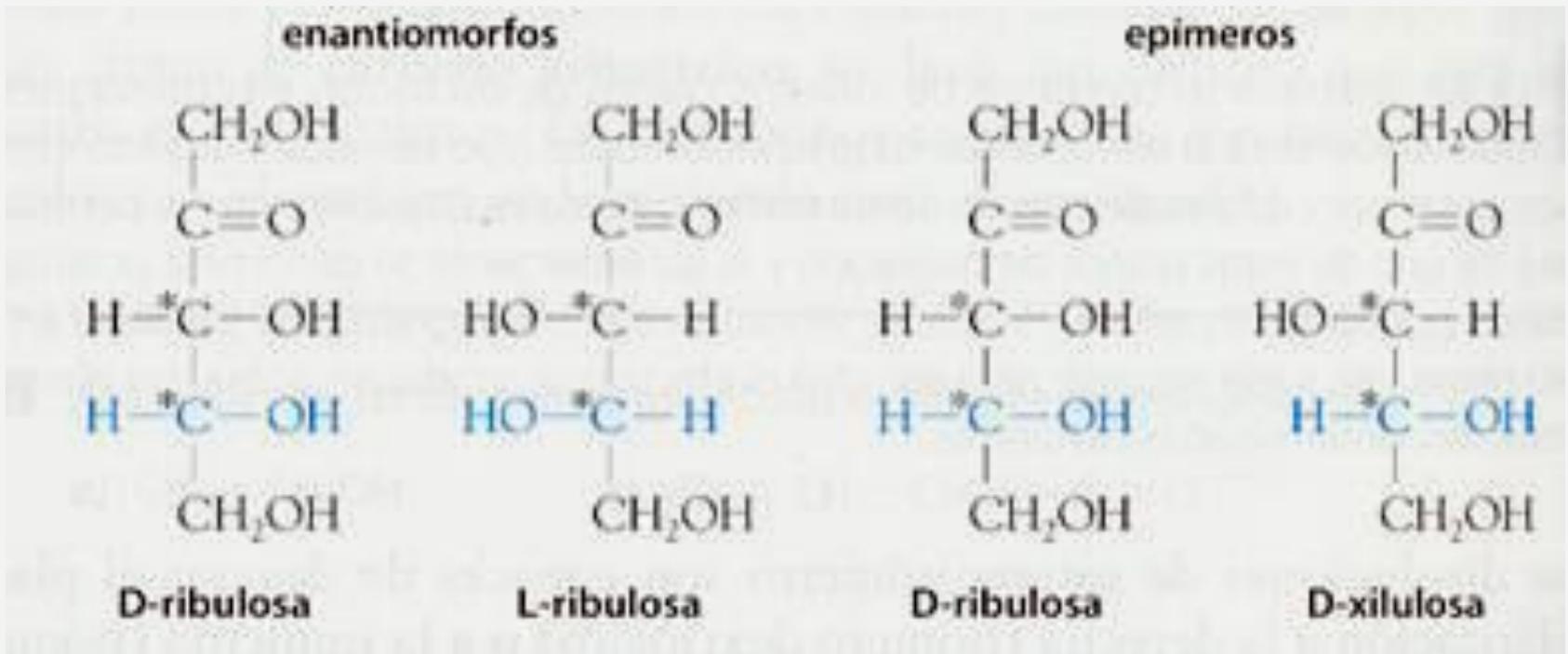
D-Sorbose



D-Tagatose

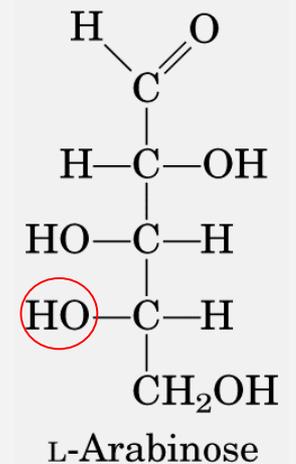
# D-cetosas





La mayoría de los azúcares se encuentran en forma D.

Algunos azúcares se encuentran en la forma L:  
 L-arabinosa e isómeros L de algunos derivados  
 de azúcares presentes en algunas glucoproteínas



# Ejemplos de presencia y funciones bioquímicas de los monosacáridos

Monosaccharides	Natural Occurrence	Physiological Role <sup>a</sup>
<b>Trioses</b>		
Glyceraldehyde	Widespread (as phosphate)	The 3-phosphate is an intermediate in glycolysis
Dihydroxyacetone	Widespread (as phosphate)	The 1-phosphate is an intermediate in glycolysis
<b>Tetroses</b>		
D-Erythrose	Widespread	The 4-phosphate is an intermediate in carbohydrate metabolism
<b>Pentoses</b>		
D-Arabinose	Some plants, tuberculosis bacilli	Plant glycosides, cell walls
<u>L-Arabinose</u>	Widely distributed in plants, bacterial cell walls	Constituent of cell walls, plant glycoproteins
D-Ribose	Widespread, in all organisms	Constituent of ribonucleic acid
2-D-Deoxyribose	Widespread, in all organisms	Constituent of deoxyribonucleic acid
D-Xylose	Woody materials	Constituent of plant polysaccharides
<b>Hexoses</b>		
D-Galactose	Widespread	Milk (as part of lactose); structural polysaccharides
<u>L-Galactose</u>	Agar, other polysaccharides	Polysaccharide structures
D-Glucose	Widespread	A major energy source for animal metabolism; structural role in cellulose
D-Mannose	Plant polysaccharides, animal glycoproteins	Polysaccharide structures
D-Fructose	A major plant sugar; part of sucrose	Intermediate in glycolysis (phosphate esters)
<b>Heptoses</b>		
D-Sedoheptulose	Many plants	Intermediate in Calvin cycle in photosynthesis and pentose phosphate pathway

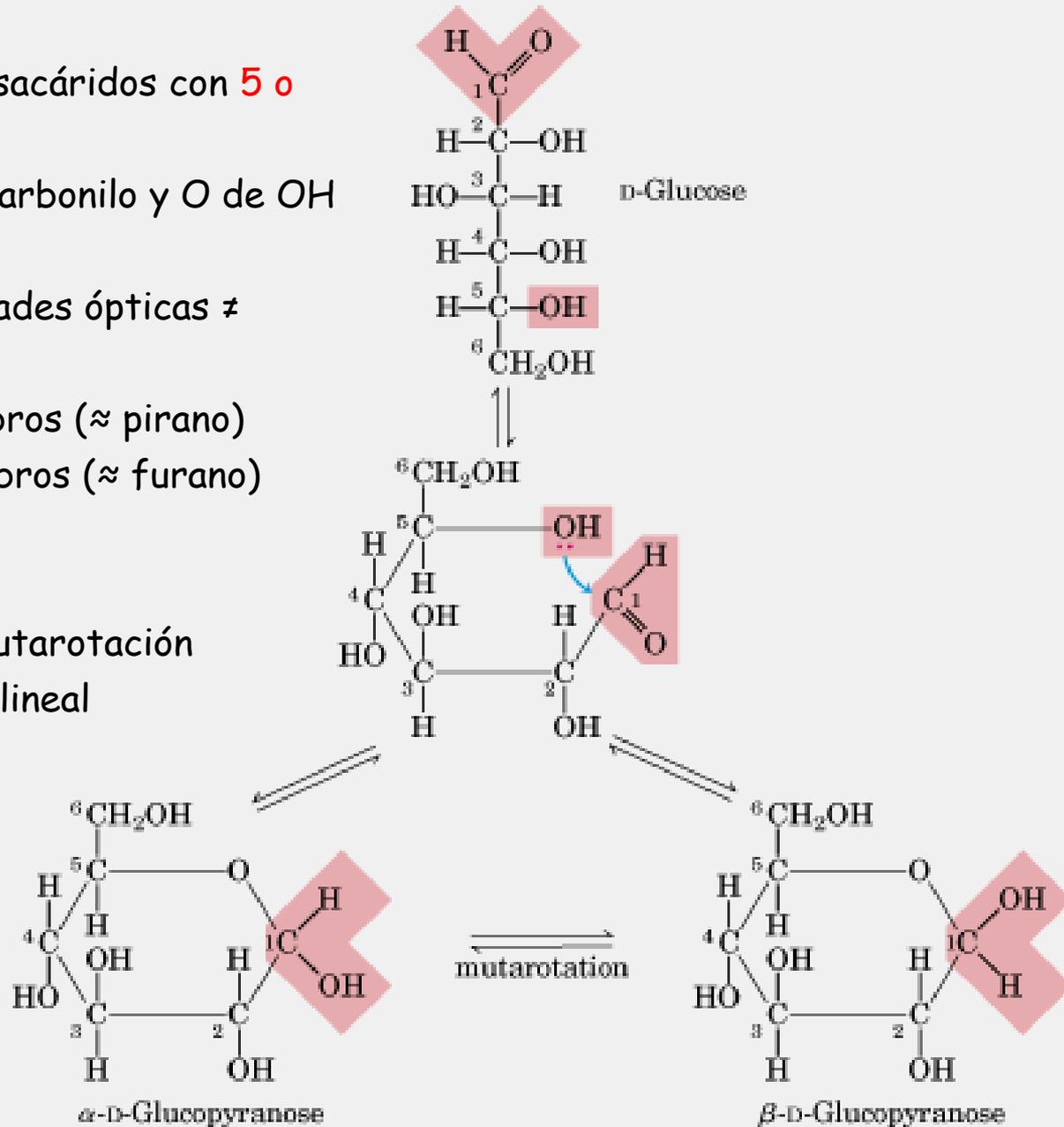
<sup>a</sup>Some of these monosaccharides have additional roles that are not listed.

# Estructura cíclica de los monosacáridos

- estructura adoptada por monosacáridos con **5 o más C**.
- **enlace covalente** entre grupo carbonilo y O de OH
- formas  $\alpha$  y  $\beta$  (isómeros)
- composición química =, propiedades ópticas  $\neq$
- formas cíclicas:
  - **piranosas**: anillo de **6** miembros ( $\approx$  pirano)
  - **furanosas**: anillo de **5** miembros ( $\approx$  furano)

**D-glucosa** en solución acuosa:

- $\alpha$  y  $\beta$  se interconvierten por mutarotación
- $\frac{1}{3}$   $\alpha$ ,  $\frac{2}{3}$   $\beta$  y  $\downarrow$  proporción forma lineal

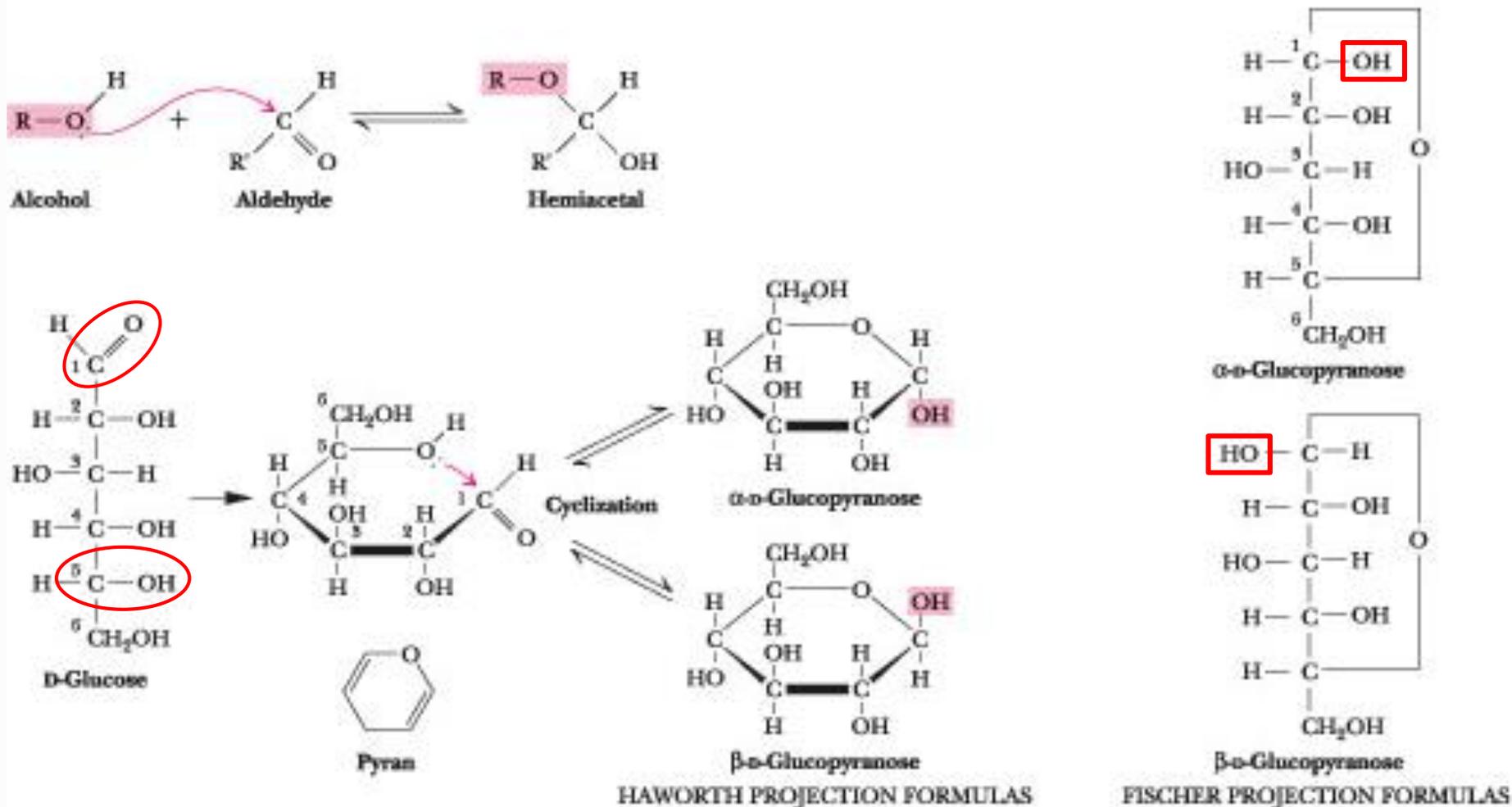


# Formación de anillo pirano: piranosas (6 miembros)

Rn entre aldehídos y alcoholes  $\Rightarrow$  formación de hemiacetales

D-glucopiranososa: hemiacetal intramolecular por Rn de OH C-5 y aldehído C-1  
 $\Rightarrow$  C-1 asimétrico  $\Rightarrow$  estereoisómeros  $\alpha$  y  $\beta$  de D-glucosa.

Anómeros: isómeros de monosacáridos que difieren únicamente en su configuración



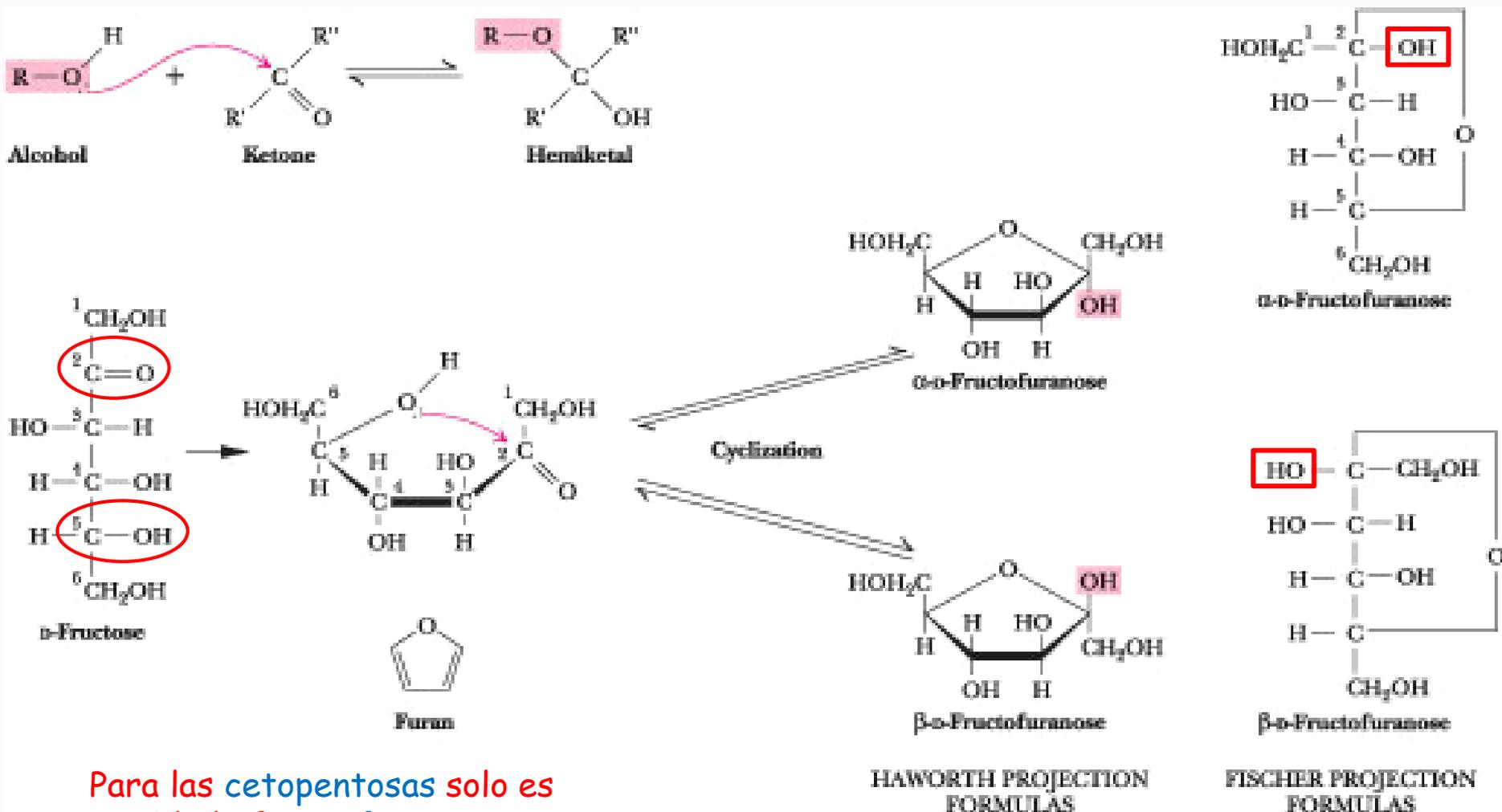
Las aldohexosas tb. pueden formar furanosas (anillo de 5 miembros) pero son más inestables que las formas piranosas que son las que predominan en disoluciones.

# Formación de anillo furano: **furanosa (cinco miembros)**

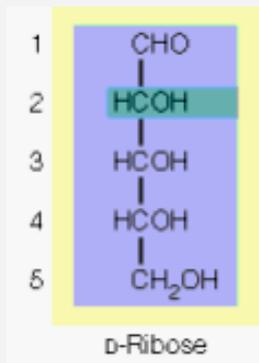
Rn entre cetonas y alcoholes  $\Rightarrow$  **formación de hemiacetales**

**D-fructofuranosa**: hemiacetal intramolecular por Rn de OH C-5 y cetona C-2  $\Rightarrow$  C-2 asimétrico  $\Rightarrow$  anómeros  $\alpha$  y  $\beta$  de D-fructosa.

(hemiacetal intramolecular por Rn de OH C-6 y cetona C-2  $\Rightarrow$  **piranosa**).



Para las **cetopentosas** solo es posible la forma **furanosa**



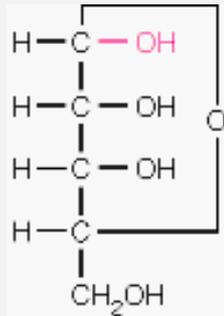
Furan



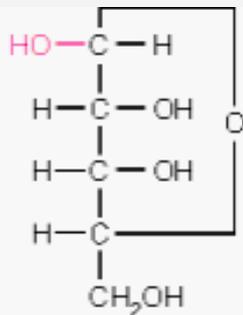
Pyran

## Proyecciones de Fischer

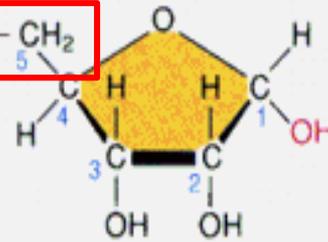
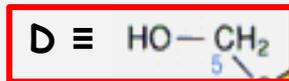
-OH derecha  $\equiv$  debajo del plano en PH



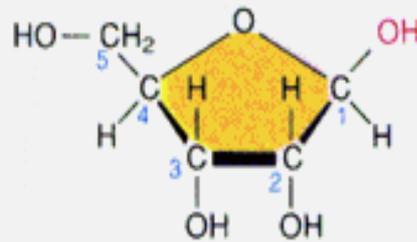
$\alpha$ -D-Ribofuranose



$\beta$ -D-Ribofuranose



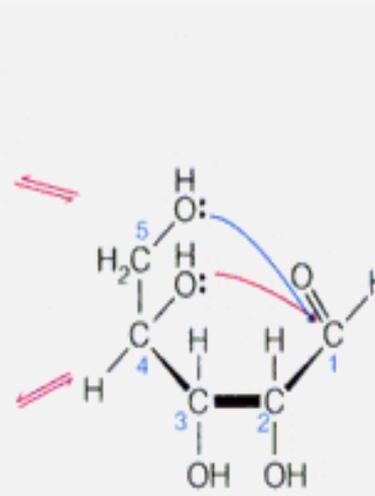
$\alpha$ -D-Ribofuranose



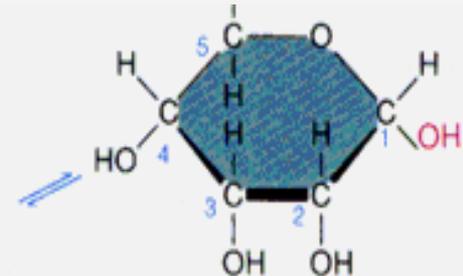
$\beta$ -D-Ribofuranose

## Proyecciones de Haworth (PH)

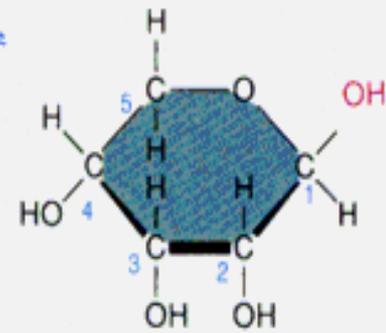
Isómeros D: -CH<sub>2</sub>OH arriba del plano



D-Ribose



$\alpha$ -D-Ribopyranose



$\beta$ -D-Ribopyranose

Cantidades relativas de las formas tautómeras de algunos monosacáridos en equilibrio en H<sub>2</sub>O a 40°C

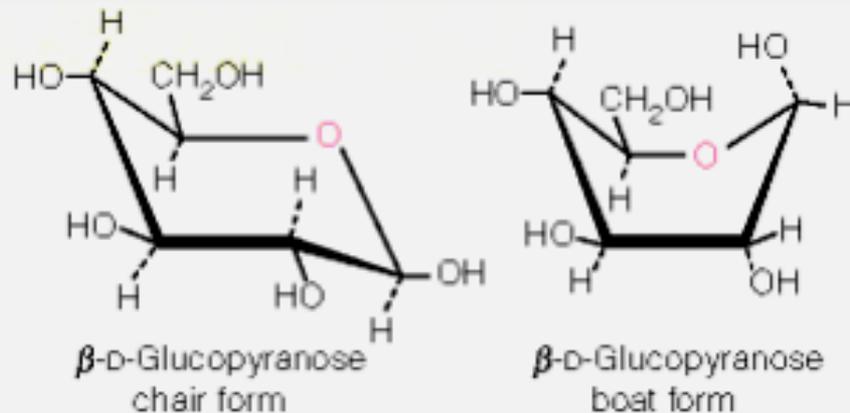
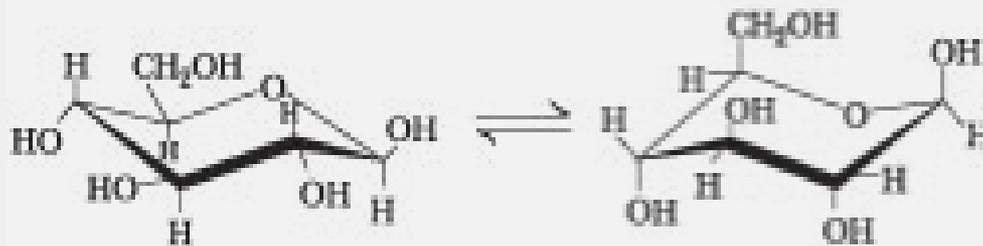
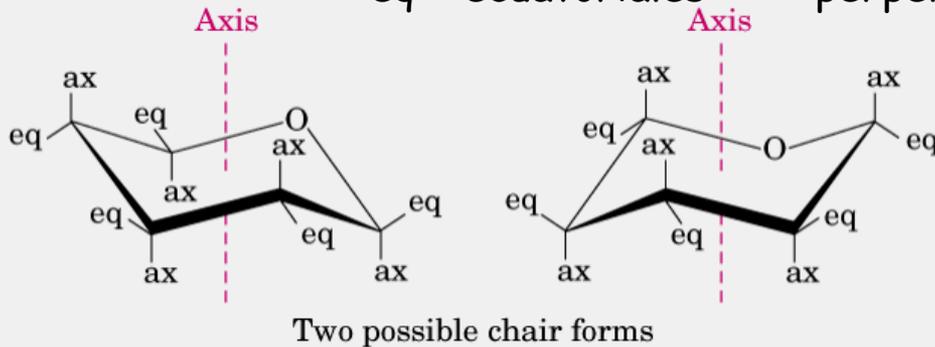
Monosaccharide	Relative Amount (%)				Total Furanose
	$\alpha$ -Pyranose	$\beta$ -Pyranose	$\alpha$ -Furanose	$\beta$ -Furanose	
Ribose	20	56	6	18	24
Lyxose	71	29	— <sup>a</sup>	— <sup>a</sup>	<1
Altrose	27	40	20	13	33
Glucose	36	64	— <sup>a</sup>	— <sup>a</sup>	<1
Mannose	67	33	— <sup>a</sup>	— <sup>a</sup>	<1
Fructose	3	57	9	31	40

Note: In all cases, the open-chain form is much less than 1%. For data on other sugars, see S. J. Angyal, The composition and conformation of sugars in solution, *Angew. Chem.* (1969) 8:157–226.

<sup>a</sup>Much less than 1%.

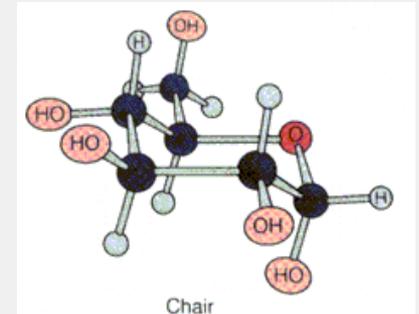
# Estructura piranosa no es planar

- Átomos del anillo: híbridos  $sp^3$  (tetraedros)
- conformaciones nave y silla, se produce fácilmente en solución.
- No hay rotura de enlaces en el cambio de conformación.
- sustituyentes: ax = axiales  $\Rightarrow \approx$  paralelos al eje vertical  
eq = ecuatoriales  $\Rightarrow \approx$  perpendiculares al eje vertical

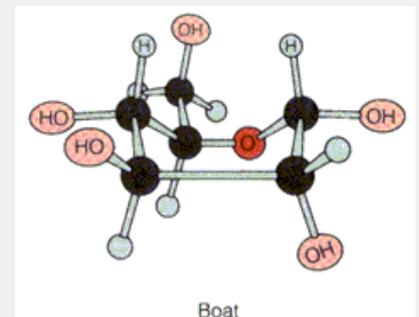


Formulas en perspectiva de Haworth

- sustituyentes eq: menos impedimentos estéricos por sustituyentes cercanos
- conformaciones con sustituyentes voluminosos en eq  $\Rightarrow$  conformaciones favorecidas



- conformación nave poco habitual,
- excepto para sustituyentes voluminosos

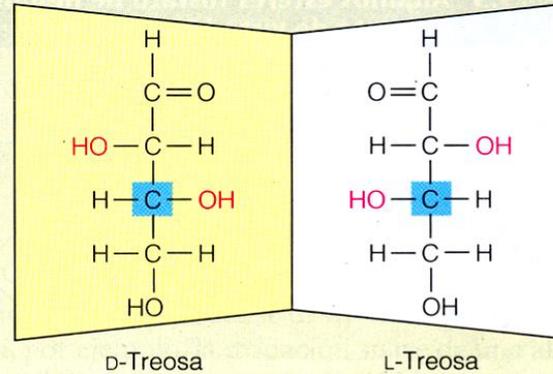


## Isómeros de configuración

### Enantiómeros

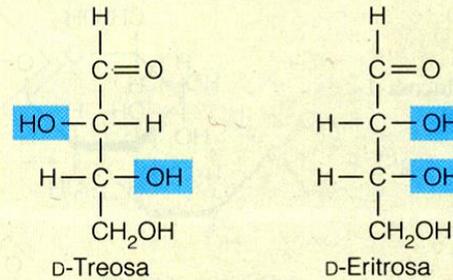
Estereoisómeros que son imágenes especulares uno del otro

El carbono asimétrico del recuadro (el más alejado del aldehído) determina la designación D/L



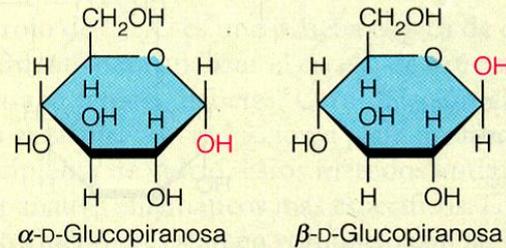
### Diastereómeros

Estereoisómeros que no son imágenes especulares uno del otro



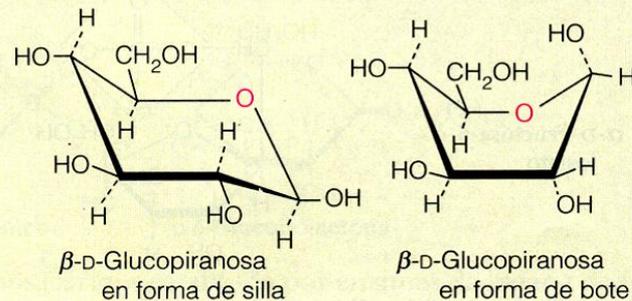
### Anómeros

Estereoisómeros que difieren en la configuración del carbono anomérico



## Isómeros conformacionales

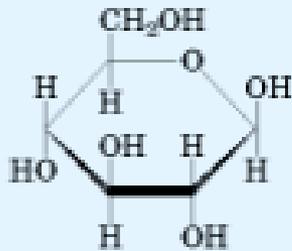
Moléculas con la misma configuración estereoquímica pero que difieren en su conformación tridimensional



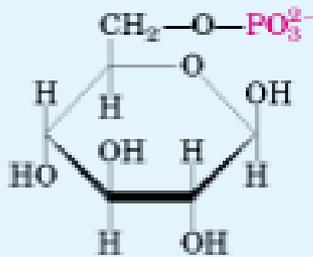
# Derivados de hexosas

- Sustitución de OH (amino)
- Oxidación de C por ácido carboxílico
- Presentes en glucolípidos y glucoproteínas

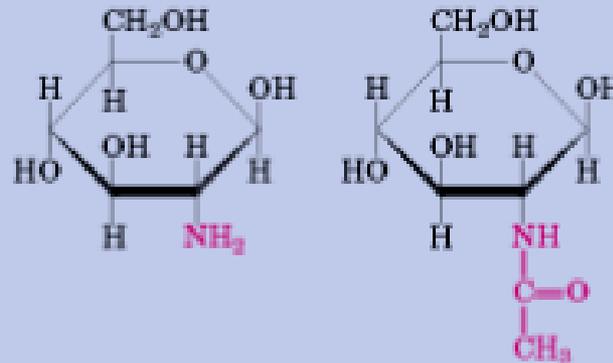
## Glucose family



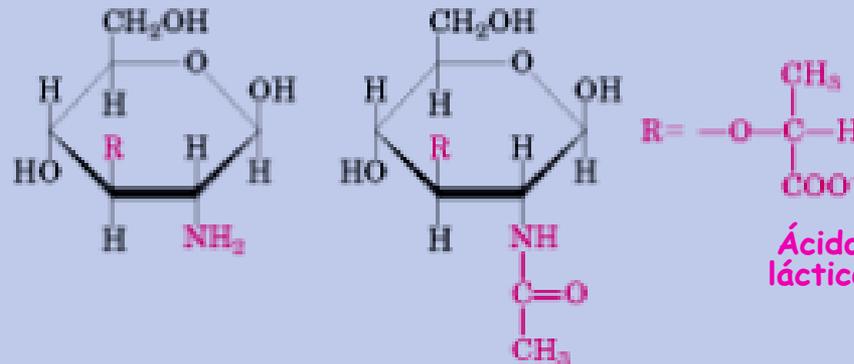
$\beta$ -D-Glucose



$\beta$ -D-Glucose 6-phosphate



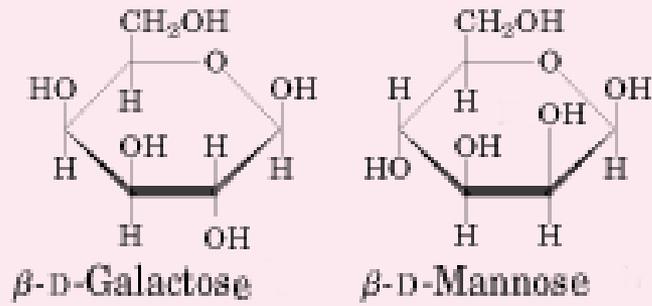
$\beta$ -D-Glucosamine    N-Acetyl- $\beta$ -D-glucosamine



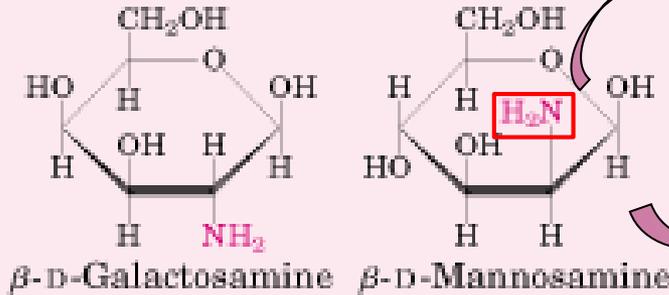
Muramic acid    N-Acetylmuramic acid

Polímeros estructurales de la pared bacteriana

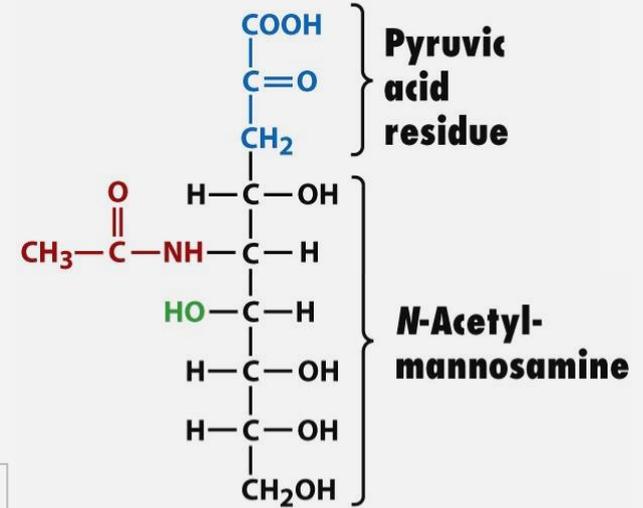
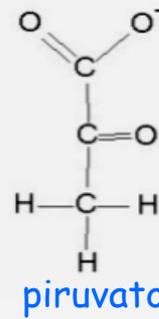
Ácido láctico



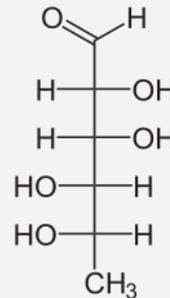
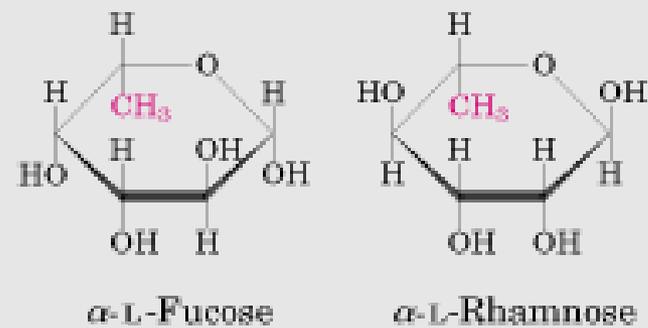
**Amino sugars**



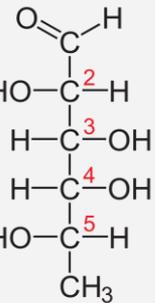
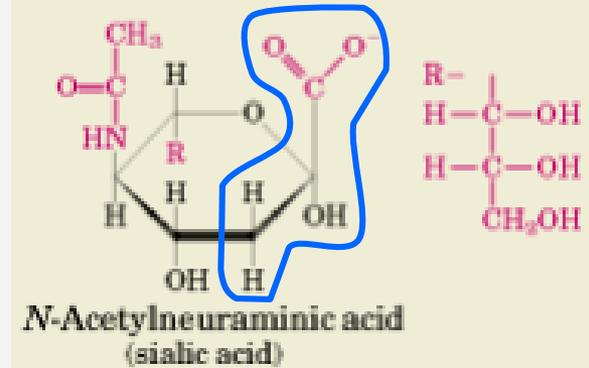
N-acetilmanosamina



**Deoxy sugars**



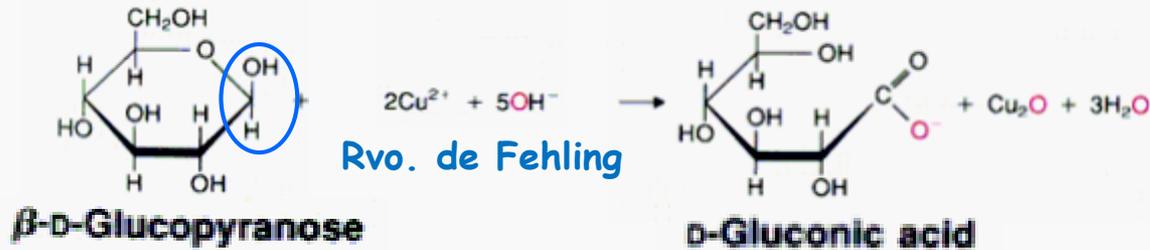
**Acidic sugars**



- Polisacáridos de plantas
- Oligosacáridos de glucoproteínas y glucolípidos

Glucolípidos y glucoproteínas de animales superiores

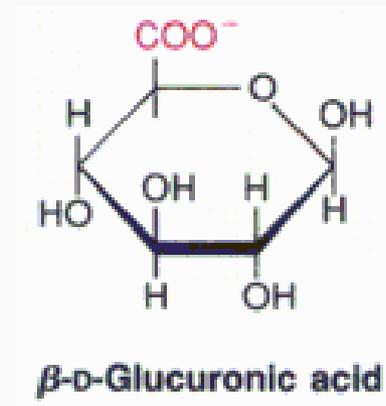
**C** carbonílico (aldehído) de **glucosa** × **oxidación** ⇒ ácido carboxílico  
 - ácido **glucónico**



Otras aldosas ⇒ otros **ácidos aldónicos**

**Oxidación del C-6** ⇒ **ácido urónico**:

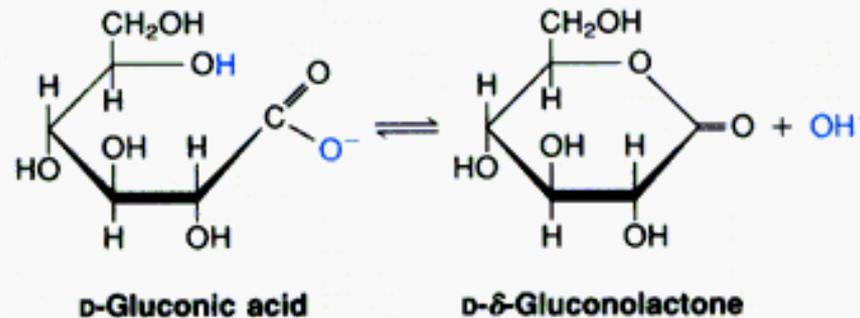
- glucosa → ácido glucurónico
- galactosa → ácido galacturónico
- manosa → ácido manurónico



Grupos carboxílicos se ionizan a pH 7  
 ⇒ llamados carboxilatos:

- glucuronato
- galacturonato

Ácidos aldónicos y urónicos forman **ésteres intramoleculares**: **lactonas**



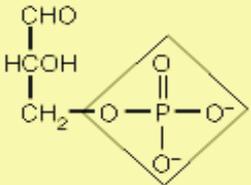
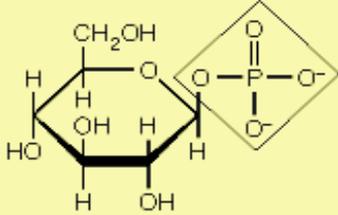
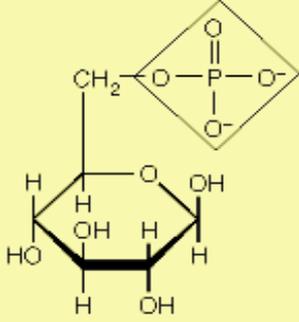
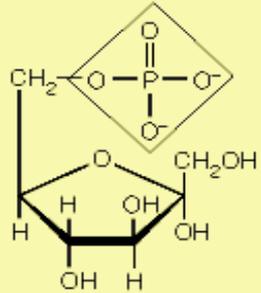
## Reacción de condensación de ácido fosfórico con OH $\Rightarrow$ éster fosfato

- estables a pH 7
- carga (-)  $\Rightarrow$  impermeables  $\Rightarrow$  uso de transportadores

## Fosforilación:

- obtención de intermediarios metabólicos
- activación de los azúcares

## Algunos ésteres fosfato de monosacáridos importantes desde el punto de vista bioquímico

Name	Structure	$\Delta G^{o'}$ (kJ/mol)	pK <sub>a1</sub>	pK <sub>a2</sub>
D-Glyceraldehyde-3-phosphate		~-12	2.10	6.75
$\beta$ -D-Glucose-1-phosphate		-20.9	1.10	6.13
$\beta$ -D-Glucose-6-phosphate		-13.8	0.94	6.11
$\alpha$ -D-Fructose-6-phosphate		-13.8	0.97	6.11

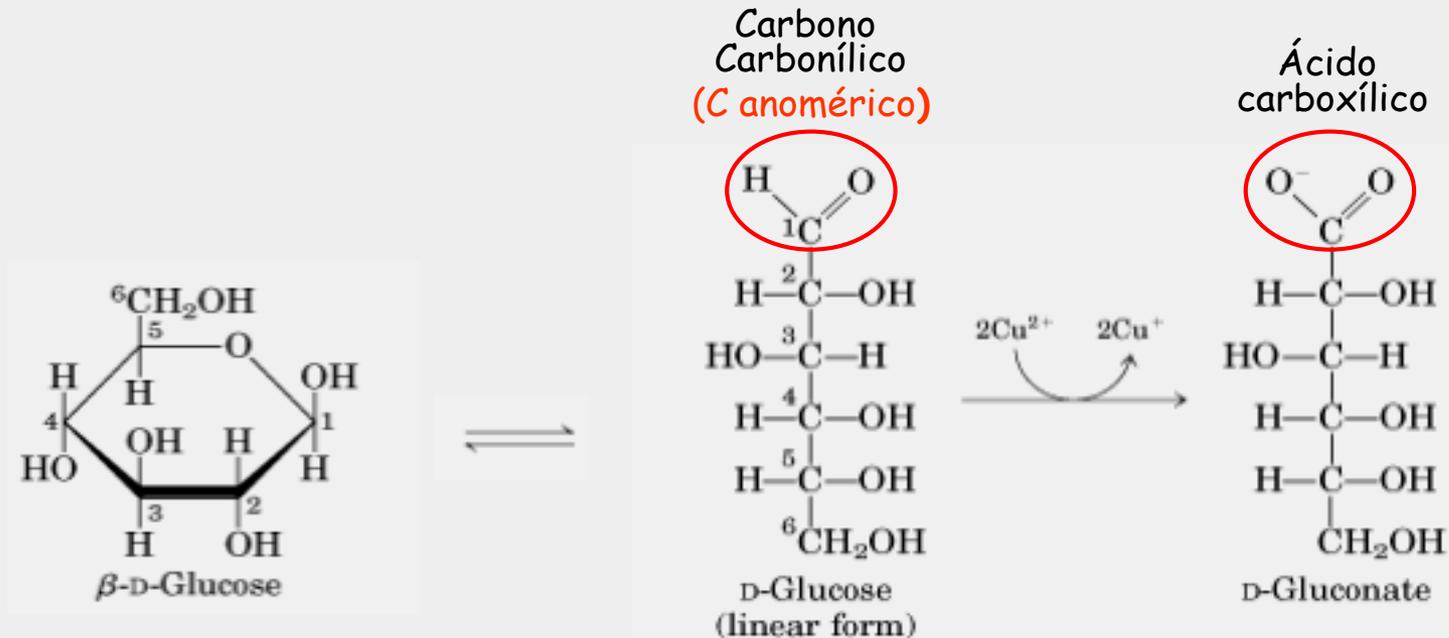
\*Free energy of hydrolysis at pH 7.0 and 37°C.

## Monosacáridos simples: agentes reductores

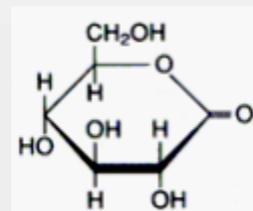
- Oxidados por agentes oxidantes suaves:  $Fe^{3+}$  y  $Cu^{2+}$

- **Reacción de Fehling**: formación de pp  $Cu_2O$  rojizo

Determinación de la concentración de glucosa en sangre y orina



- Método más sensible: **glucosa oxidasa**



Ortolidina (reducida)

**peroxidasa**

Ortolidina (oxidada)

# Enlace O-glucosídico

- Rn de condensación  $\Rightarrow$  enlace glucosídico (resistentes a hidrólisis básica)

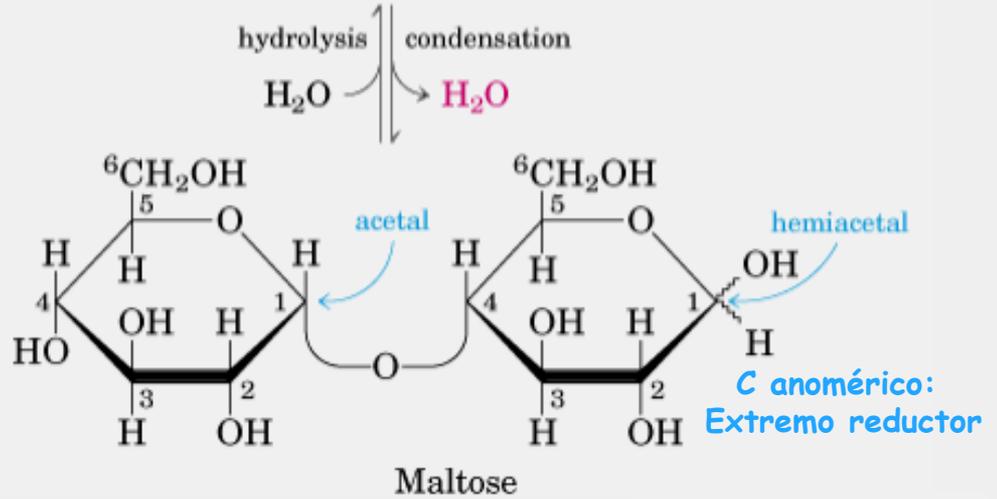
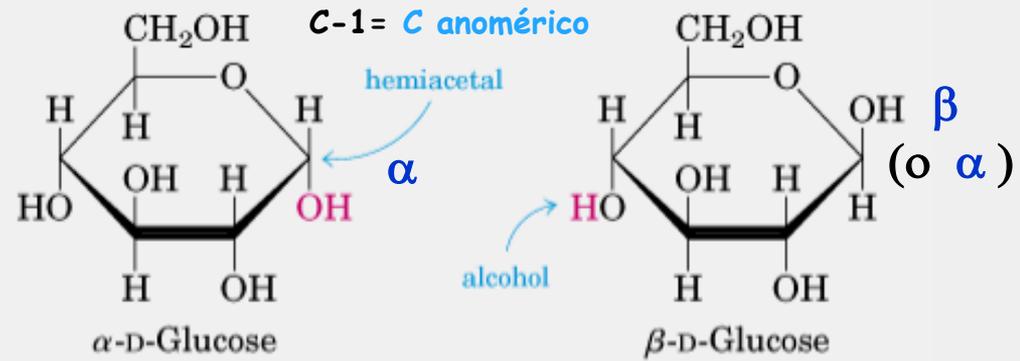
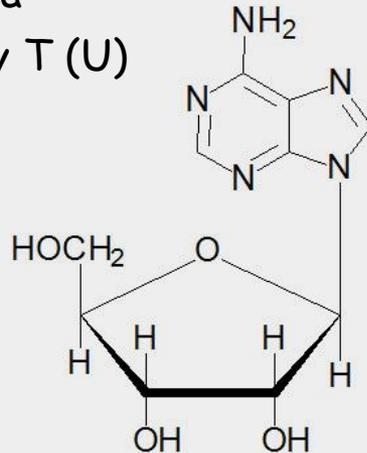
- O  $\equiv$  el enlace se produce a través de O

- Rn de hidrólisis: soluciones ácidas diluidas + ebullición.

Disacárido  $\rightarrow$  Monosacáridos

- Enlace N-glucosídico: C anomérico del azúcar con N de amina

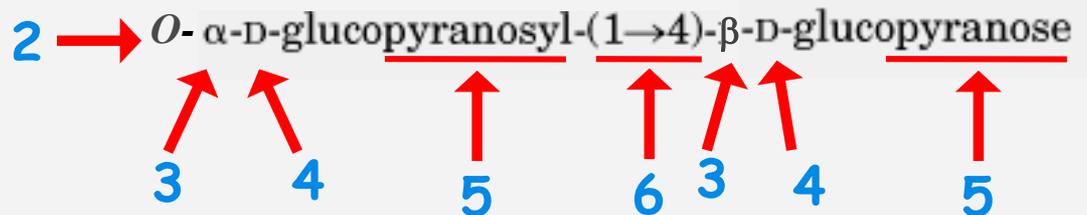
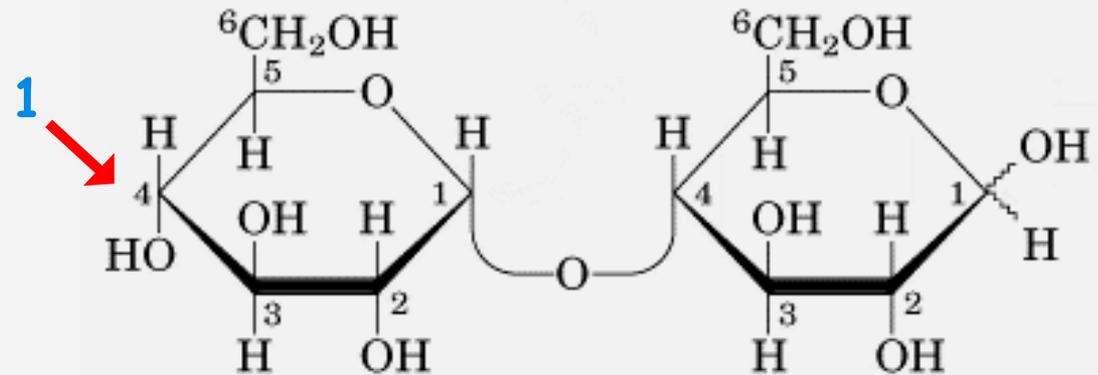
Nucleótidos: A, G, C y T (U)



O- $\alpha$ -D-glucopyranosyl-(1 $\rightarrow$ 4)- $\beta$ -D-glucopyranose

## Nomenclatura:

- 1- extremo **NO reductor** a la izquierda
- 2- letra **O** precede al nombre del **primer monosacárido** (izquierda): especifica enlace azúcar-azúcar a través de oxígeno
- 3-  $\alpha$  o  $\beta$  configuración del **C anomérico** que une el **primer monosacárido** (izquierda) con el segundo.
- 4- **D** o **L**: forma **enantiomérica**
- 5- anillo de 5 o 6 átomos: **furanosil** (*f*) o **piranosil** (*p*): en **cada monosacárido**
- 6- **entre paréntesis**: numeración de átomos de **C unidos** por el enlace conectados por una **flecha**: (1  $\rightarrow$  4)  $\equiv$  C-1 del 1<sup>er</sup> monosacárido unido al C-4 del 2<sup>o</sup> monosacárido. Similar si existe un 3<sup>er</sup> monosacárido.

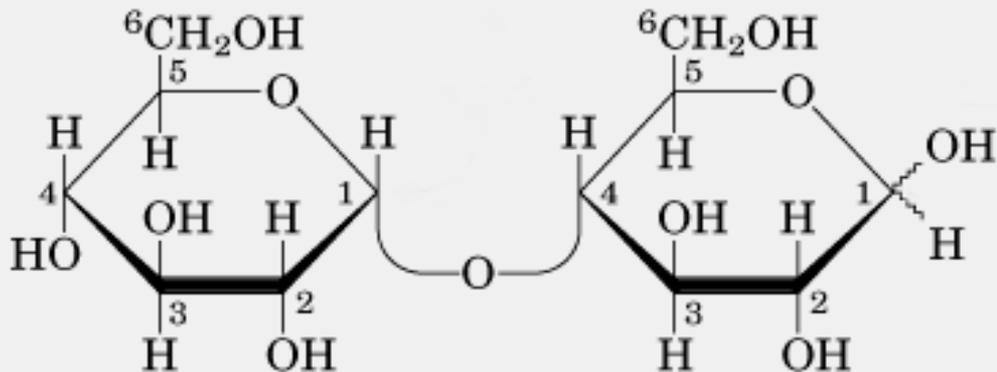


## Nomenclatura:

Para simplificar se usan **abreviaciones de 3 letras** de los monosacáridos:

### Abbreviations for Common Monosaccharides and Some of Their Derivatives

Abequose	Abe	Glucuronic acid	GlcA
Arabinose	Ara	Galactosamine	GalN
Fructose	Fru	Glucosamine	GlcN
Fucose	Fuc	<i>N</i> -Acetylgalactosamine	GalNAc
Galactose	Gal	<i>N</i> -Acetylglucosamine	GlcNAc
Glucose	Glc	Muramic acid	Mur
Mannose	Man	<i>N</i> -Acetylmuramic acid	Mur2Ac
Rhamnose	Rha	<i>N</i> -Acetylneuraminic acid (sialic acid)	Neu5Ac
Xylose	Xyl		



Maltose

*O*- $\alpha$ -D-glucopyranosyl-(1 $\rightarrow$ 4)- $\beta$ -D-glucopyranose

$\alpha$ -D-Glcp (1 $\rightarrow$ 4)- $\beta$ -D-Glcp

Considerando que:

- la mayoría de los azúcares son **enantiómeros** de la serie **D**
- la **forma** predominante entre las hexosas es la **piranosa**

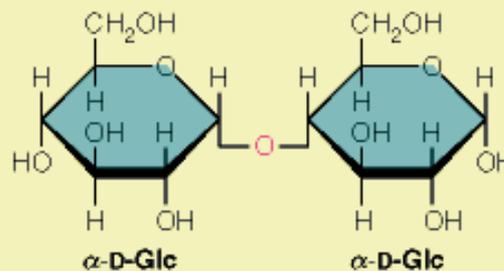
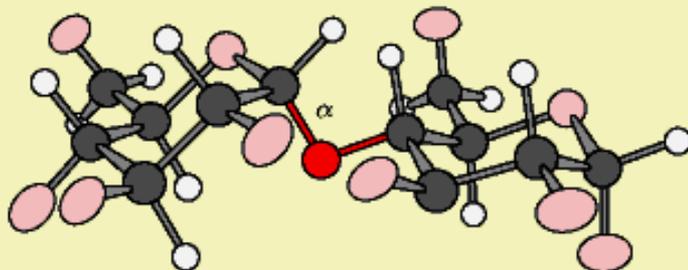
nombre reducido:

- configuración del **C** anomérico
- dos átomos de **C** unidos por el enlace glucosídico

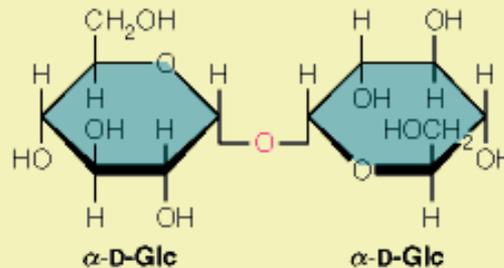
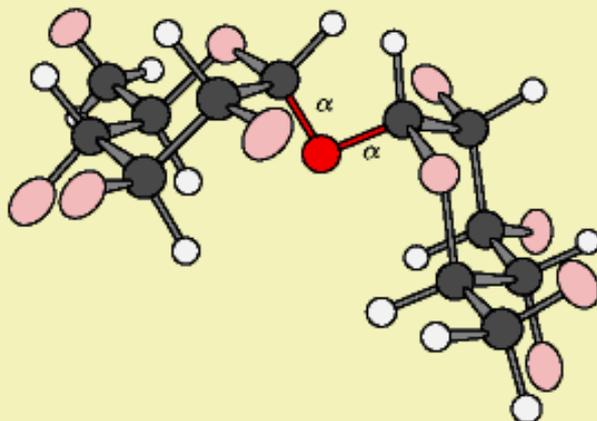
Maltosa: **Glc**( $\alpha$ 1  $\rightarrow$  4)**Glc**

(a) DISACCHARIDES with  $\alpha$  connections

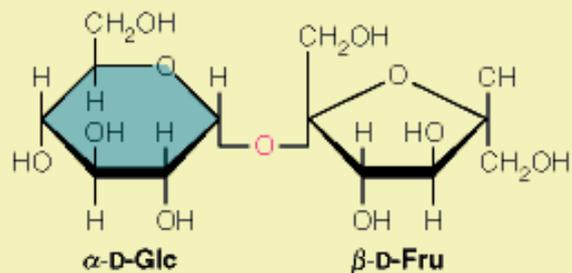
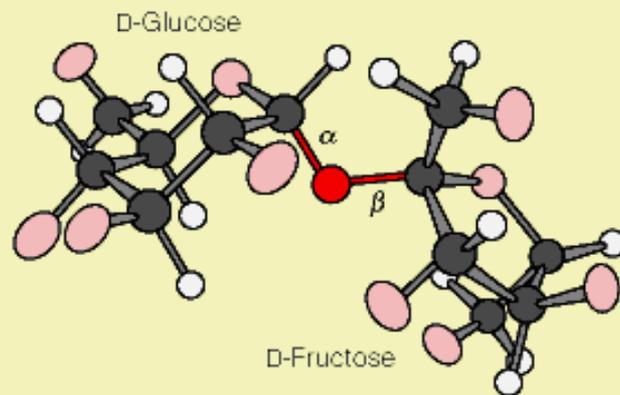
Maltose:  
 $\alpha$ -D-glucopyranosyl  
(1 $\rightarrow$ 4)  $\alpha$ -D-glucopyranose



$\alpha,\alpha$ -Trehalose:  
 $\alpha$ -D-glucopyranosyl  
(1 $\rightarrow$ 1)  $\alpha$ -D-glucopyranose

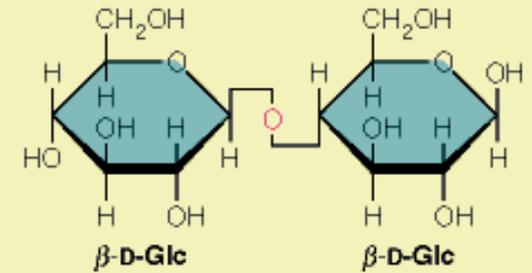
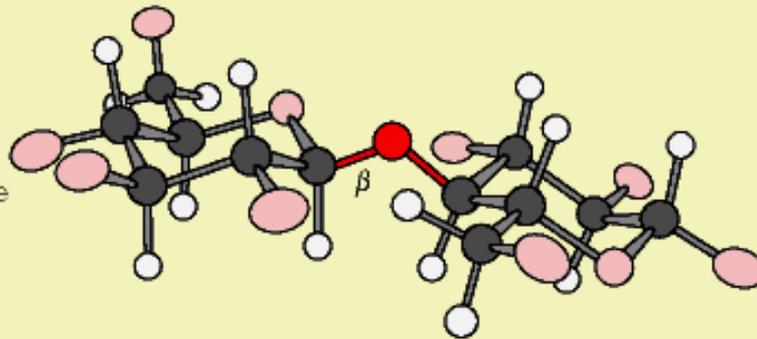


Sucrose:  
 $\alpha$ -D-glucopyranosyl  
(1 $\rightarrow$ 2)  $\beta$ -D-fructofuranoside

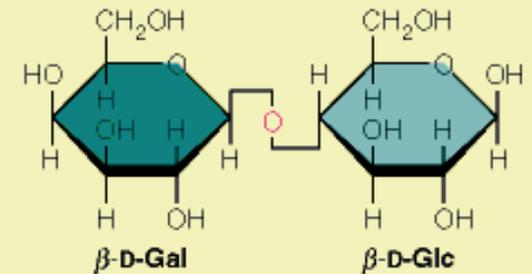
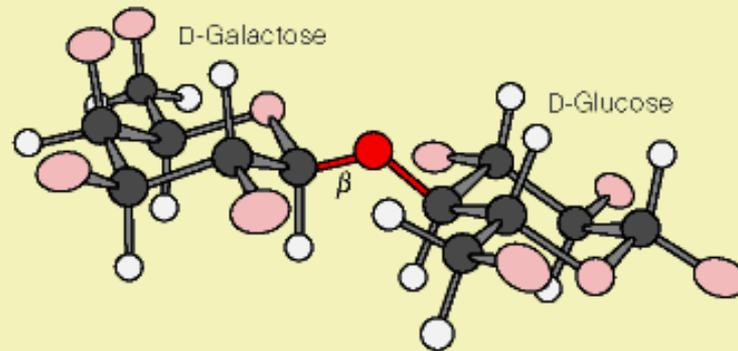


(b) DISACCHARIDES with  $\beta$  connections

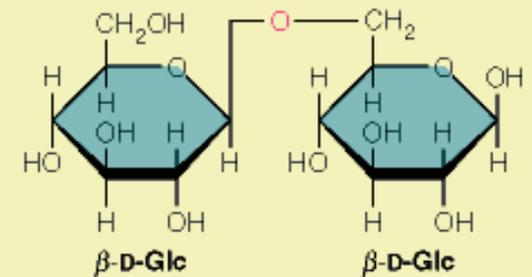
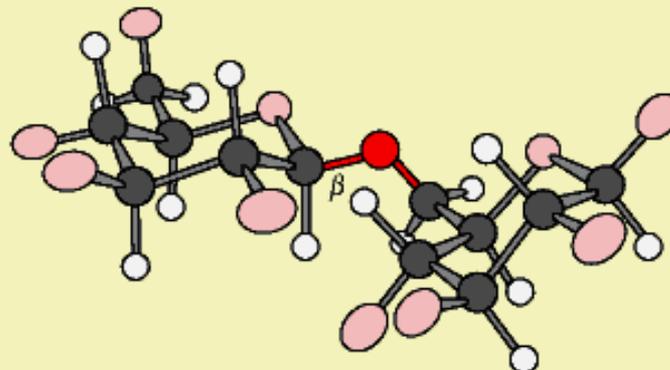
Cellobiose:  
 $\beta$ -D-glucopyranosyl  
(1 $\rightarrow$ 4)  $\beta$ -D-glucopyranose



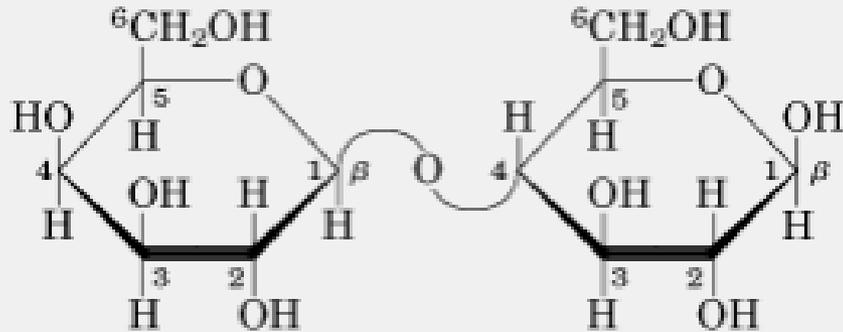
Lactose:  
 $\beta$ -D-galactopyranosyl  
(1 $\rightarrow$ 4)  $\beta$ -D-glucopyranose



Gentiobiose:  
 $\beta$ -D-glucopyranosyl  
(1 $\rightarrow$ 6)  $\beta$ -D-glucopyranose



Posee C anomérico libre  $\Rightarrow$  reductor

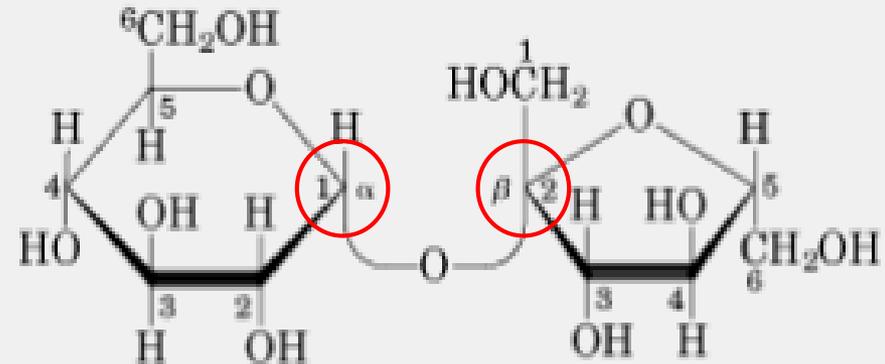


Lactose ( $\beta$  form)

*O*- $\beta$ -D-galactopyranosyl-(1 $\rightarrow$ 4)- $\beta$ -D-glucopyranose  
Gal( $\beta$ 1 $\rightarrow$ 4)Glc

Leche

No posee C anomérico libre  $\Rightarrow$  No reductor



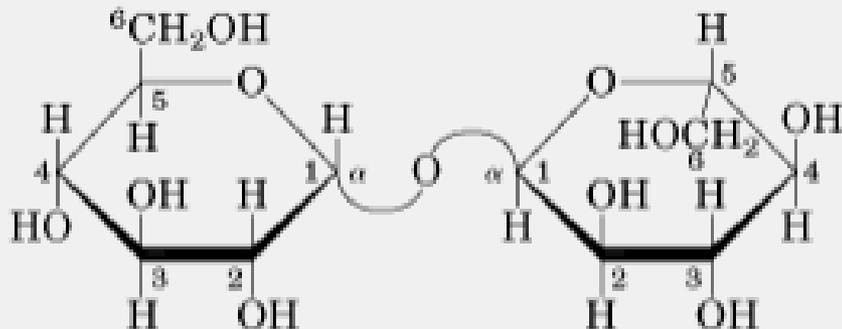
Sucrose

*O*- $\beta$ -D-fructofuranosyl  $\alpha$ -D-glucopyranoside  
Fru( $\beta$ 2 $\leftrightarrow$ 1 $\alpha$ )Glc

$\alpha$ -D-glucopiranosil (1 $\rightarrow$ 2) $\beta$ -D-fructofuranosa  
Glc( $\alpha$ 1 $\rightarrow$ 2 $\beta$ )Fru

- azúcar de mesa,
- sintetizada en plantas
- intermediario en la fotosíntesis

No posee C anomérico libre  $\Rightarrow$  No reductor



Trehalose

*O*- $\alpha$ -D-glucopyranosyl  $\alpha$ -D-glucopyranoside  
Glc( $\alpha$ 1 $\leftrightarrow$ 1 $\alpha$ )Glc

- constituyente de la hemolinfa de los insectos
- reserva energética

## Presencia y funciones bioquímicas de algunos disacáridos representativos

Disaccharide	Structure	Natural Occurrence	Physiological Role
Sucrose	$\text{Glc}\alpha(1\rightarrow2)\text{Fru}\beta$	Many fruits, seeds, roots, honey	A final product of photosynthesis; used as primary energy source in many organisms
Lactose	$\text{Gal}\beta(1\rightarrow4)\text{Glc}$	Milk, some plant sources	A major animal energy source
$\alpha,\alpha$ -Trehalose	$\text{Glc}\alpha(1\rightarrow1)\text{Glc}\alpha$	Yeast, other fungi, insect blood	A major circulatory sugar in insects; used for energy
Maltose	$\text{Glc}\alpha(1\rightarrow4)\text{Glc}$	Plants (starch) and animals (glycogen)	The dimer derived from the starch and glycogen polymers
Cellobiose	$\text{Glc}\beta(1\rightarrow4)\text{Glc}$	Plants (cellulose)	The dimer of the cellulose polymer
Gentiobiose	$\text{Glc}\beta(1\rightarrow6)\text{Glc}$	Some plants (e.g., gentians)	Constituent of plant glycosides and some polysaccharides