

**BT35A**

**Metabolismo de  
hidratos de carbono**

Prof. Oriana Salazar

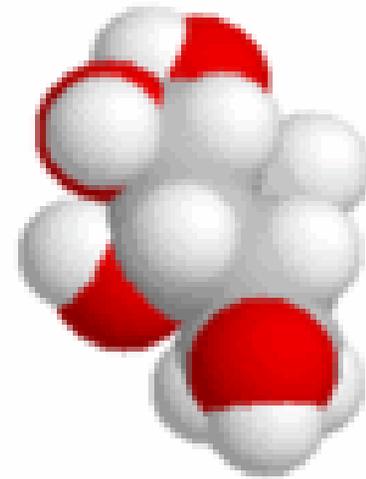
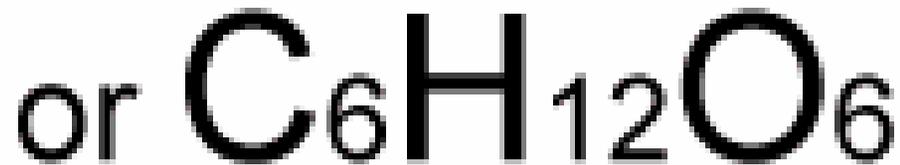
Septiembre 2004

# Carbohidratos

- Son las moléculas más abundantes en la naturaleza.
- Por fotosíntesis, cada año 100 millones de toneladas métricas de CO<sub>2</sub> y H<sub>2</sub>O son convertidas en celulosa y otros productos vegetales.
- Ciertos carbohidratos (azúcar y almidón) son fundamentales en la dieta humana.
- La oxidación de carbohidratos es el paso central productor de energía en la mayor parte de las células no-fotosintéticas.
- Polímeros insolubles de H. de C. Sirven como elementos protectores y estructurales en bacterias, plantas, y en tejido conectivo de superficies celulares de los animales.
- Otros H de C. lubrican uniones del citoesqueleto.

Carbohidratos son compuestos orgánicos consistentes de carbono, hidrogeno y oxígeno.

Carbohydrate = Carbon + Water



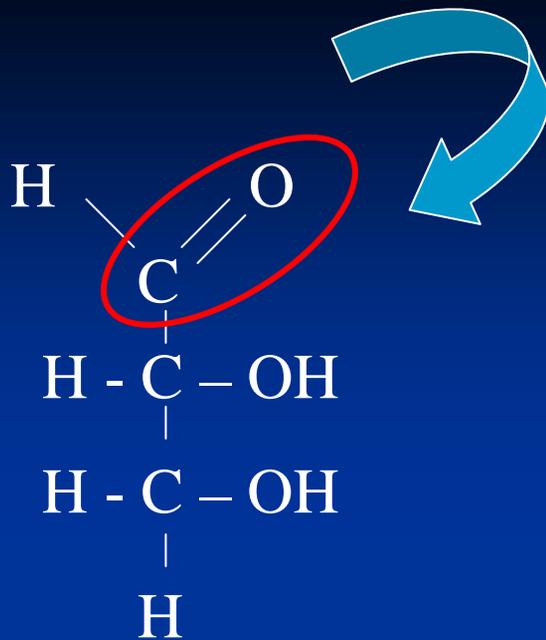
Son polihidroxi aldehídos y polihidroxi cetonas y sus derivados

# Clases de carbohidratos

- Monosacáridos: Ej glucosa
- Oligosacáridos: Disacáridos (Sacarosa), Trisacáridos, etc
- Polisacáridos: Almidón, celulosa, etc.

# Monosacáridos

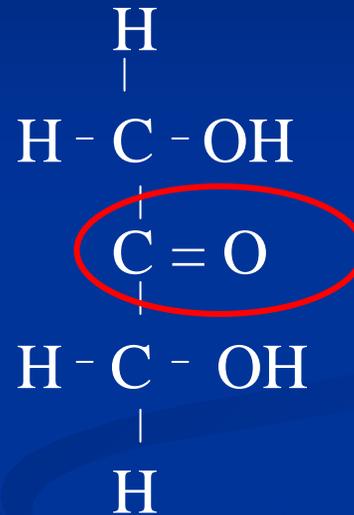
- Son los carbohidratos mas simples. Uno de los átomos de carbono está unido a un oxígeno por un doble enlace, formando un grupo carbonílico (C=O). El resto de los carbonos está unido a un grupo hidroxilo (C-OH).
- Pueden ser aldehídos o cetonas, dependiendo de la posición del grupo carbonílico.
- Nomenclatura: nombre de los carbohidratos terminados en “osa”.
  - Si son aldehídos, **ALDOSAS**
  - Si son cetonas, **CETOSAS**



Gliceraldehido

una aldosa

**Grupo carbonílico**



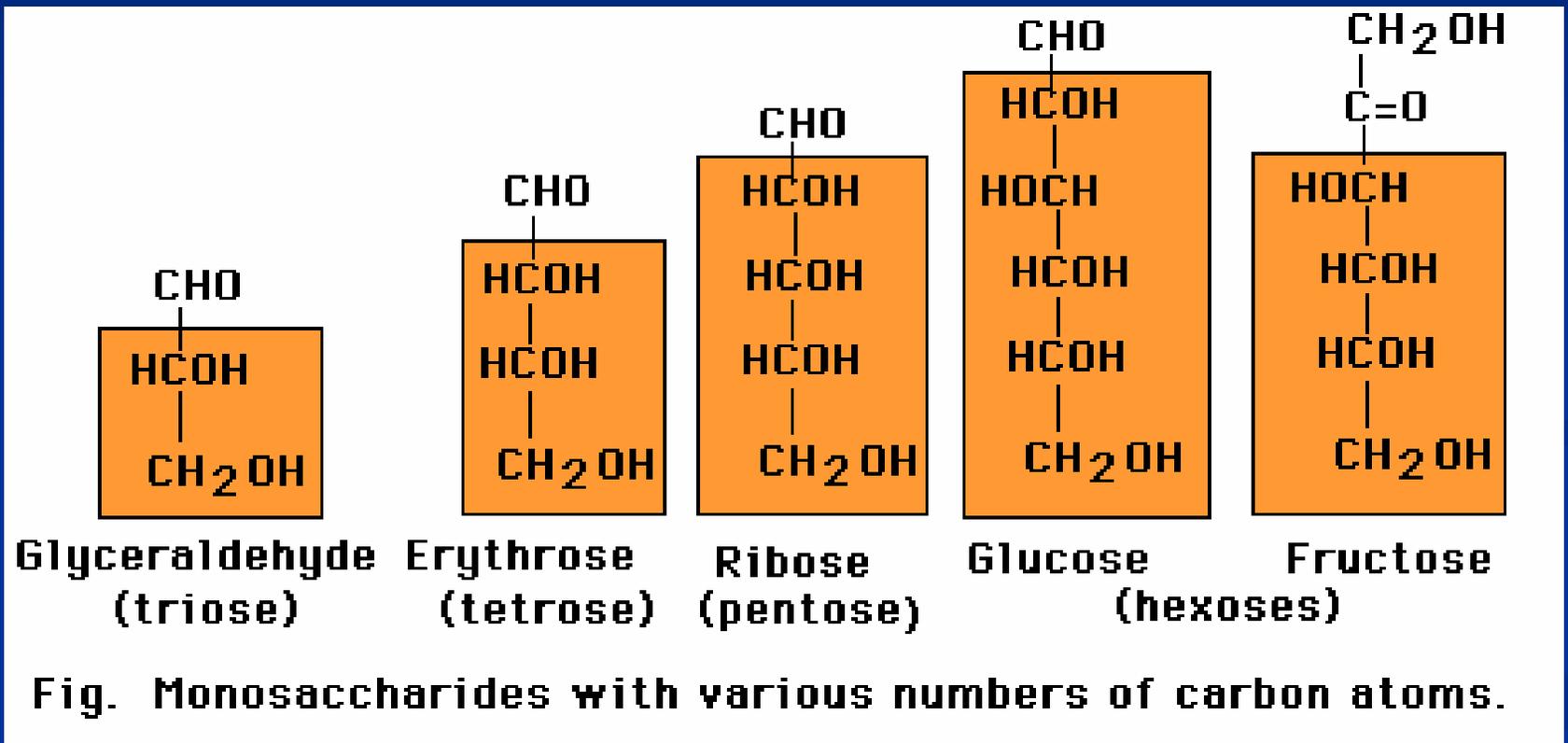
Dihidroxiacetona

una cetosa

# Monosacáridos

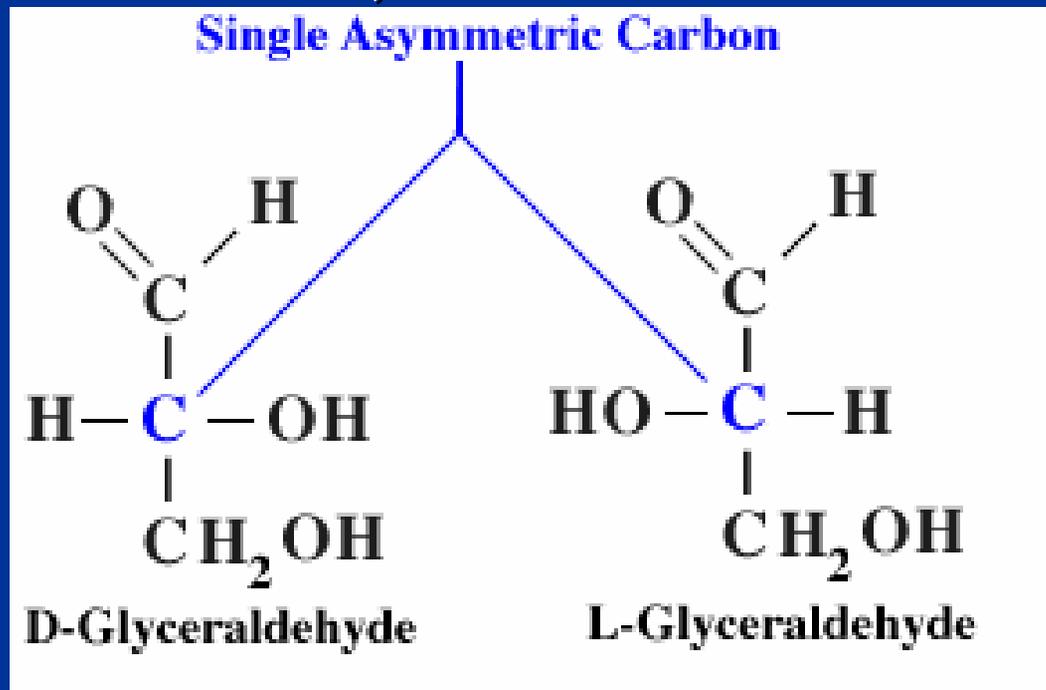
- Dependiendo del número de carbonos pueden ser triosas, tetrosas, pentosas, hexosas, o heptosas.
- ALDOTETROSAS \_\_\_ CETOTETROSAS
- ALDOPENTOSAS \_\_\_ CETOPENTOSAS
- ALDOHEXOSAS \_\_\_ CETOHEXOSAS

# Monosacáridos



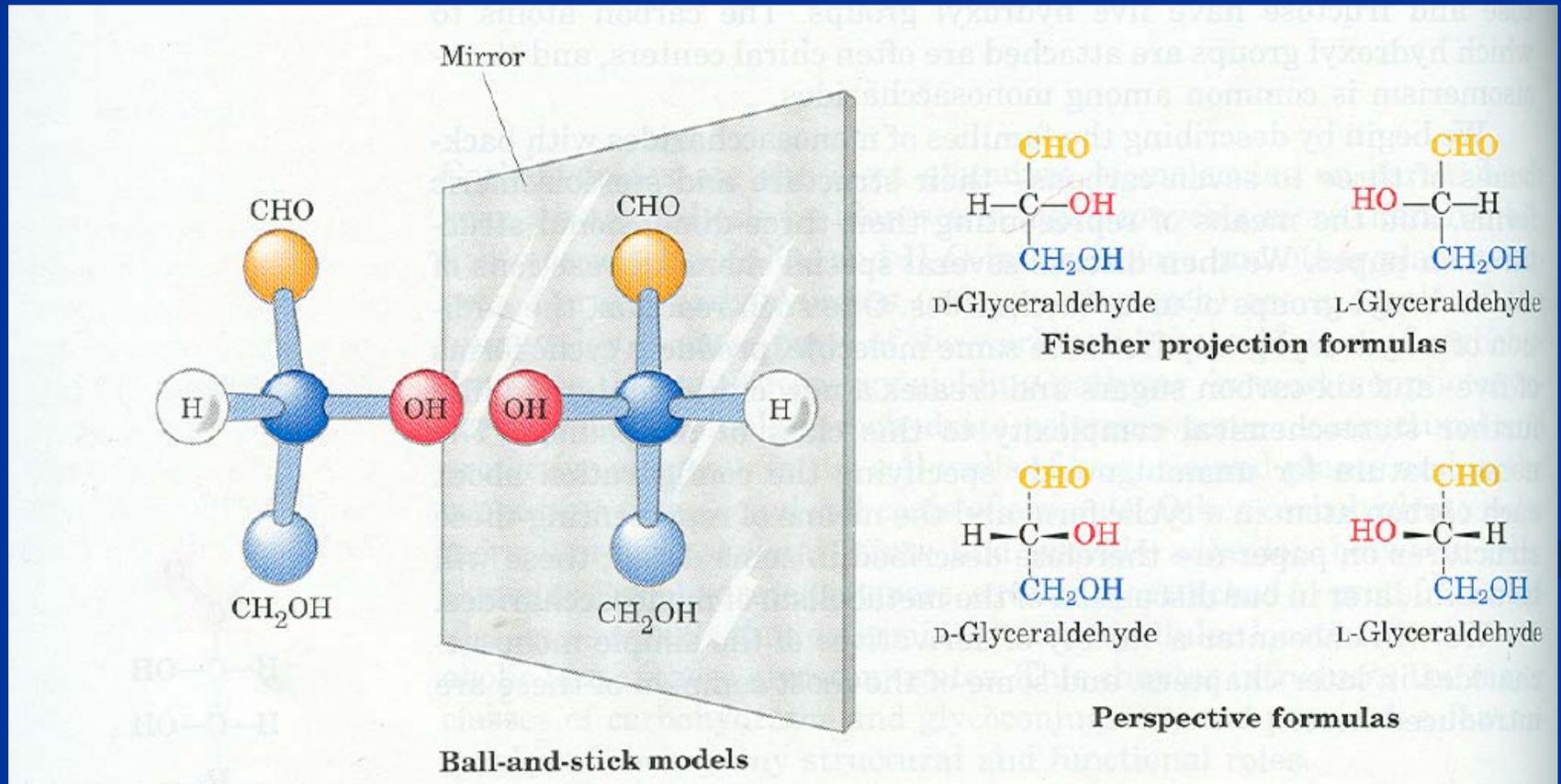
# Monosacáridos tienen centros asimétricos o quirales

- Recordar que los cuatro grupos ligados a un átomo simple de carbono se ubican en los vértices del tetraedro. Si los cuatro grupos son diferentes entre sí, el carbono central se llama **asimétrico o quiral** (del griego *keirós* = mano).



# Monosacáridos tienen centros asimétricos o quirales

- Estas dos moléculas son enantiómeros si no se superponen una con otra, sin importar cuanto se roten en el espacio.
- Isómeros ópticos: en general, una molécula con N centros quirales tiene  $2^N$  estereoisómeros

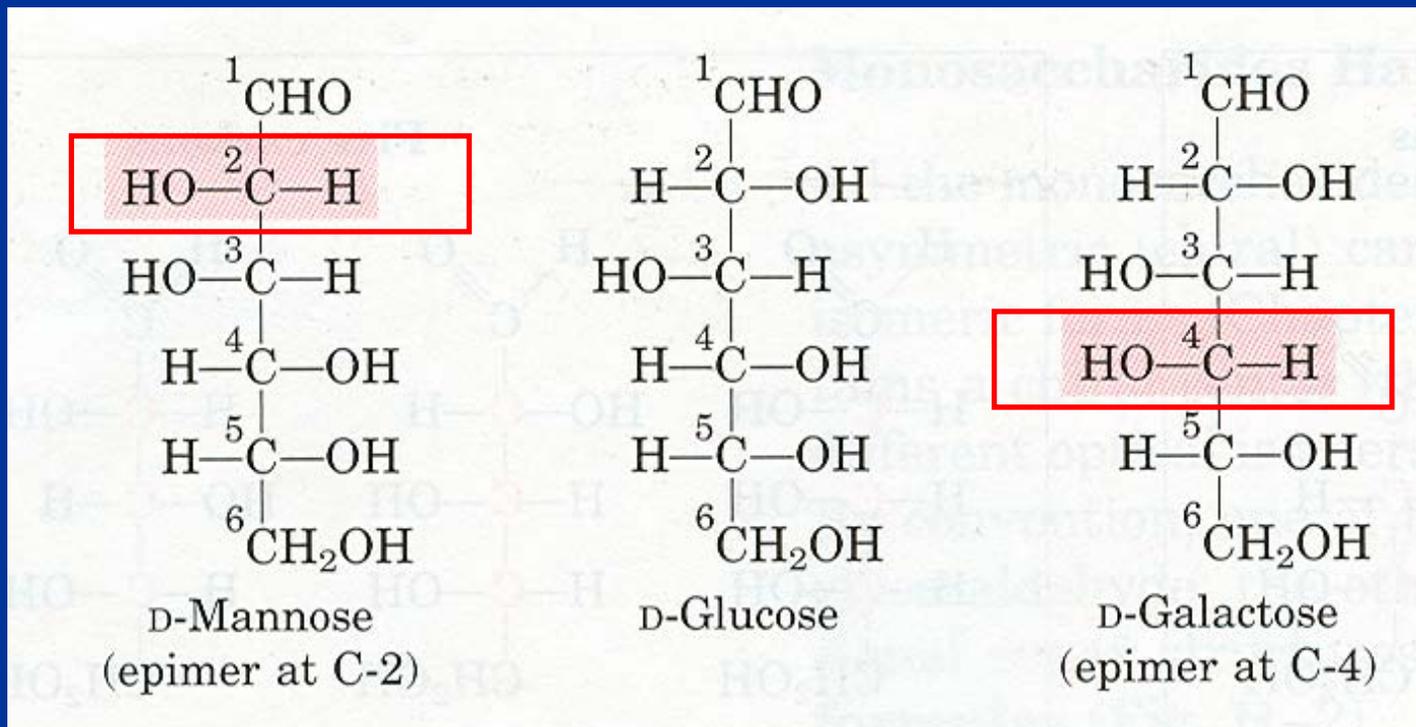


# “D” o “L” ?

- Por convención, al isómero de gliceraldehido que tiene el grupo OH del carbono asimétrico al lado derecho se llama isómero “D” y al lado izquierdo, “L”.
- El resto se nombra usando gliceraldehido como referencia, siguiendo la configuración del grupo OH que está en el **carbono asimétrico o quiral mas alejado del carbono carbonílico**.
- La mayor parte de las hexosas encontradas en los organismos vivientes son isómeros “D”.

# Epímeros

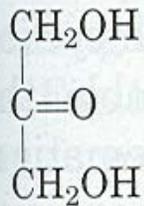
- Son epímeros los azúcares que difieren en la configuración de un solo carbono.





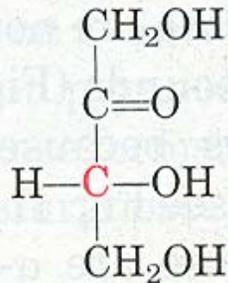
# Cetosas

## Three carbons



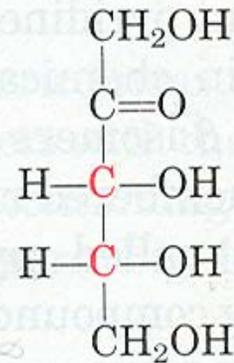
Dihydroxyacetone

## Four carbons

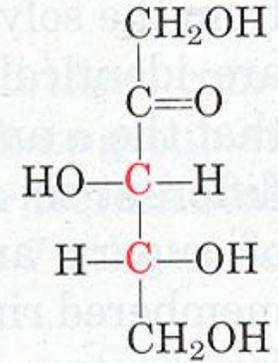


D-Erythrulose

## Five carbons

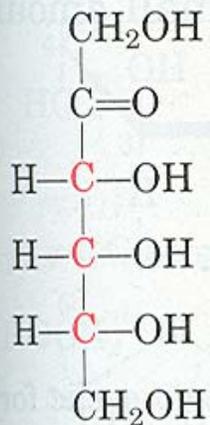


D-Ribulose

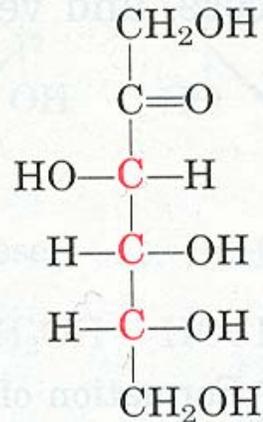


D-Xylulose

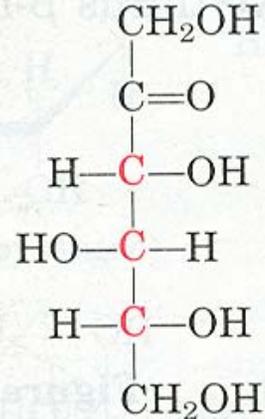
## Six carbons



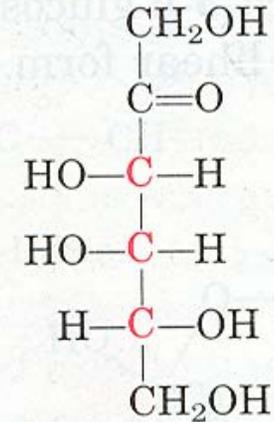
D-Psicose



D-Fructose



D-Sorbose

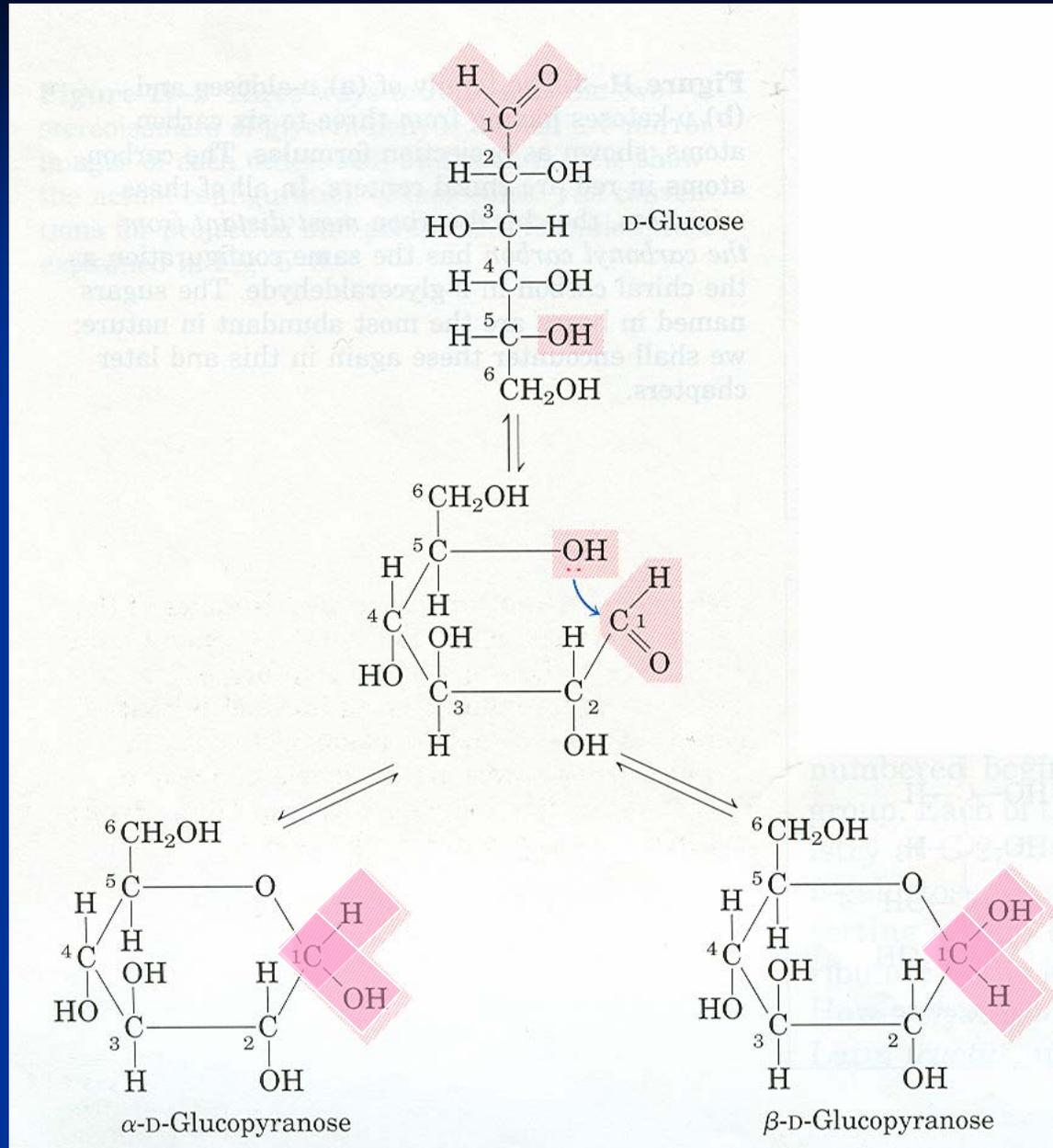


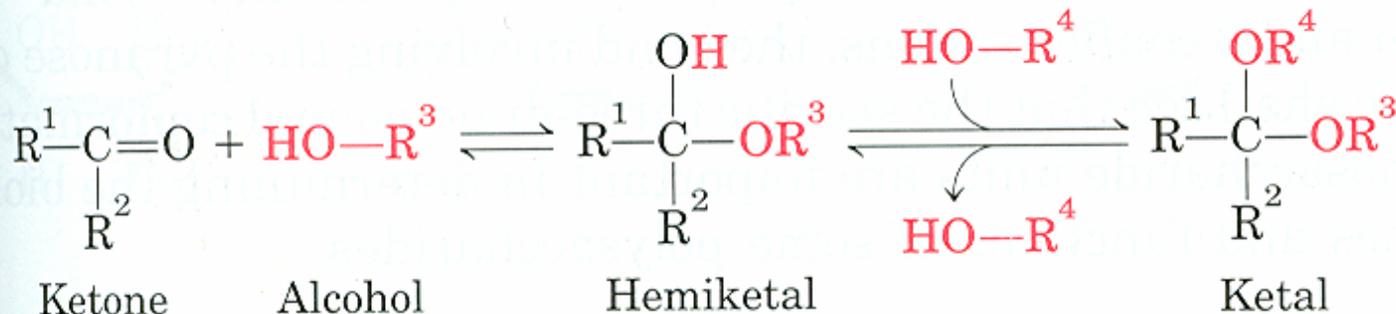
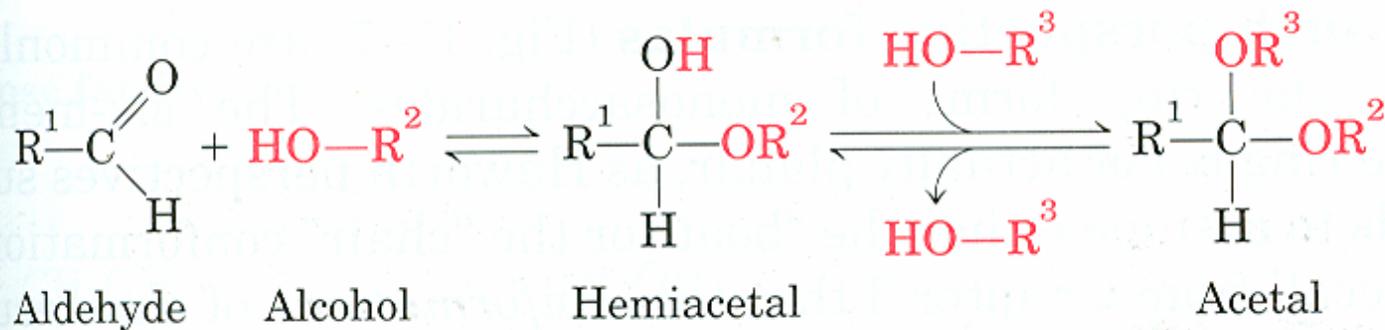
D-Tagatose

➤ **Monosacáridos de 5 o 6 carbonos se encuentran en forma cíclica, generando dos nuevos isómeros ópticos,  $\alpha$  y  $\beta$ .**

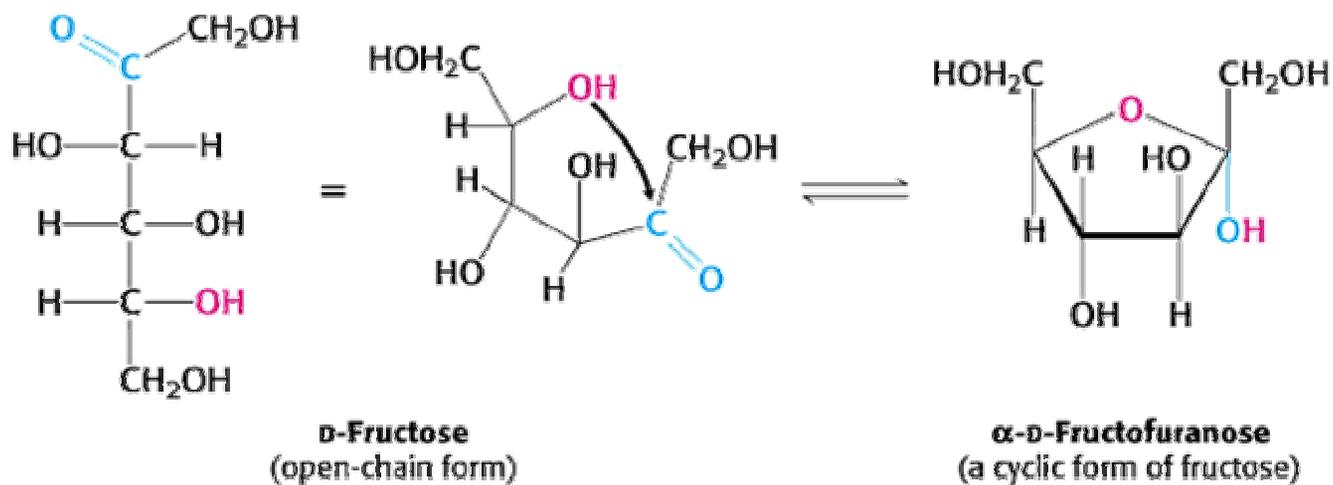
➤ **Anómeros:** isómeros que difieren sólo en la configuración del carbono carbonílico (1)

➤ **Mutarrotación:** proceso mediante el cual dos esteroisómeros se interconvierten en solución acuosa



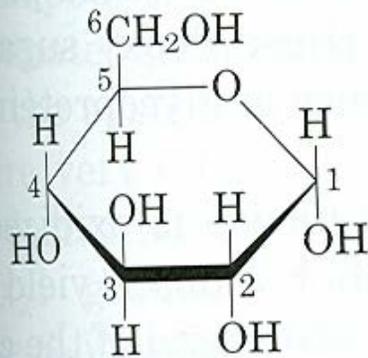


**Un aldehído o cetona puede reaccionar con un alcohol generando un nuevo carbono asimétrico**

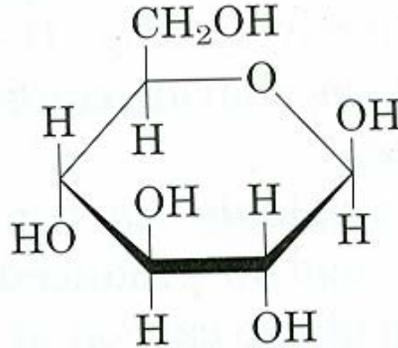


ciclación

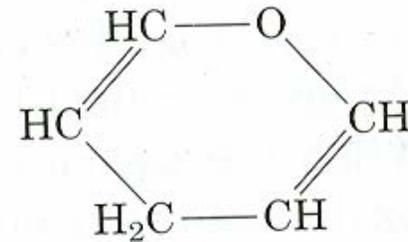
**Aldosas**  $\rightarrow$  **Estructuras tipo Pirano**  $\rightarrow$  **Piranosas**  
**Cetosas**  $\rightarrow$  **Estructuras tipo Furano**  $\rightarrow$  **Furanosas**



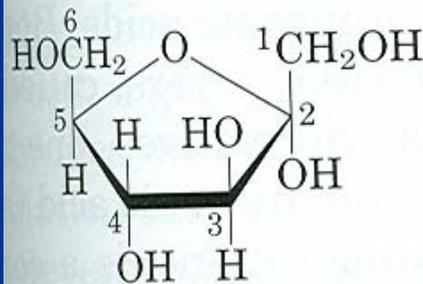
$\alpha$ -D-Glucopyranose



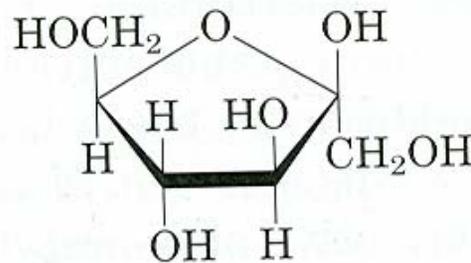
$\beta$ -D-Glucopyranose



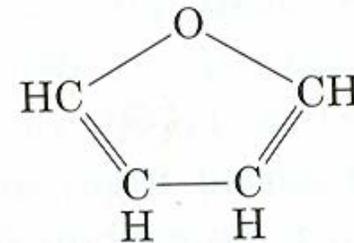
Pyran



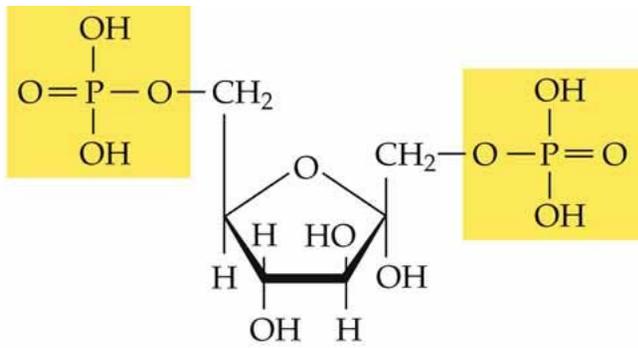
$\alpha$ -D-Fructofuranose



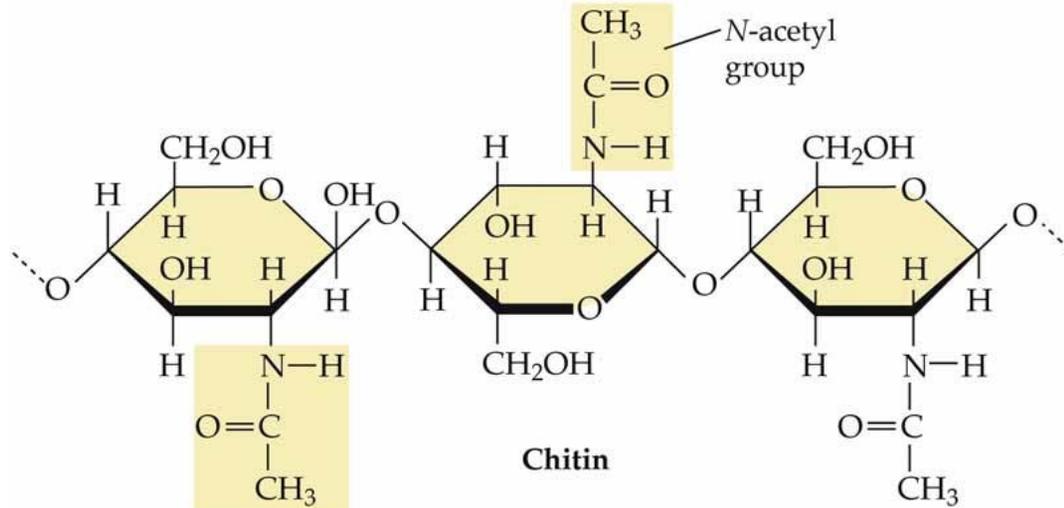
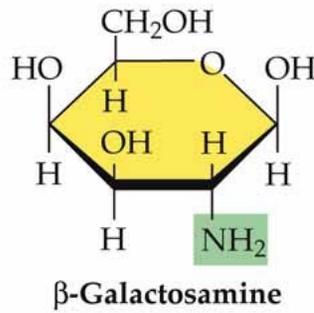
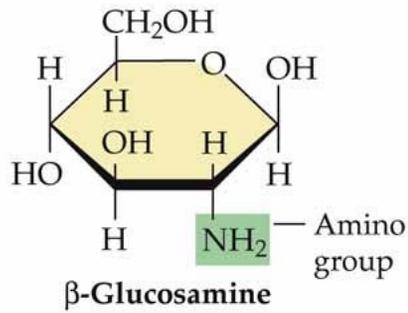
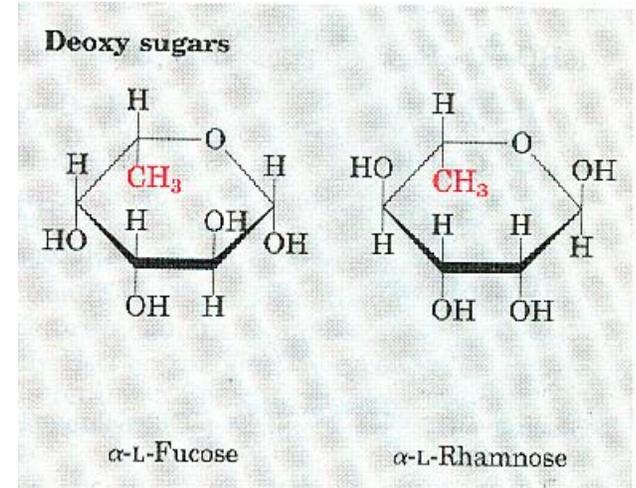
$\beta$ -D-Fructofuranose



Furan



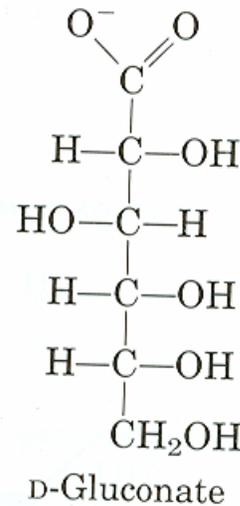
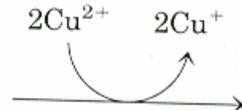
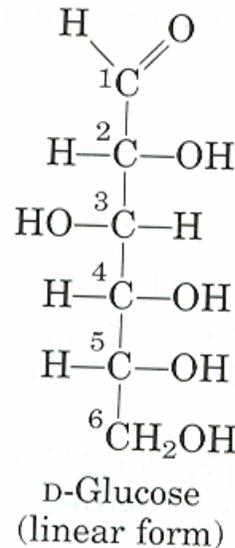
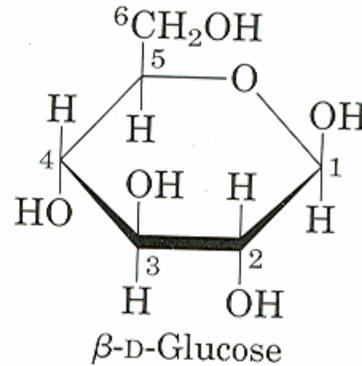
Fructose 1,6-bisphosphate



### 3.13 Derivative Carbohydrates

Monosacáridos simples son agentes reductores. El carbono carbonílico se oxida a ácido carboxílico.

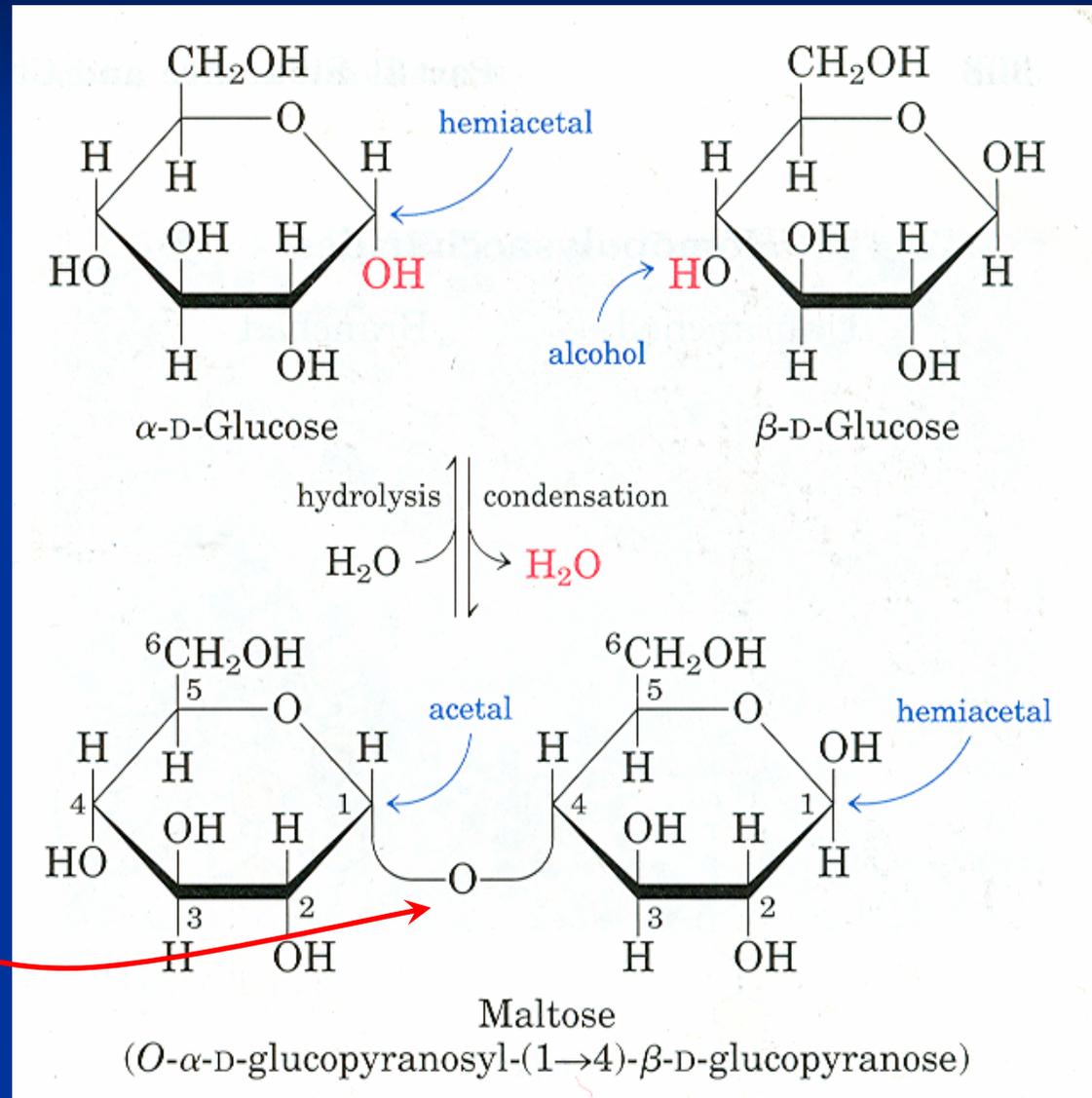
Oxidación de carbono anomérico de la glucosa (y otros azúcares) es la base de la reacción de Fehling



(a)

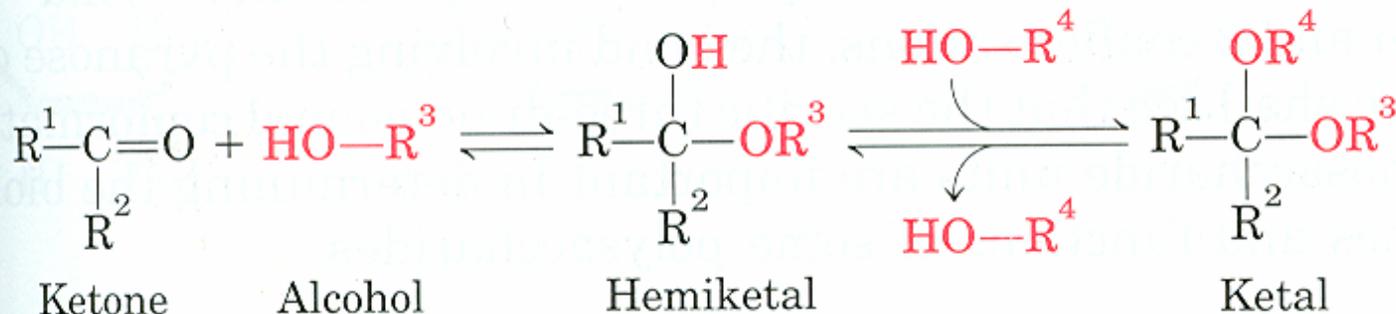
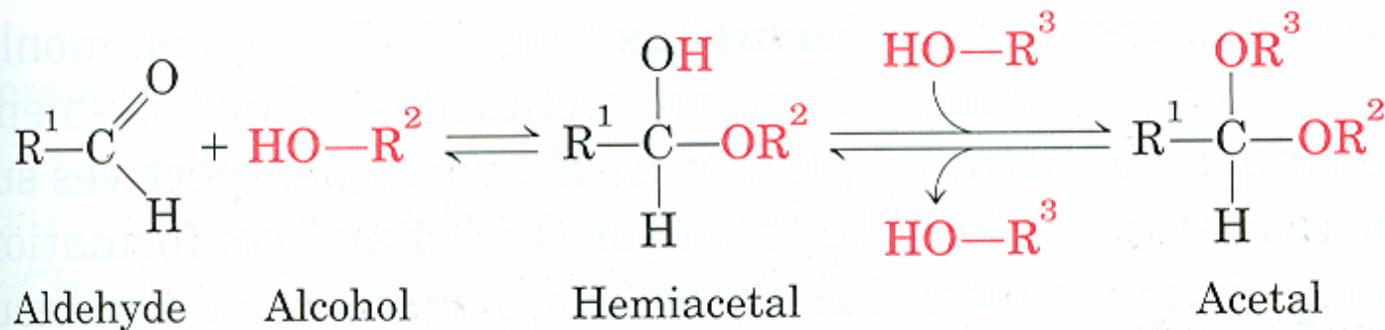


# Formación de un **enlace glicosídico**

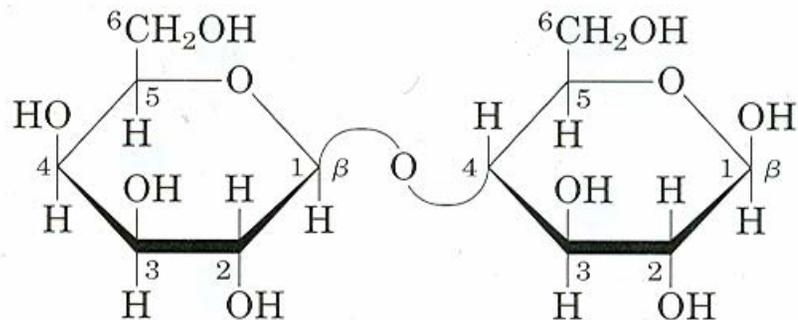


**Enlace O- glicosídico**

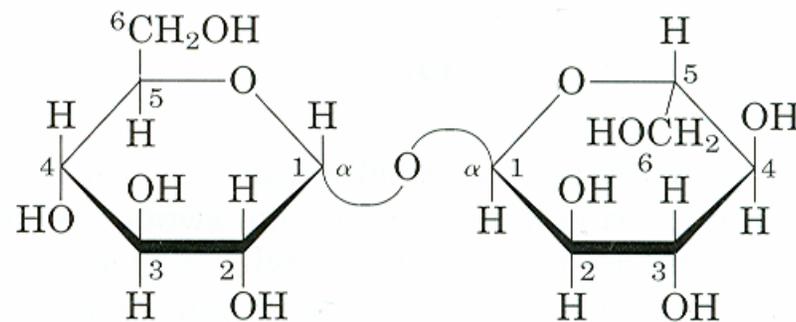




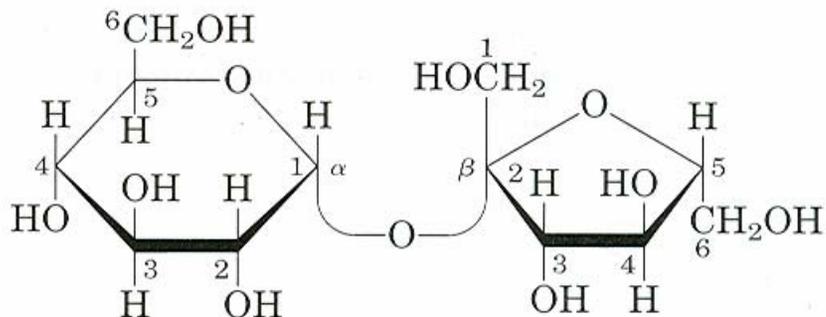
**Un aldehído o cetona puede reaccionar con un alcohol generando un nuevo carbono asimétrico**



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

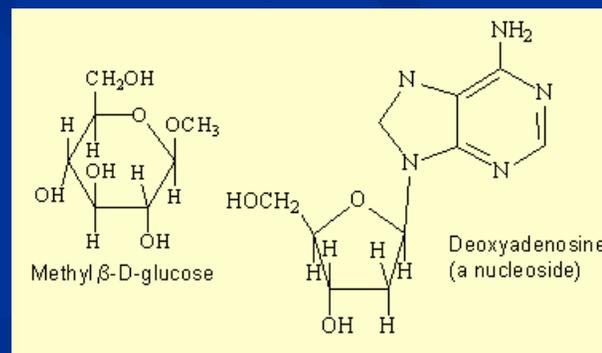


Trehalose  
 (*O*- $\alpha$ -D-glucopyranosyl-(1 $\rightarrow$ 1)- $\alpha$ -D-glucopyranose)  
 (Glc( $\alpha$ 1 $\rightarrow$  $\alpha$ 1)Glc)



Sucrose  
 (*O*- $\alpha$ -D-glucopyranosyl-(1 $\rightarrow$ 2)- $\beta$ -D-fructofuranoside)  
 (Glc( $\alpha$ 1 $\rightarrow$ 2)Fru)

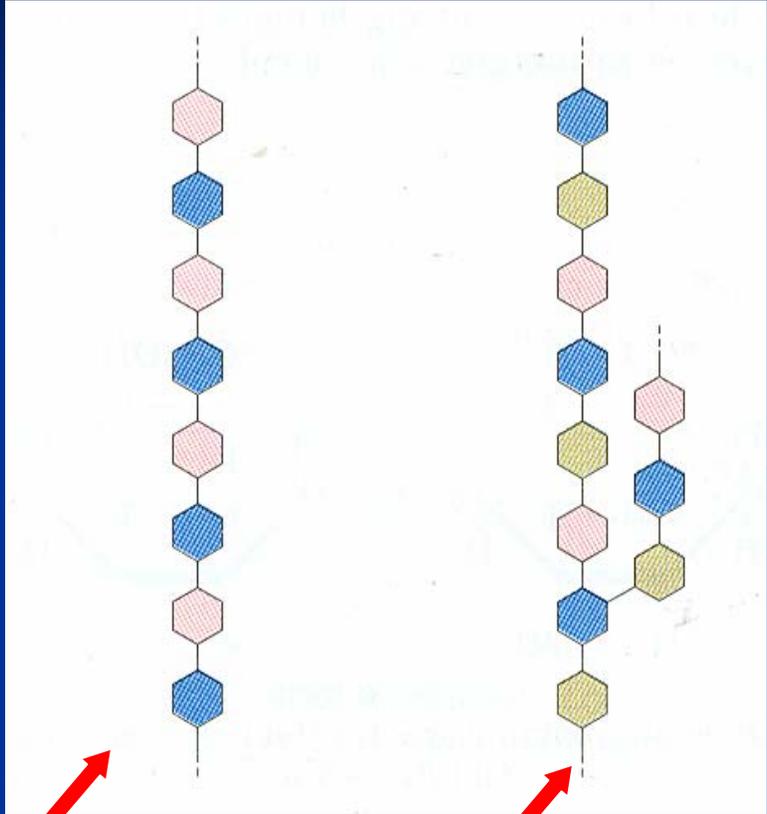
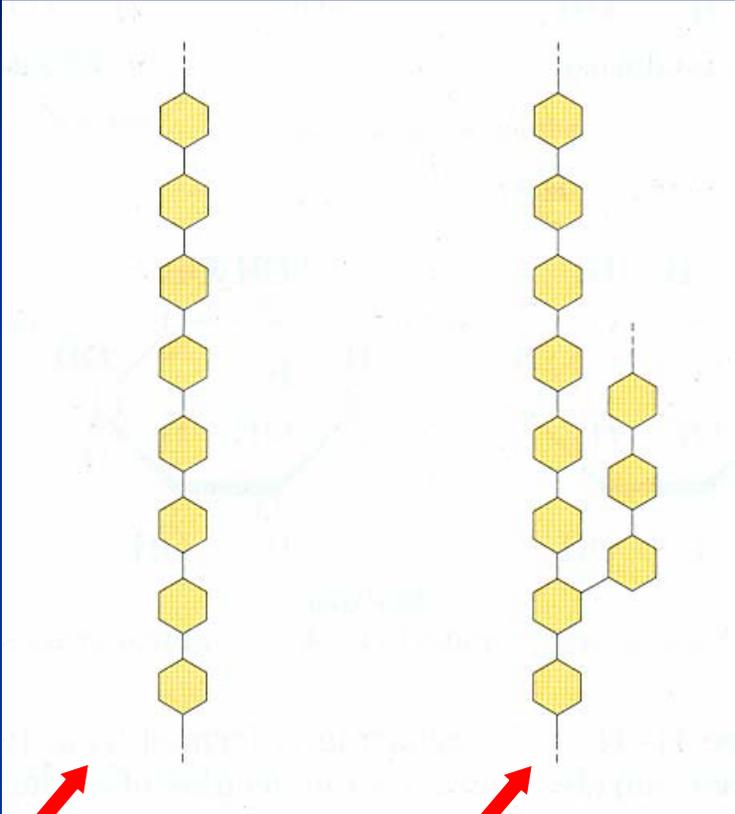
## Disacáridos comunes



Azúcares no reductores

# Homopolisacárido

# Heteropolisacárido



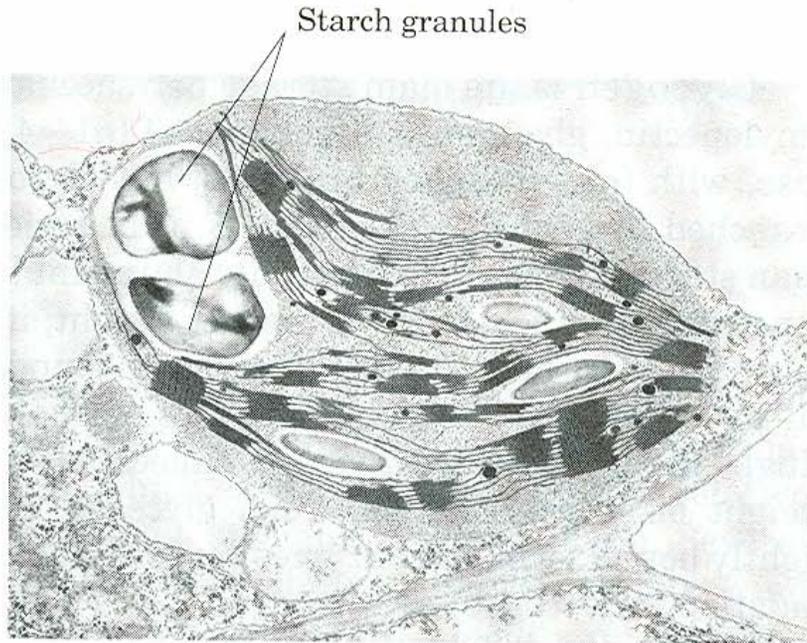
No Ramificado  
(Lineal)

Ramificado

No Ramificado  
(Lineal)

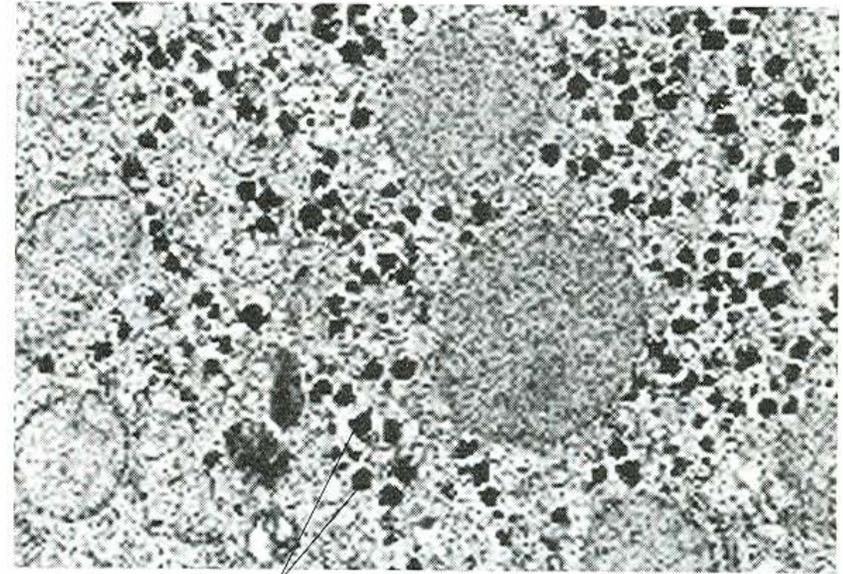
Ramificado

## Gránulos de almidón



(a)

## Gránulos de glicógeno



Glycogen granules

(b)

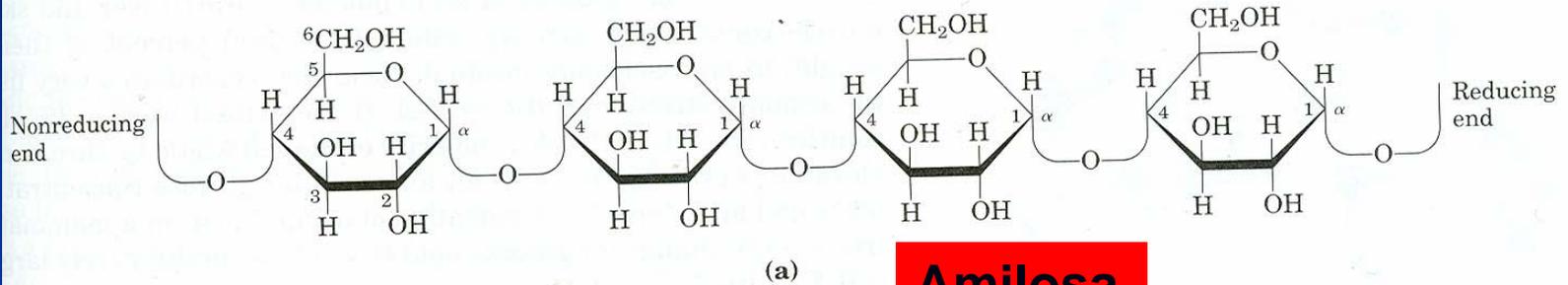
**Figure 11–14** Electron micrographs of starch and glycogen granules. (a) Large starch granules in a single chloroplast. Starch is made from D-glucose formed photosynthetically.

(b) Glycogen granules in a hepatocyte. These granules are much smaller ( $\sim 0.1 \mu\text{m}$ ) than the starch granules ( $\sim 1.0 \mu\text{m}$ ).

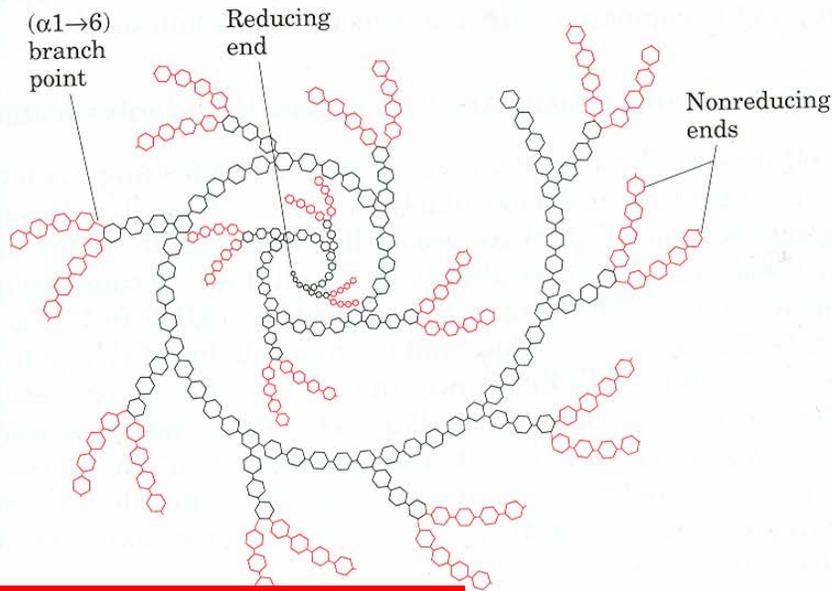
# Polisacáridos

- Almidón
  - Amilosa PM 150.000  $\alpha(1\rightarrow4)$
  - Amilopectina PM 500.000  $\alpha(1\rightarrow4)$  y  $\alpha(1\rightarrow6)$
- Glicógeno  $\alpha(1\rightarrow4)$  y  $\alpha(1\rightarrow6)$ ,  
mas ramificado
- Celulosa  $\beta(1\rightarrow4)$  10.000 a 15.000 unidades de glucosa
- Pectinas: Arabinosa, galactosa, y ácido galacturónico + azúcar > jaleas
- Agar-agar: éster sulfúrico de D y L galactosa y ácido algínico
- Goma arábiga: D galactosa y ácido glucorónico, arabinosa y ramnosa.

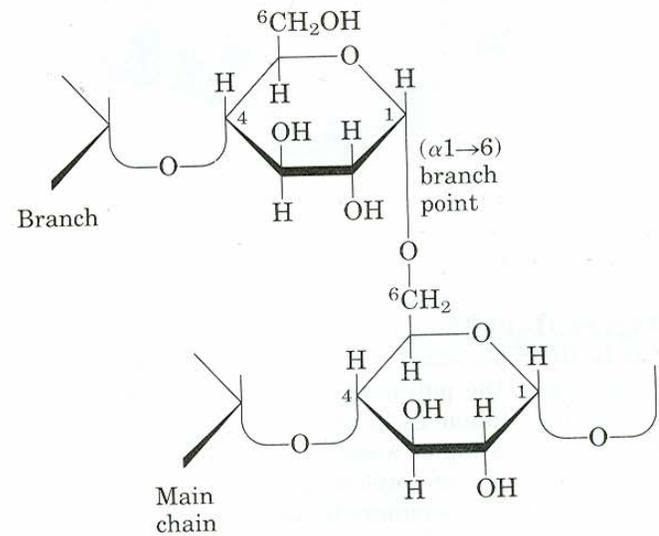
**El almidón contiene dos clases de polímeros de glucosa: amilosa y amilopectina.**

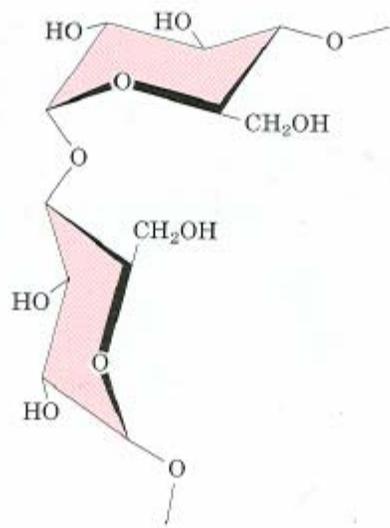


**Amilosa**



**amilopectina**

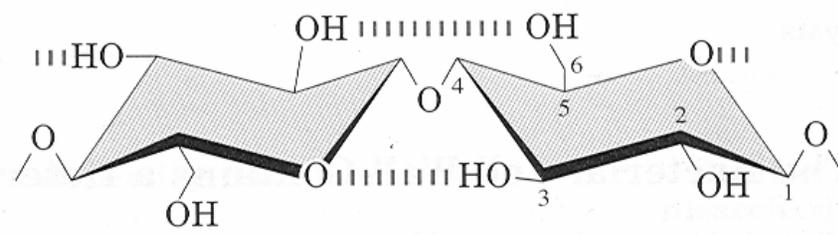




( $\alpha$ 1 $\rightarrow$ 4)-linked D-glucose units

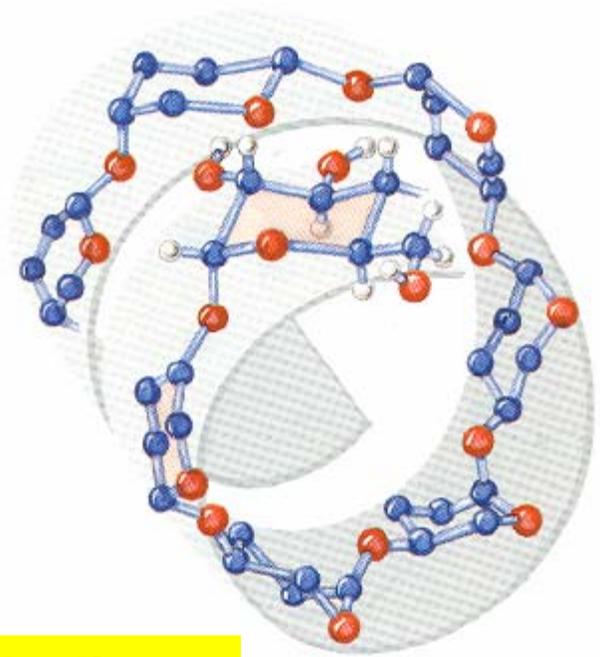
(a)

# Celulosa

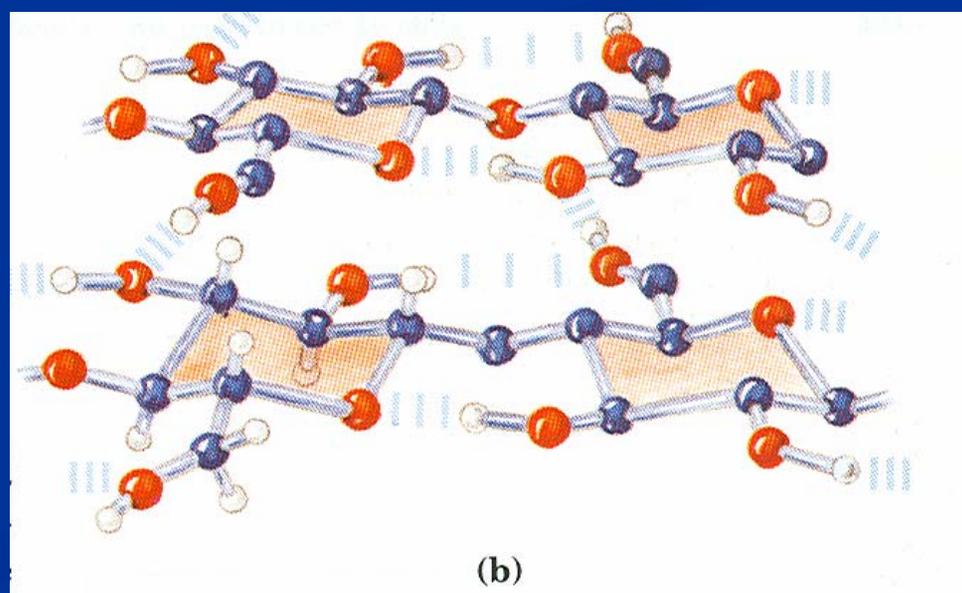


( $\beta$ 1 $\rightarrow$ 4)-linked D-glucose units

(a)



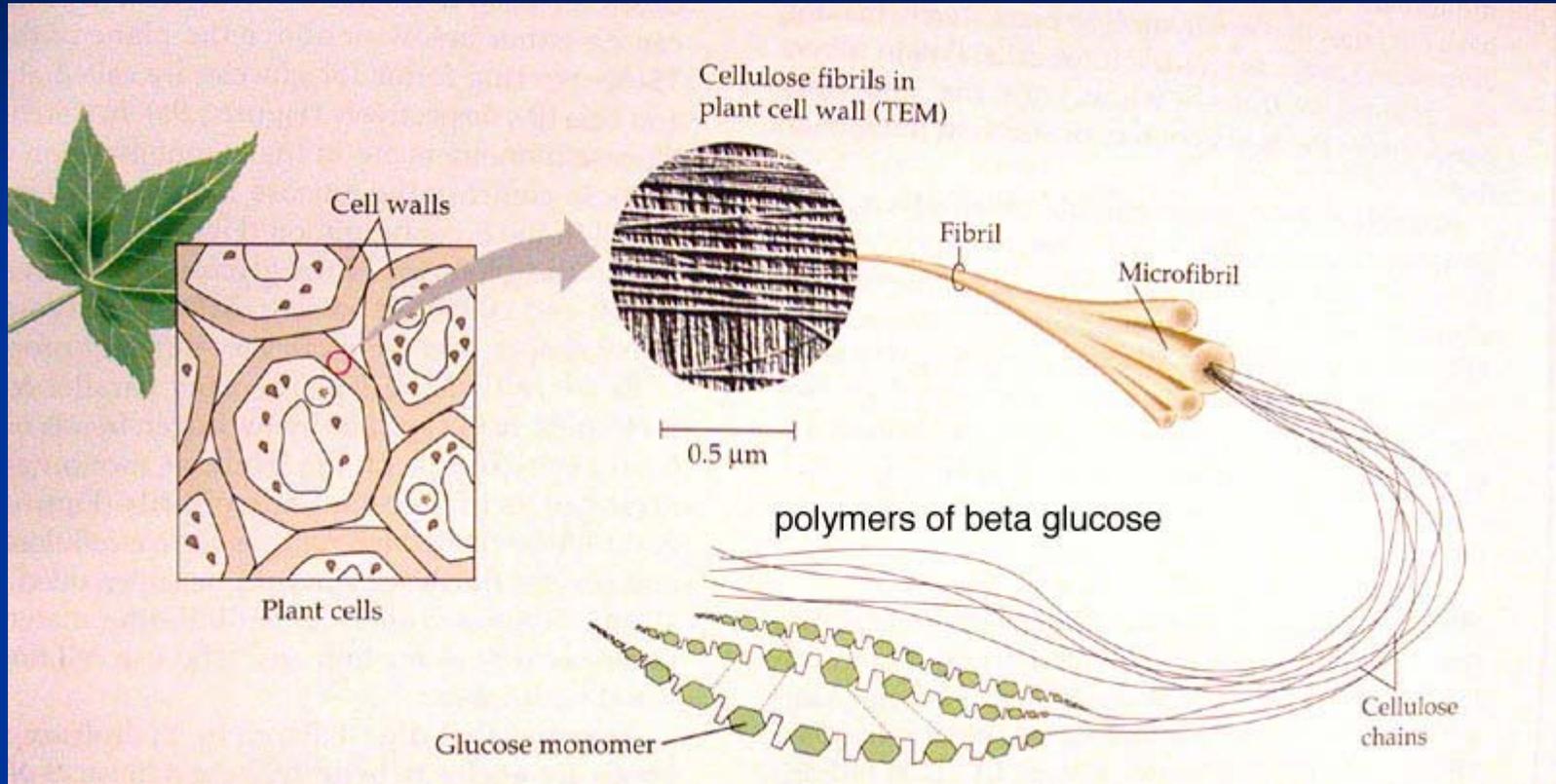
(b)



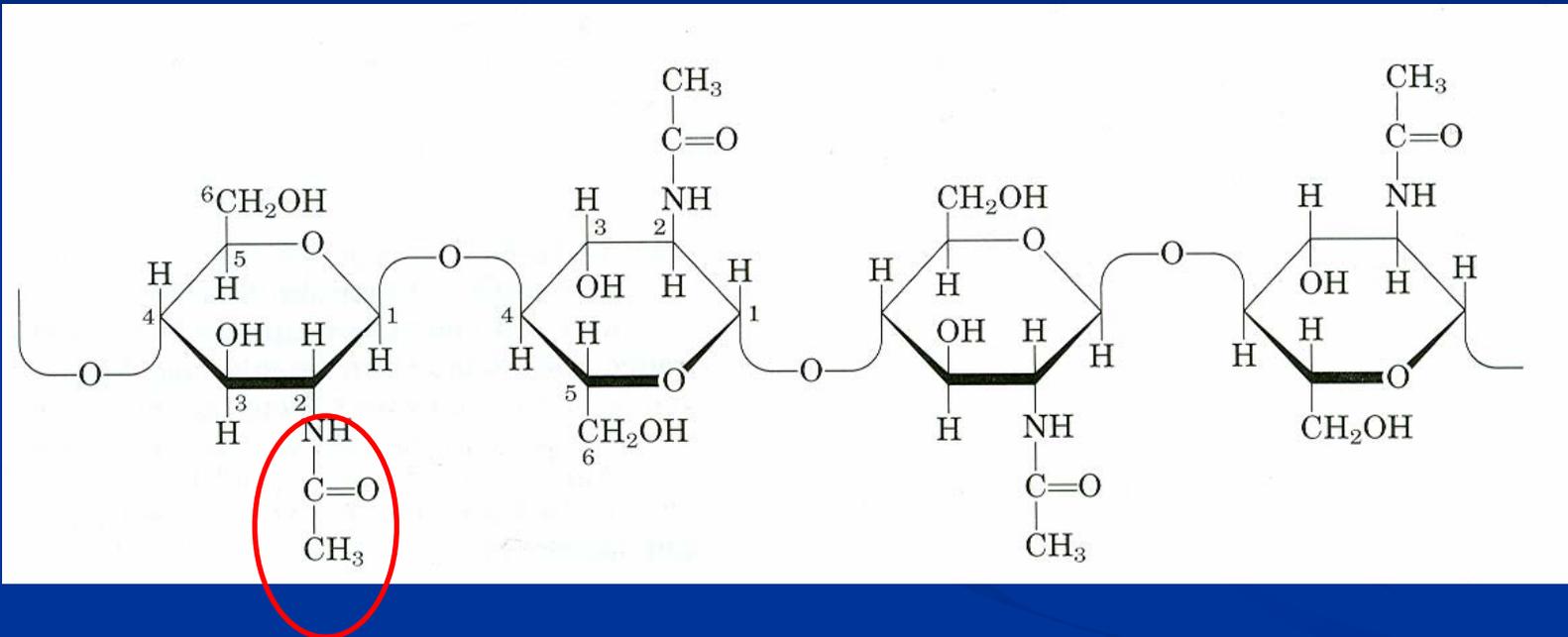
(b)

# Amilosa

# Fibras de celulosa en la pared de las células de plantas

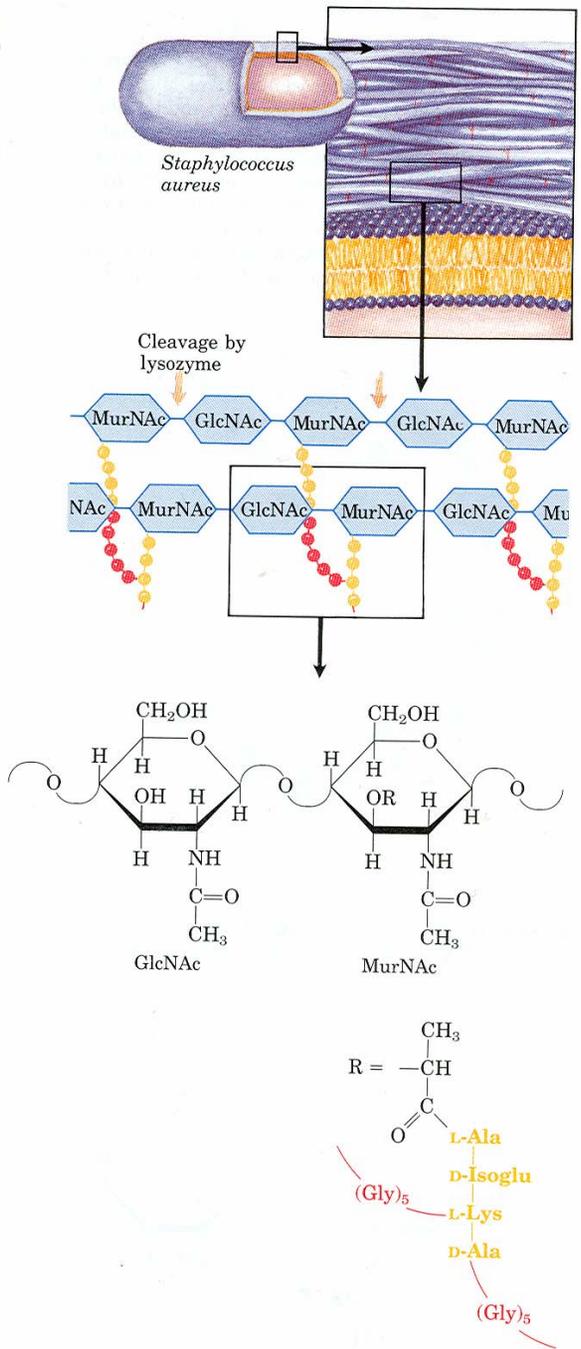


**Quitina: un homopolisacárido lineal compuesto de N-acetil-D-glucosamina con uniones  $\beta(1\rightarrow4)$ .**



**Componente principal de exoesqueletos de artrópodos (insectos, crustáceos y langostas). Segundo polisacárido más abundante después de celulosa**

# Peptidoglicán de la pared celular de la bacteria Gram positiva *Staphylococcus aureus*



# Glicosaminoglicanos

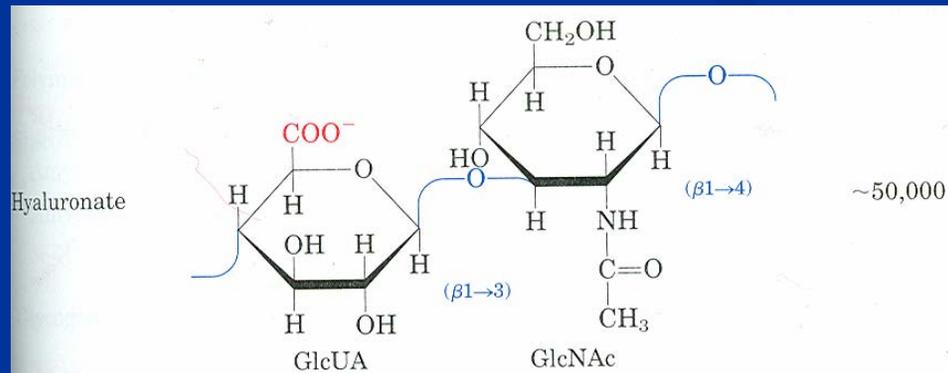
- Heteropolisacáridos, componentes de la matriz extracelular.
- Formados por unidades de disacáridos que se repiten. Uno de éstos es siempre N-acetil glucosamina, o N-acetil galactosamina. El otro generalmente es ácido glucurónico. A veces los grupos OH del azúcar están formando un éster con sulfatos, los que les confiere alta carga negativa.
- Glicosaminoglicanos se asocian a proteínas extracelulares y forman los **proteoglicanos**

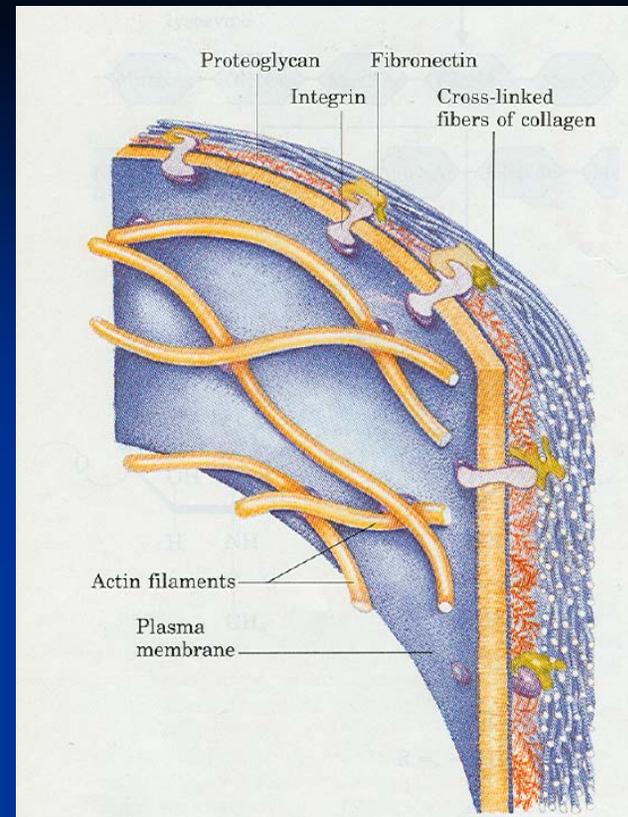
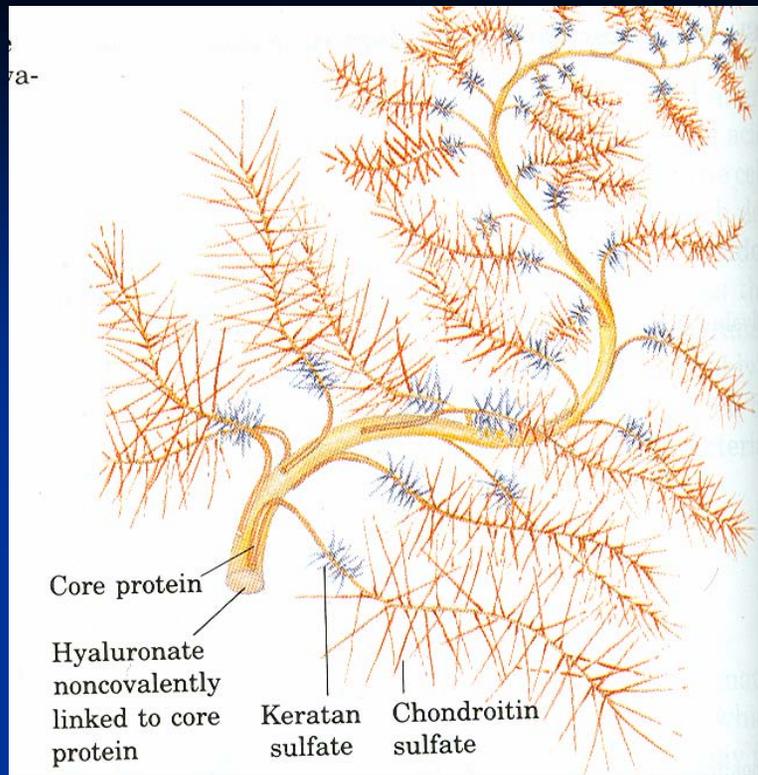
# Proteoglicanos

Cumplen diversas funciones en tejidos de células animales, tales como:

- Regulan el tráfico de moléculas desde y hacia la célula
- Controlan la actividad de factores de crecimiento
- Inmovilización de moléculas secretadas, cerca del lugar donde se necesitan

## Ácido hialurónico (un Glicosaminoglicano)





**Proteoglicanos están compuestos de una cadena larga de ácido hialurónico, un glicosaminoglicano, que se asocia no covalentemente a proteínas, que a su vez están unidas a otros glicosaminoglicanos de cadena mas corta (condroitín sulfato, queratán sulfato, heparán sulfato). Este gran conglomerado está asociado a proteínas de la matriz extracelular, como colágeno y elastina.**

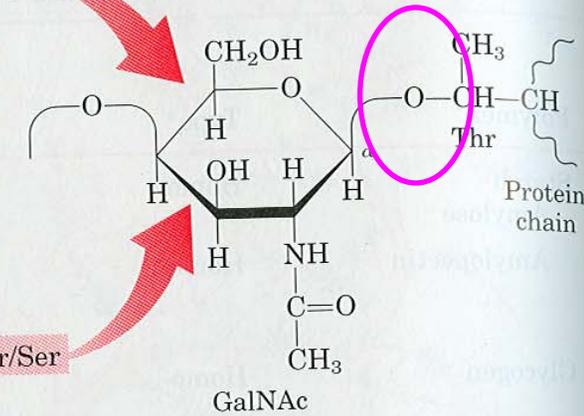
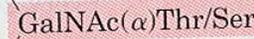
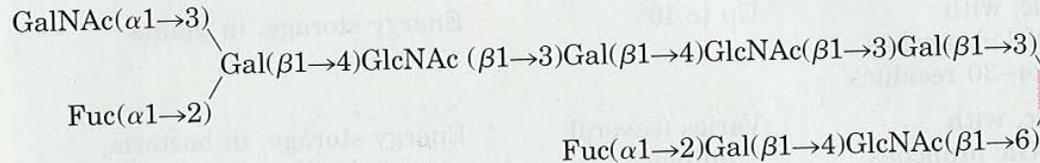
**Table 11-2 Summary: Structure and role of some polysaccharides and glycoconjugates**

Polymer	Type*	Repeating unit	Size (number of monosaccharide units)	Roles
Starch Amylose	Homo-	( $\alpha 1 \rightarrow 4$ )Glc, linear	A few thousand to 500,000	Energy storage: in plants
Amylopectin	Homo-	( $\alpha 1 \rightarrow 4$ )Glc, with ( $\alpha 1 \rightarrow 6$ )Glc branches every 24–30 residues	Up to $10^6$	Energy storage: in plants
Glycogen	Homo-	( $\alpha 1 \rightarrow 4$ )Glc, with ( $\alpha 1 \rightarrow 6$ )Glc branches every 8–12 residues	Varies (several million)	Energy storage: in bacteria, animal cells
Cellulose	Homo-	( $\beta 1 \rightarrow 4$ )Glc	Up to 15,000	Structural: gives rigidity, strength to plant cell walls
Chitin	Homo-	( $\beta 1 \rightarrow 4$ )GlcNAc	Very large	Structural: gives rigidity, strength to exoskeletons of insects, spiders, crustaceans
Peptidoglycan	Hetero-, with peptides attached	MurNAc( $\beta 1 \rightarrow 4$ )GlcNAc	Very large	Structural: gives rigidity, strength to bacterial cell envelope
Glycosaminoglycan (hyaluronate)	Hetero-, acidic	GlcUA( $\beta 1 \rightarrow 3$ )GlcNAc	Varies ( $>10^6$ )	Structural: extracellular matrix in skin, connective tissue; viscosity, lubrication in joints of vertebrates
Proteoglycans	Hetero-, with protein attached; largely carbohydrate	Uronic acid ( $\beta 1 \rightarrow 3$ )-linked with sulfated hexosamine	Varies	Structural: resilience, viscosity, lubrication in joints of vertebrates

\* Each polymer is classified as a homopolysaccharide (homo-) or heteropolysaccharide (hetero-).

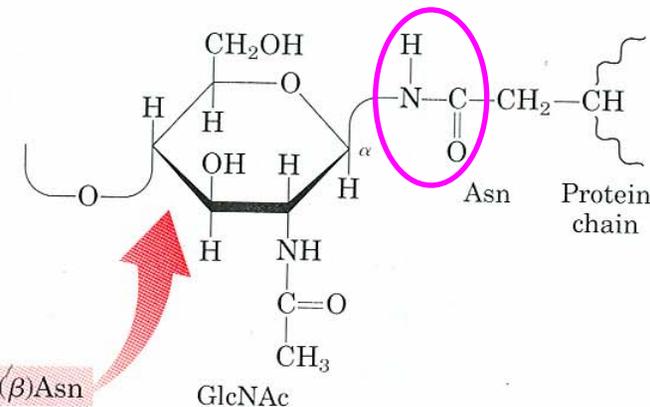
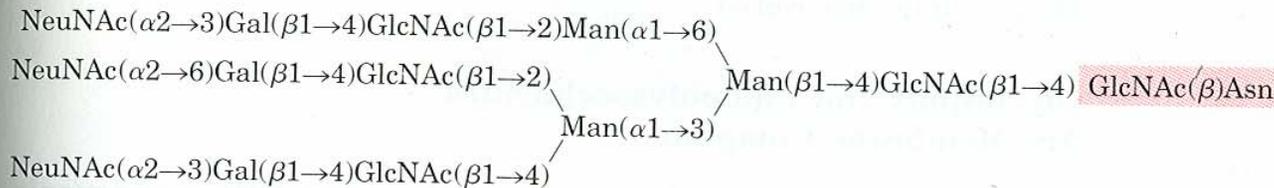
# Enlaces glicosídicos de cadenas de oligosacáridos a proteínas

## Unión a O de aminoácidos



O-linked to Ser or Thr residue in protein

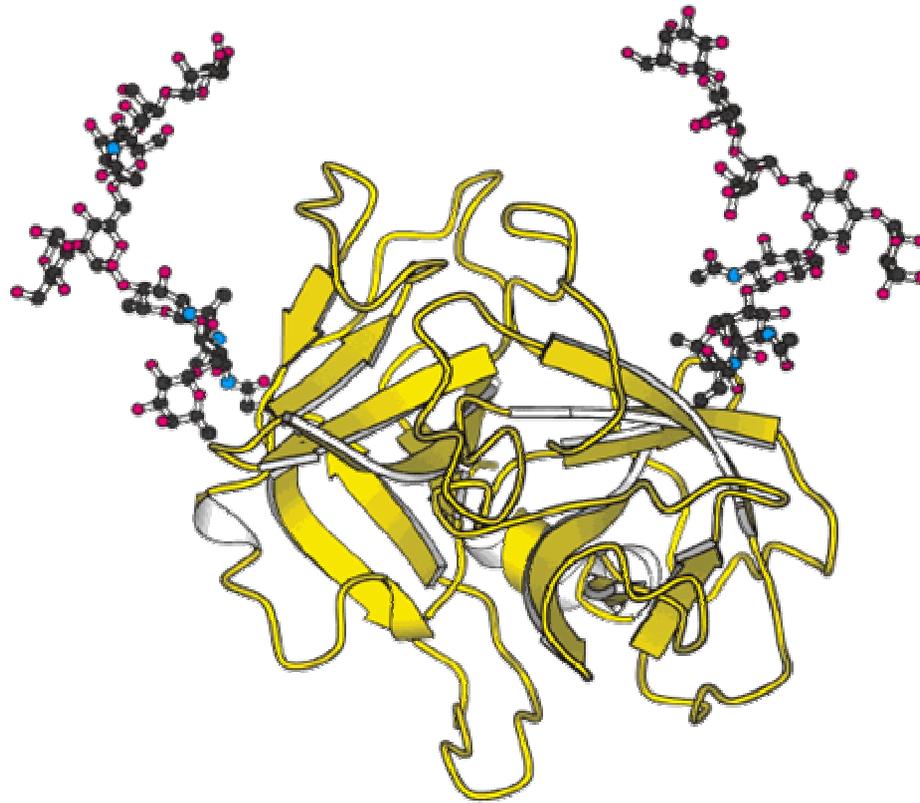
## Unión a N de aminoácidos



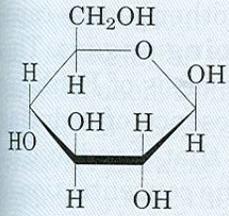
N-linked to Asn residue in protein

(b)

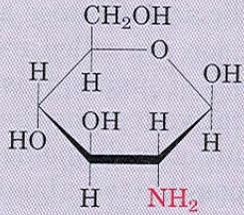
# Glicoproteínas



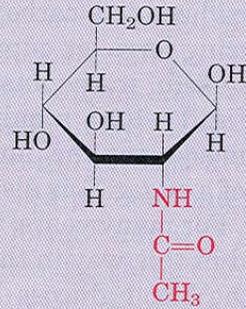
### Glucose family



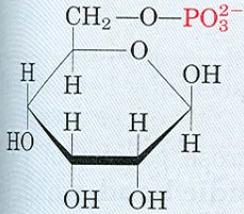
$\beta$ -D-Glucose



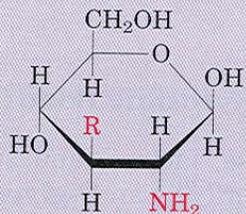
$\beta$ -D-Glucosamine



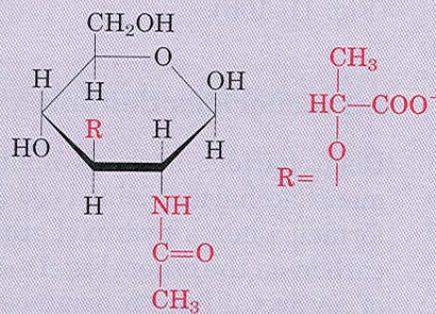
*N*-Acetyl- $\beta$ -D-glucosamine



D-Glucose-6-phosphate

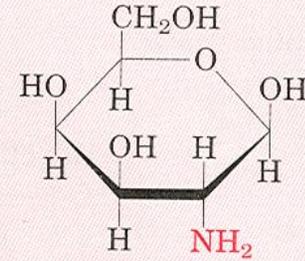


Muramic acid

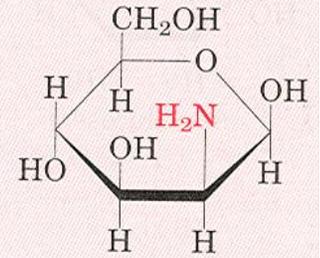


*N*-Acetylmuramic acid

### Amino sugars

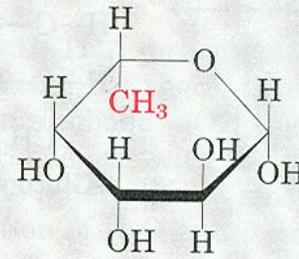


$\beta$ -D-Galactosamine

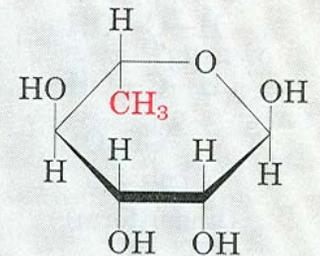


$\beta$ -D-Mannosamine

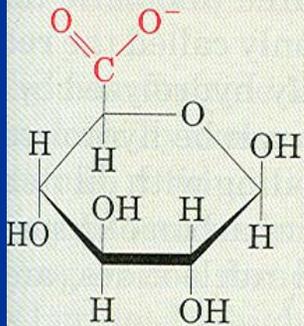
### Deoxy sugars



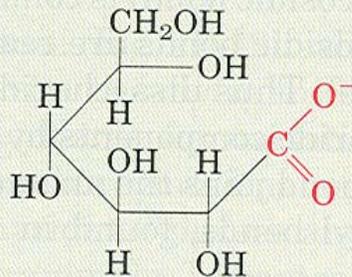
$\alpha$ -L-Fucose



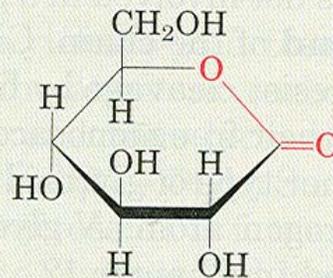
$\alpha$ -L-Rhamnose



$\beta$ -D-Glucuronate

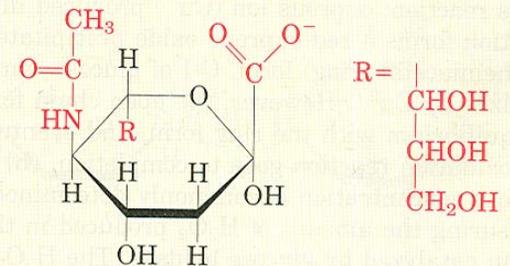


D-Gluconate



D-Glucono- $\delta$ -lactone

### Acidic sugars



*N*-Acetylneuraminic acid  
(sialic acid)