

UNIVERSIDAD CENTRAL DE VENEZUELA
FACULTAD DE CIENCIAS VETERINARIAS
CATEDRA DE BIOQUIMICA
CURSO 2014-2015

UNIDAD 4: CARBOHIDRATOS

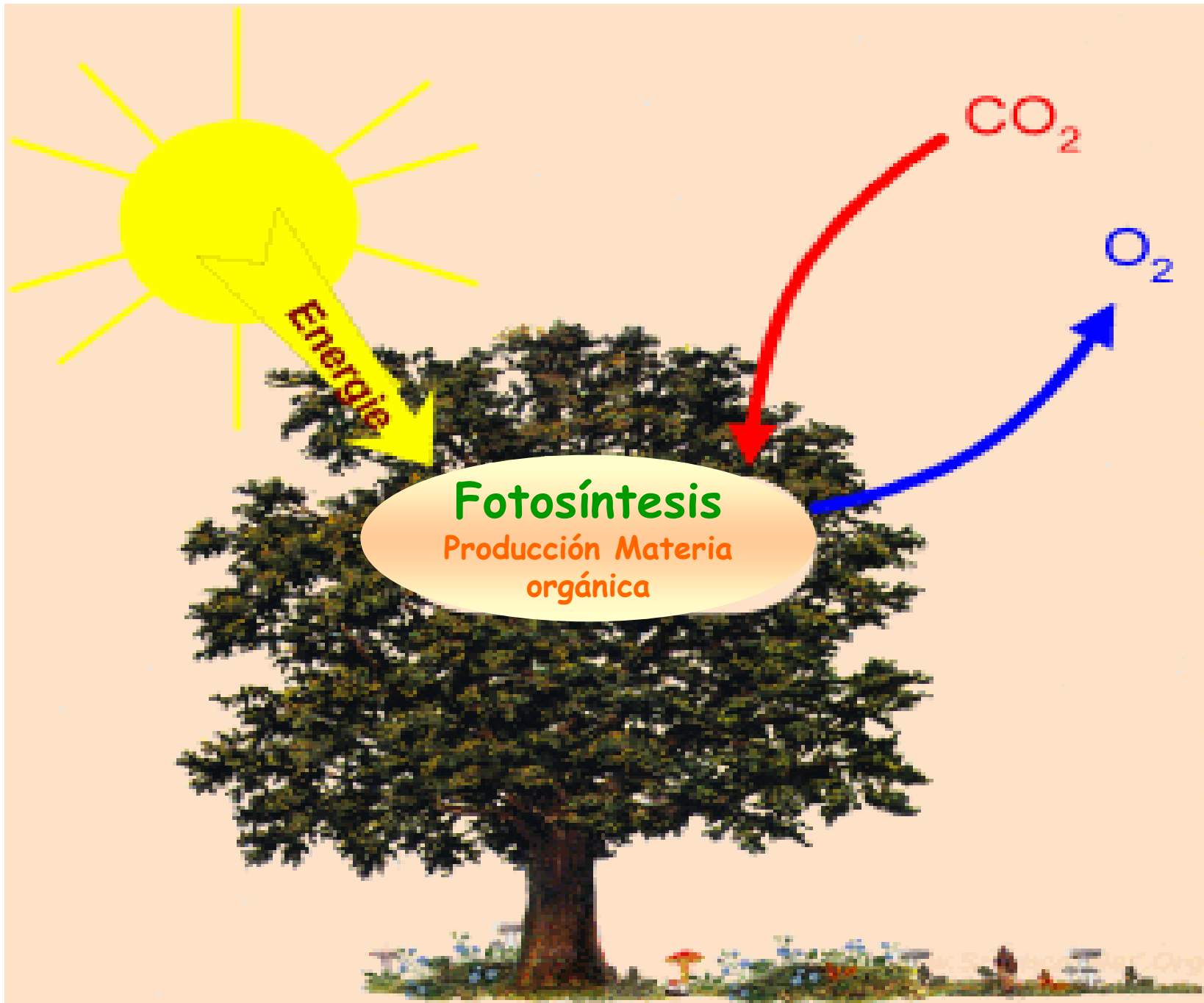
Objetivo 1: Estructura y función

Profa. Emma Rueda de Arvelo



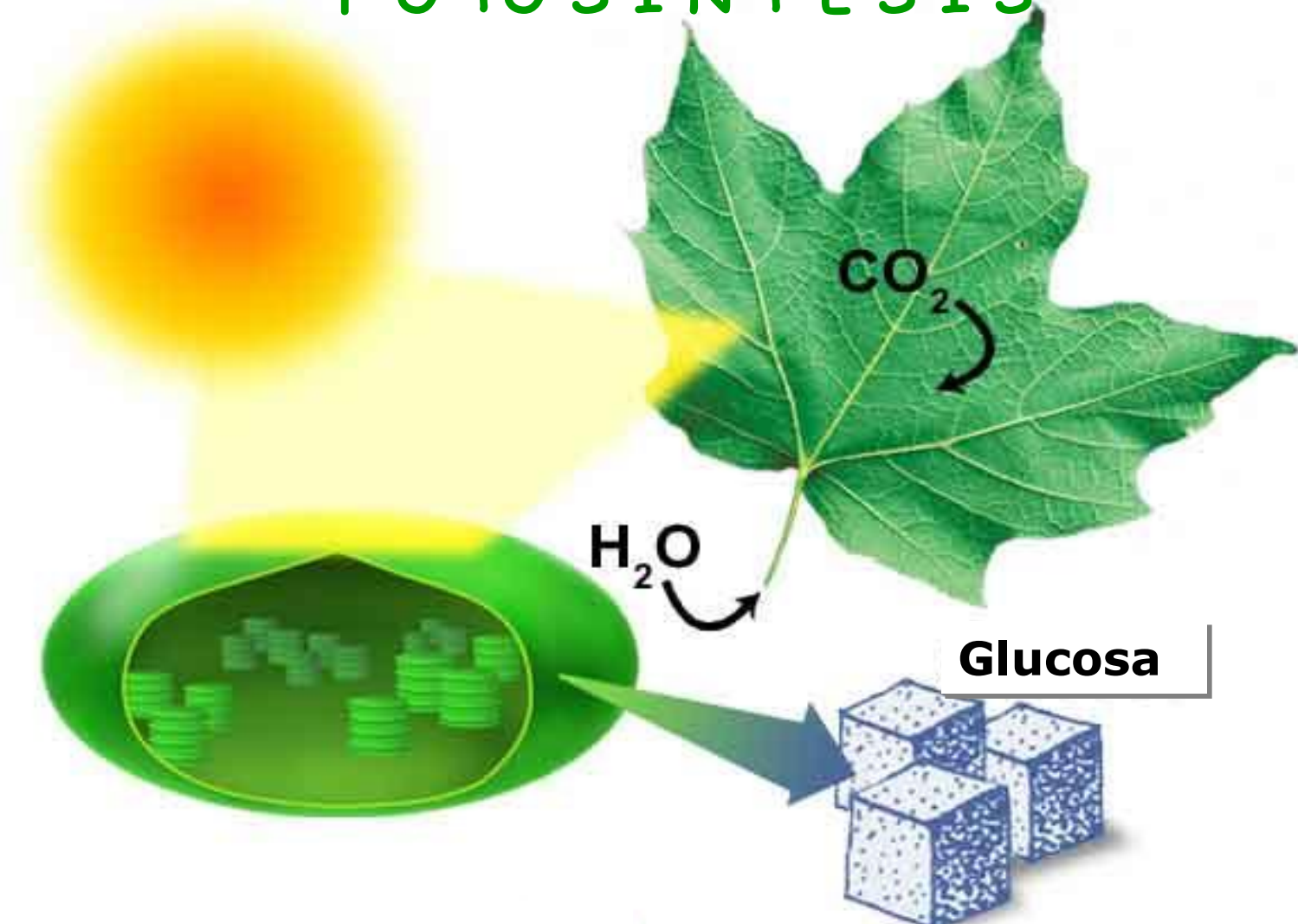
OBJETIVO ESPECÍFICO 1.

Describir las características estructurales y funcionales de los carbohidratos de interés biológico.

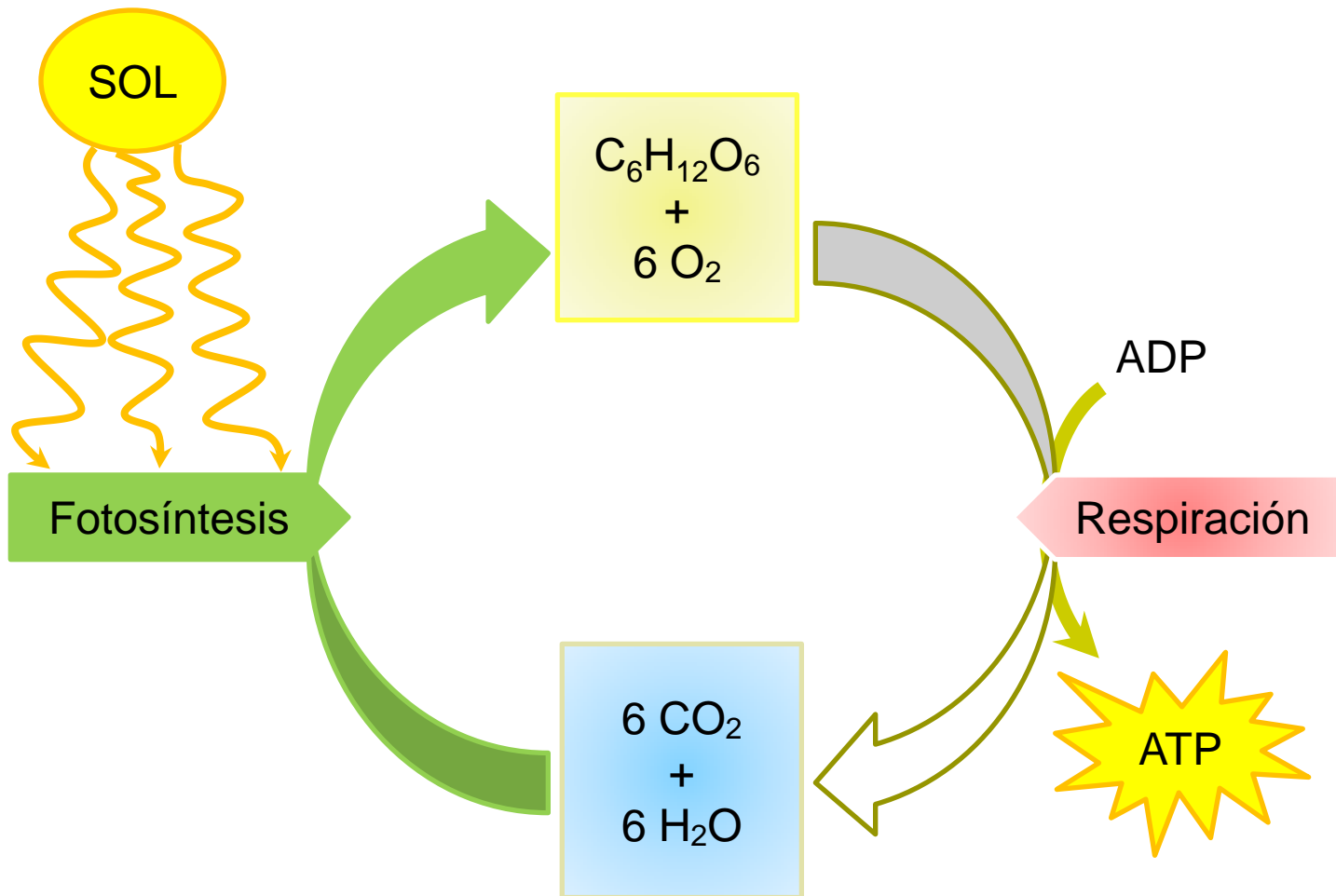


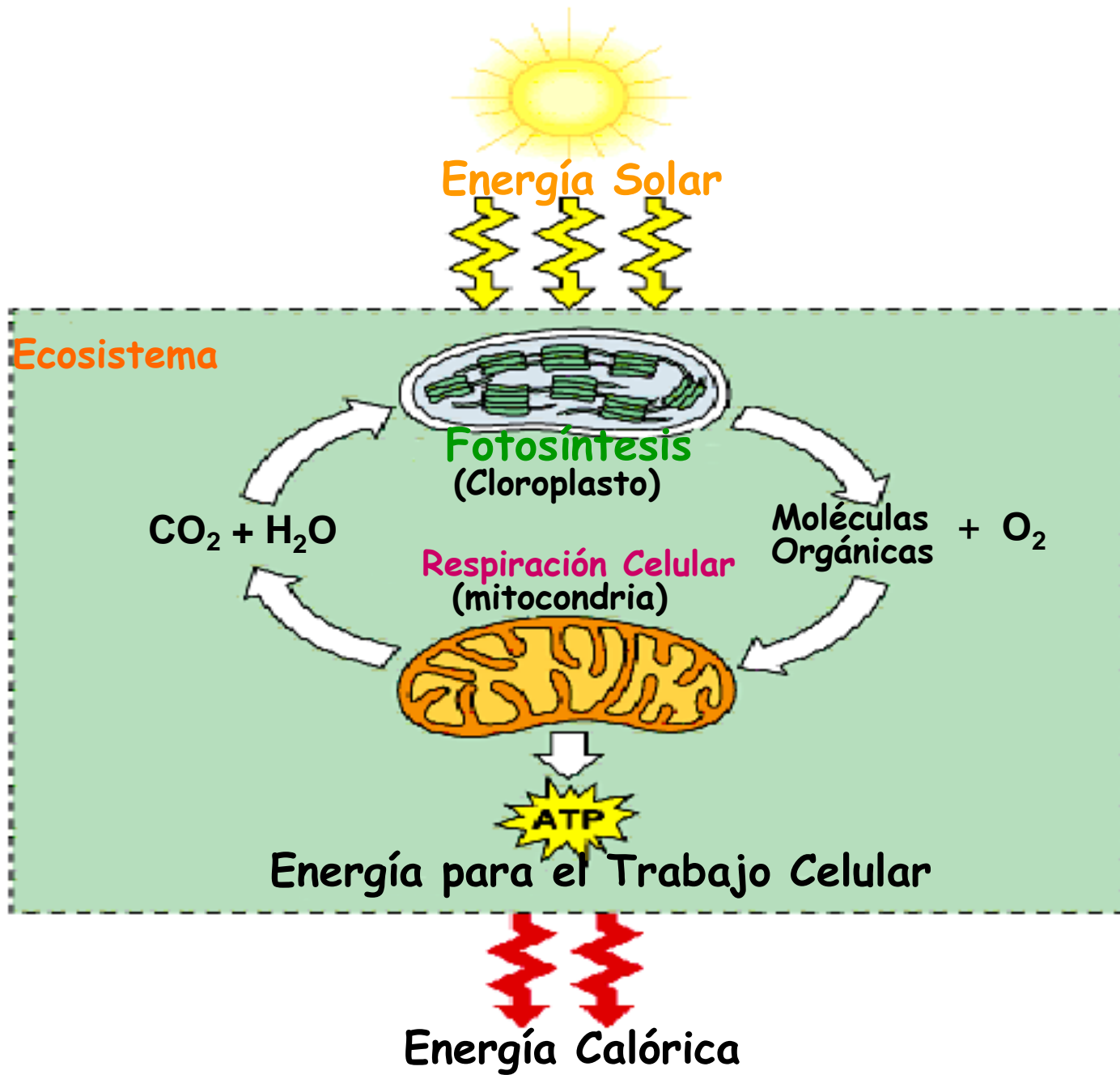
Fotosíntesis
Producción Materia orgánica

FOTOSÍNTESIS



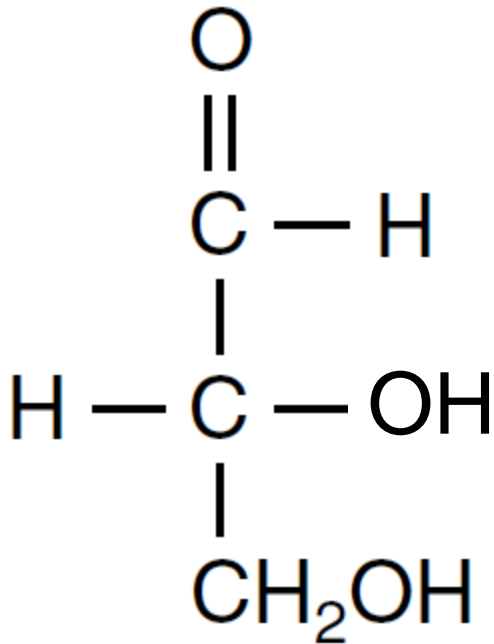
Ciclo del Carbono



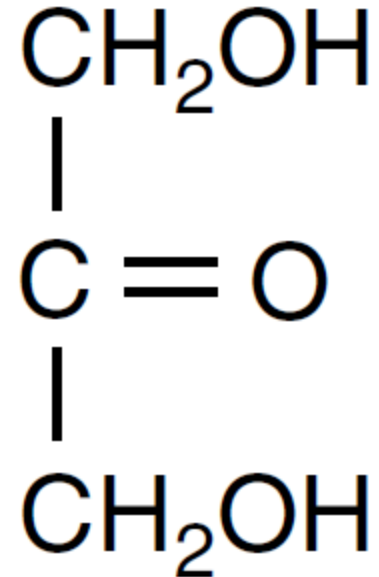


Los carbohidratos:

Son aldehídos o cetonas polihidroxilados



D-gliceraldehído



Dihidroxiacetona

Los carbohidratos:

Son las biomoléculas más abundantes en la naturaleza (más de la mitad de todo el carbono se encuentra en los carbohidratos)

Conectan directamente, la energía solar y la energía de enlace químico de los seres vivos.

Se forman durante la FOTOSÍNTESIS

Carbohidratos (Sacáridos)

= *Saccharum* (Latin) = **Azúcar**

Sacárido

= *Sakcharon* (Griego) = **Azúcar**



Importancia de los Carbohidratos

En los organismos Vivos:

- 1. Proveen energía a través de su Oxidación*
- 2. Proveen Carbono para la síntesis de componentes celulares.*
- 3. Sirven como una forma de almacenamiento de energía química.*
- 4. Forman parte de los componentes estructurales de células y tejidos.*



Interés industrial:

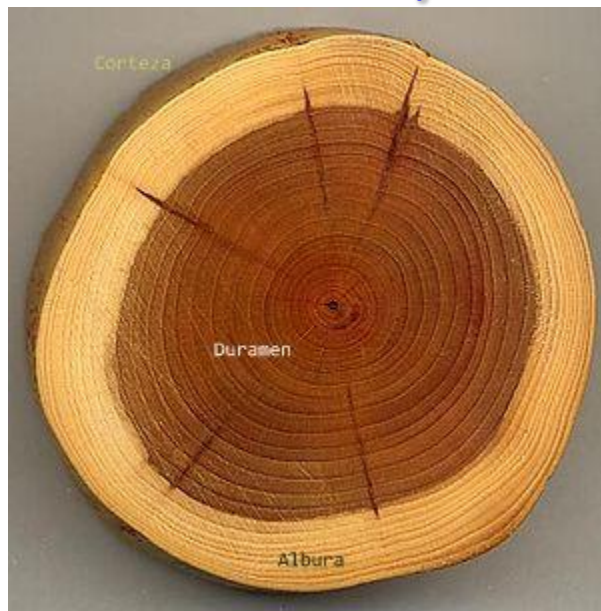
Materias primas para la industria:

papel

madera

fibras textiles

productos farmacéuticos....



Los carbohidratos se pueden clasificar de acuerdo a su complejidad en:

Monosacáridos

No pueden hidrolizarse en carbohidratos más simples

Disacáridos

Constituídos por 2 moléculas de monosacáridos

Oligosacáridos

Constituídos por 3 a 10 monosacáridos

Polisacáridos

Constituídos por más de 10 moléculas de monosacáridos

Monosacáridos:

- Son los carbohidratos mas simples. $(\text{CH}_2\text{O})_n$
- Las triosas son los monosacáridos mas sencillos.
- El sufijo “osa” se utiliza para designarlos e indica multiples grupos OH

Por ejemplo: La glucosa.

Es el mas abundante de los monosacáridos
Presente en su estado libre en frutas,
plantas, miel, sangre y orina de los
animales.

Es una Aldohexosa ($\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$)

Clasificación de los monosacáridos

➤ de acuerdo a la cantidad de átomos de carbonos

Categoría	Carbonos
-----------	----------

triosas	3
---------	---

tetrosas	4
----------	---

pentosas	5
----------	---

hexosas	6
---------	---

heptosas	7
----------	---

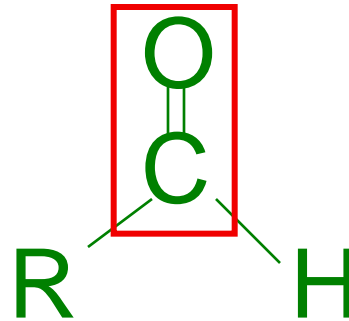
octosas	8
---------	---

nonosas	9
---------	---

➤ de acuerdo al grupo funcional

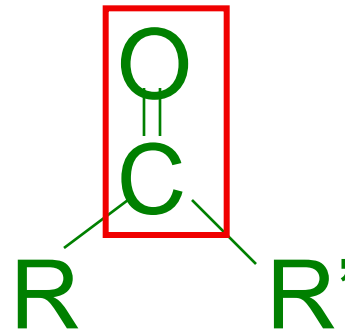
Aldosas

Grupo funcional
aldehido



Cetosas

Grupo funcional
cetona



Combinando ambos criterios:

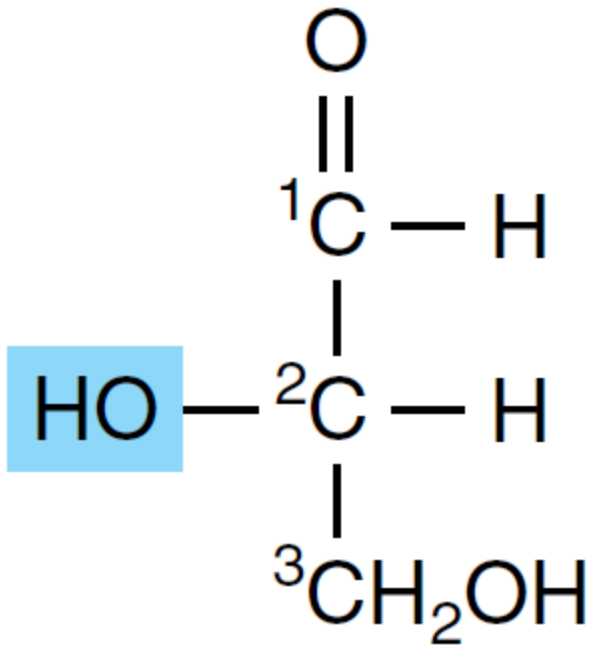
- Aldotriosas y Cetotriosas
- Aldotetrosas y Cetotetrosas
- Aldopentosas y Cetopentosas
- Aldoheptosas y Cetoheptosas
-y así sucesivamente

Carbonos

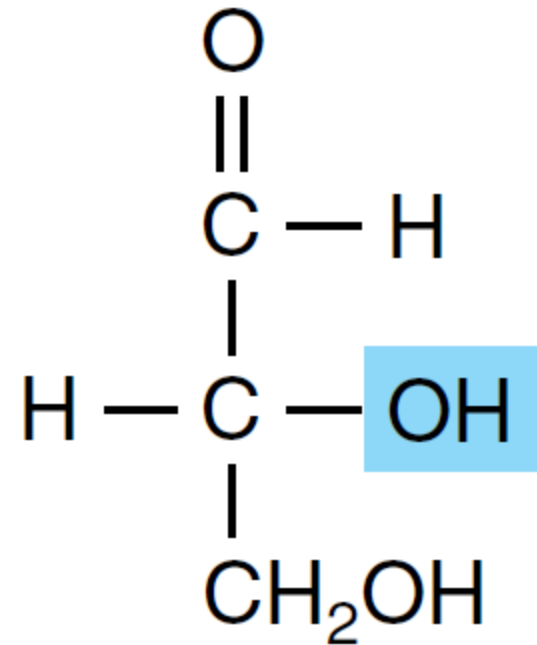
Categoría de monosacárido

3	aldotriosas	cetotriosas
4	aldotetrosas	cetotetrosas
5	aldopentosas	cetopentosas
6	aldohexosas	cetohexosas
7	aldoheptosas	cetoheptosas
8	aldooctosas	cetooctosas
9	aldononosas	cetononosas

Aldotriosa:

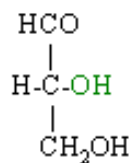


L-gliceraldehído



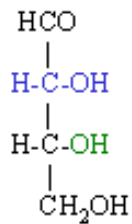
D-gliceraldehído

Serie de las D-Aldosas

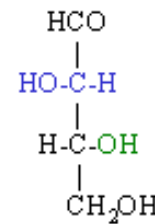


Gliceraldehído

ALDOTRIOSAS

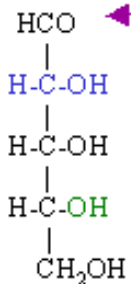


Eritrosa

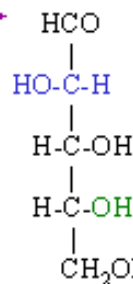


Treosa

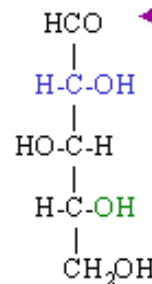
ALDOTETROSAS



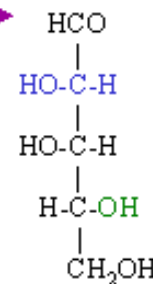
Ribosa



Arabinosa

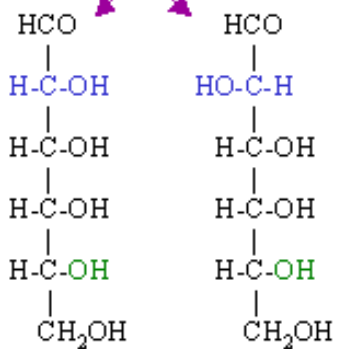


Xilosa

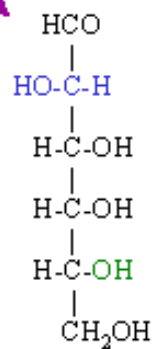


Lixosa

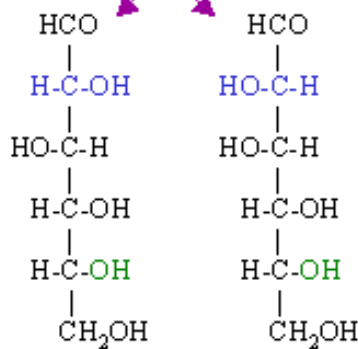
ALDOPENTOSAS



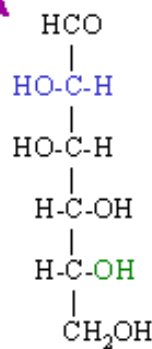
Alosa



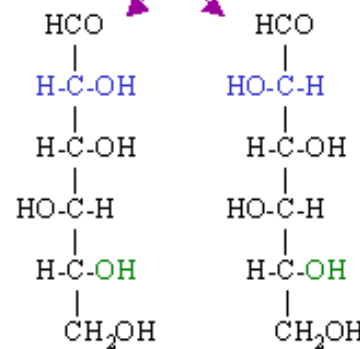
Altrosa



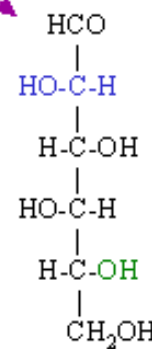
Glucosa



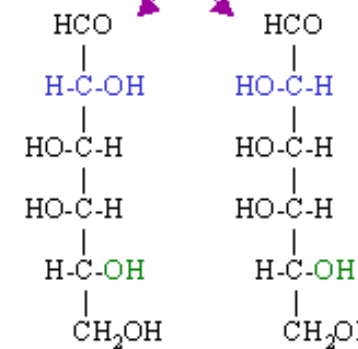
Manosa



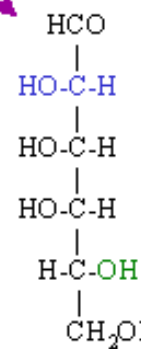
Gulosa



Idosa



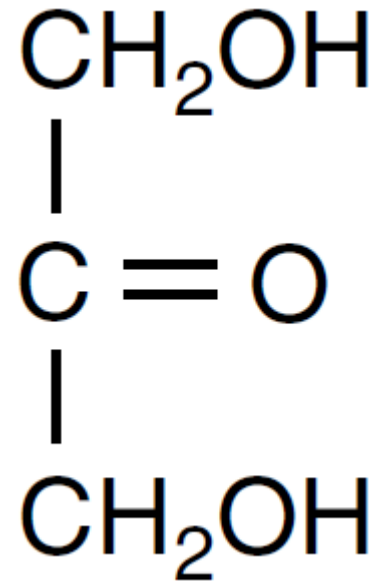
Galactosa



Talosa

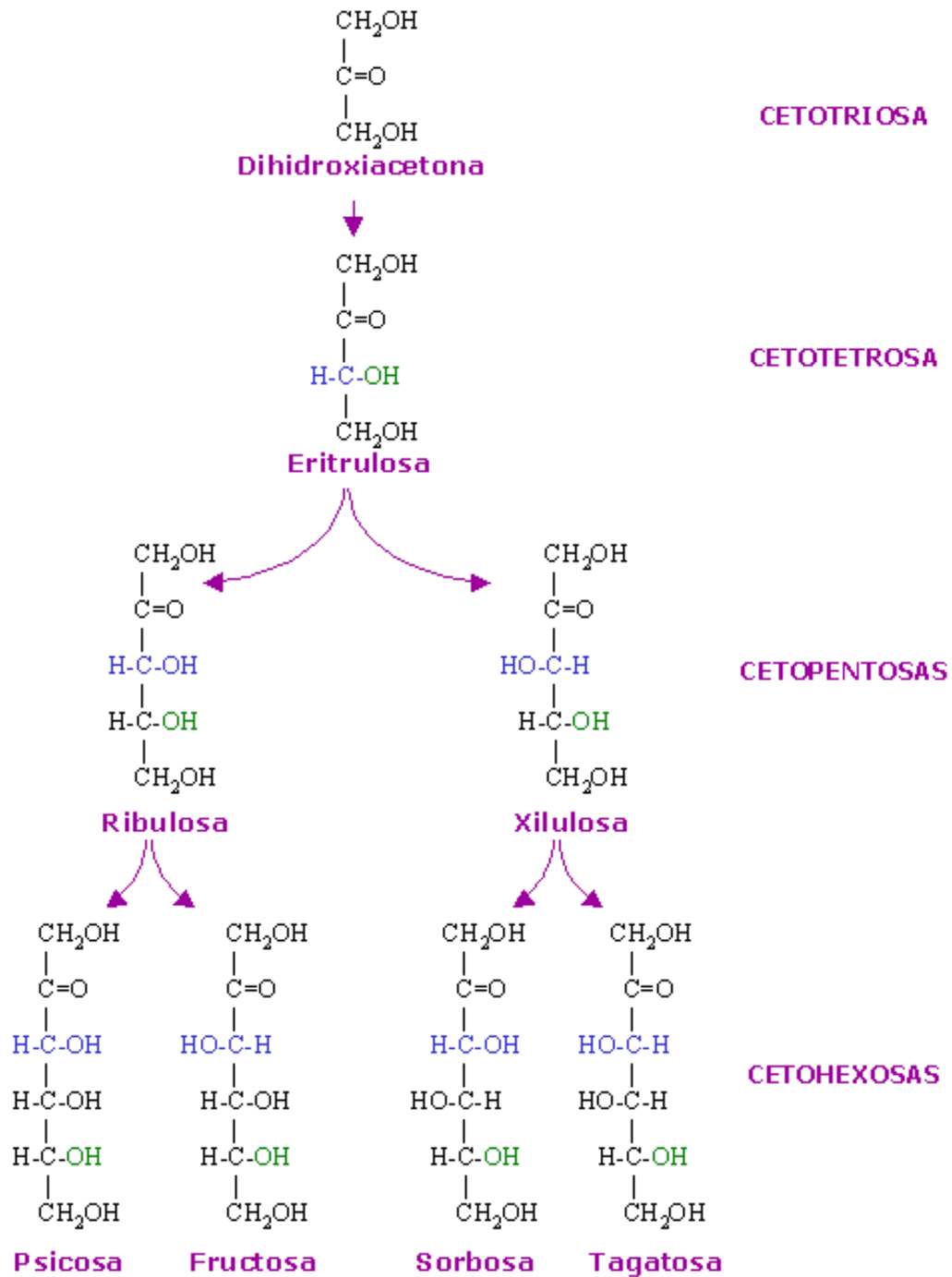
ALDOHEXOSAS

Cetotriosa:



Dihidroxiacetona

Serie de las D-Cetosos



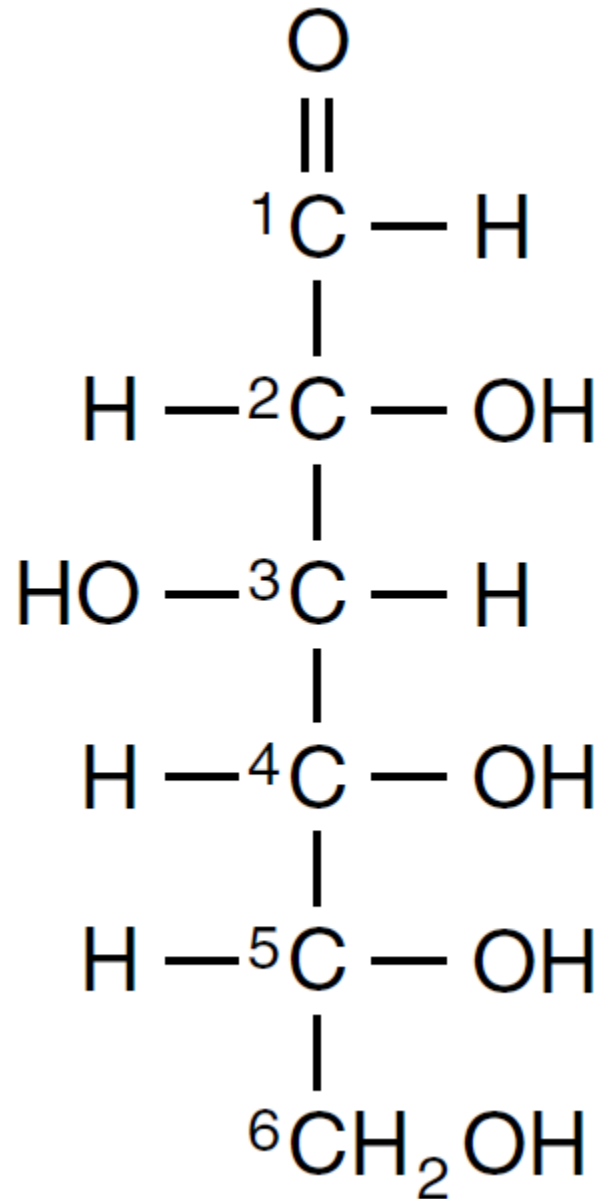
Formas de representación de los monosacáridos

Fischer (estructura lineal)

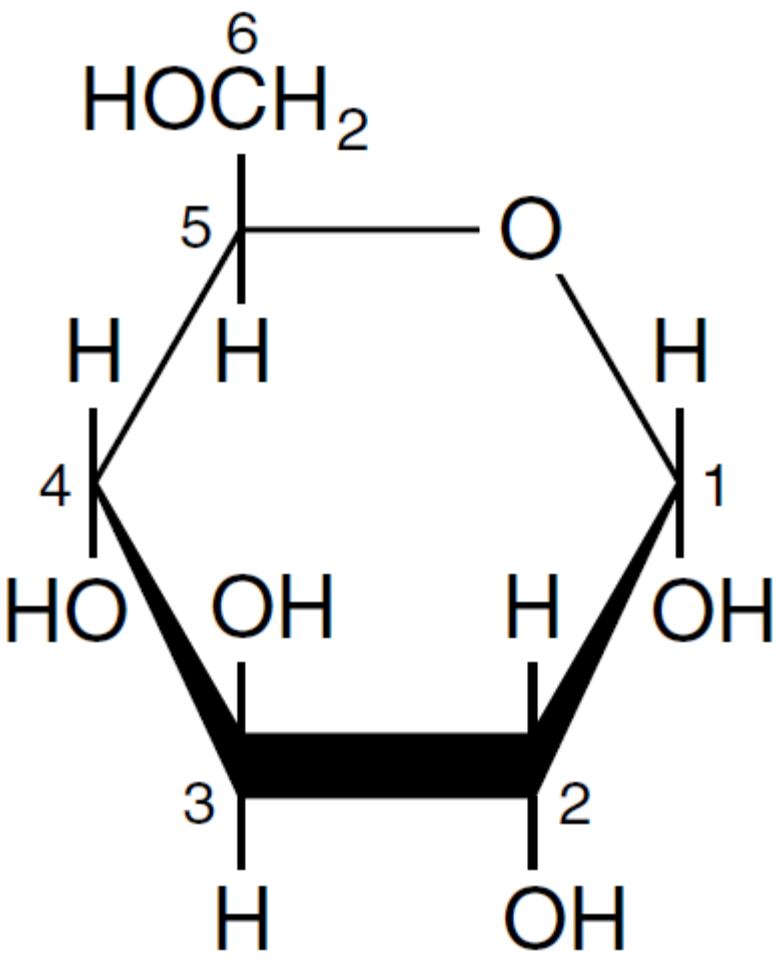
Hawort (estructura cíclica)

Difracción de rayos X (conformacional)

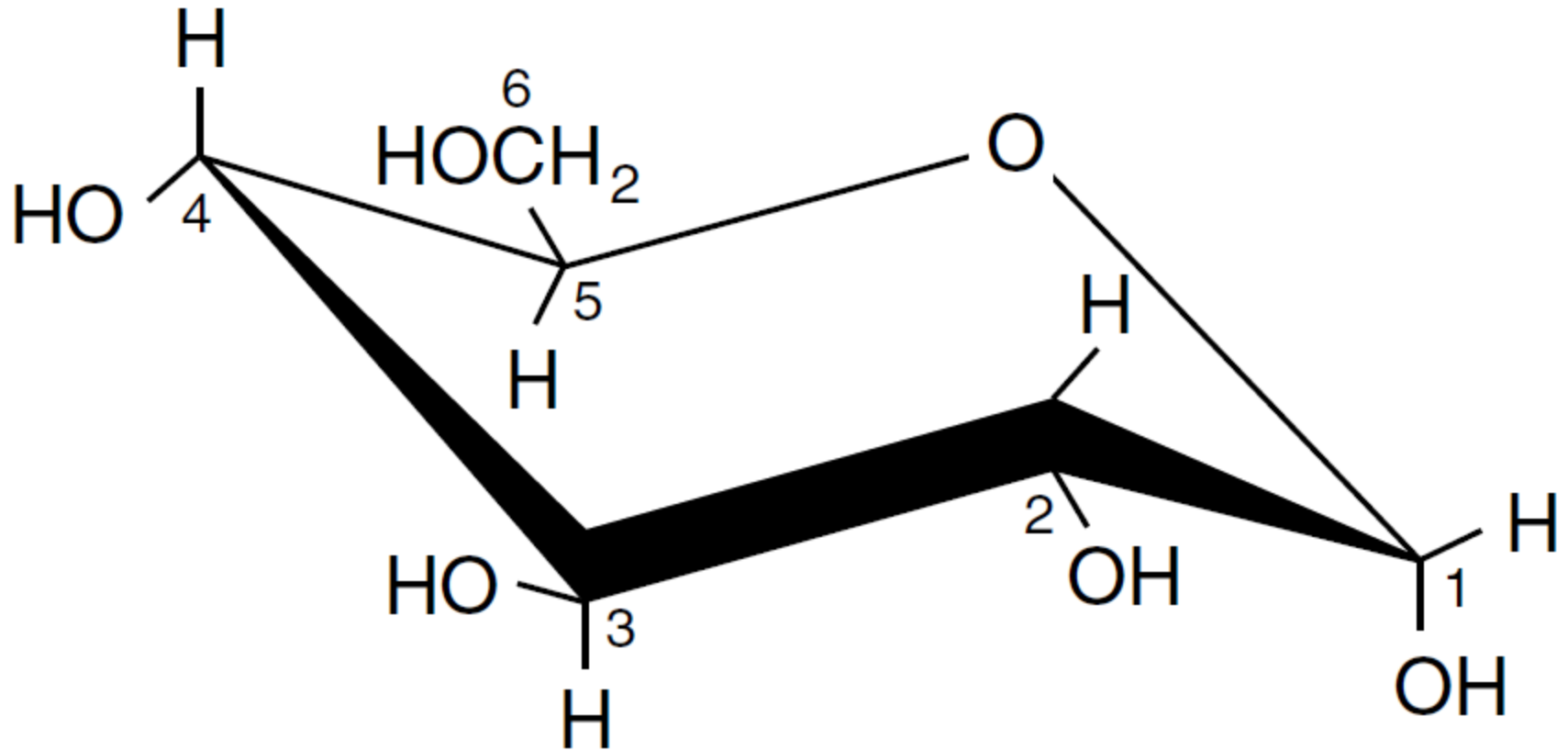
Proyección de Fischer (estructura lineal)



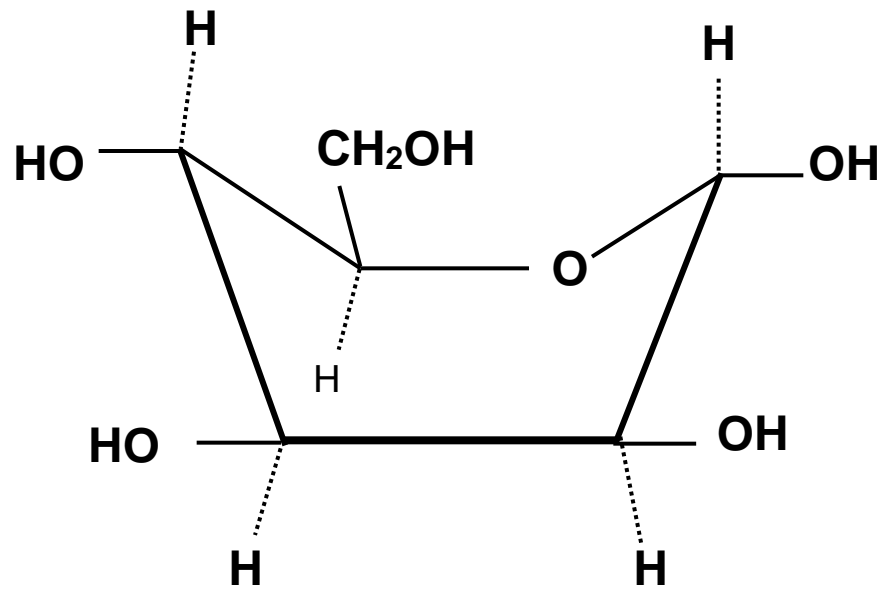
Proyección de Hawort (estructura cíclica)



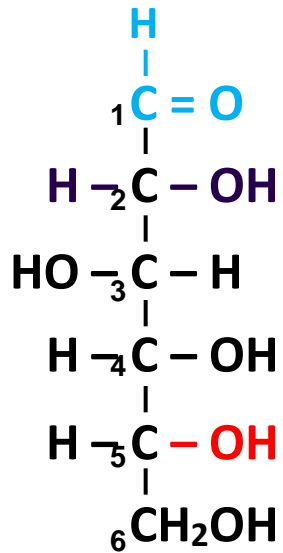
Difracción de rayos X (forma de silla)



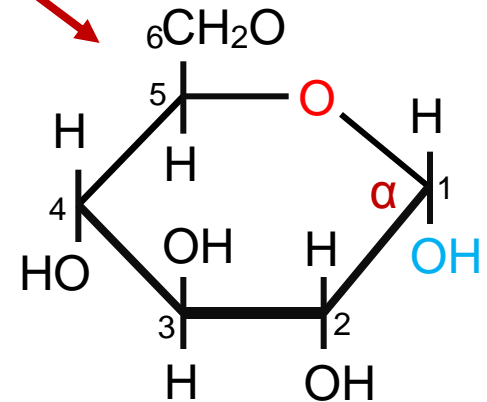
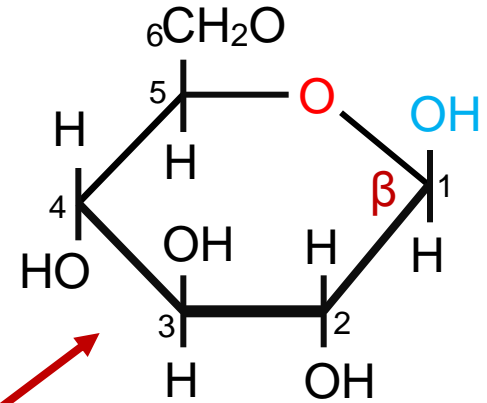
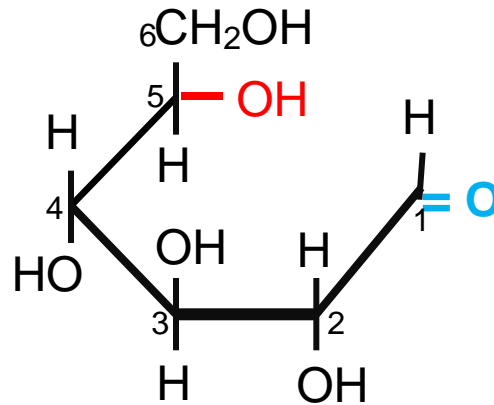
Difracción de rayos X (forma de bote)

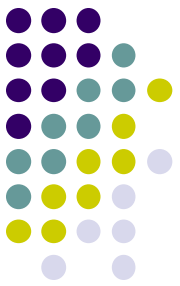


Formación de estructuras cíclicas de las hexosas

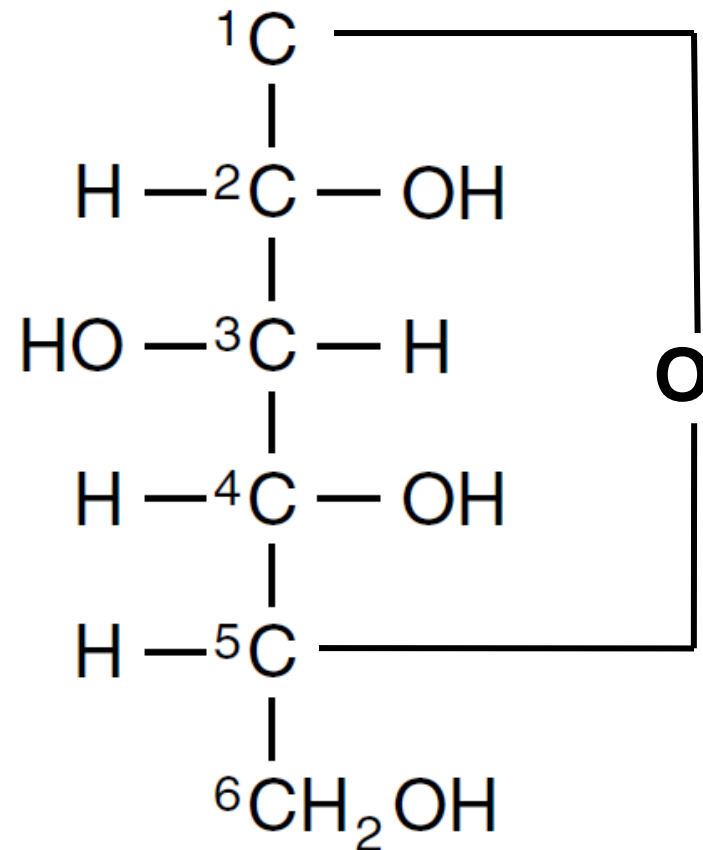
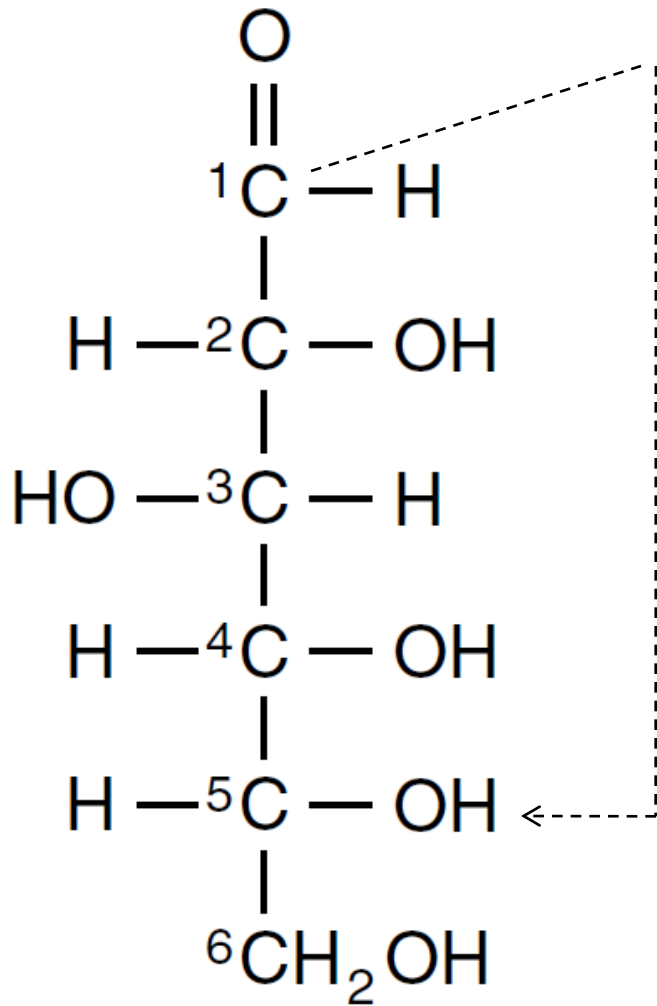


≡





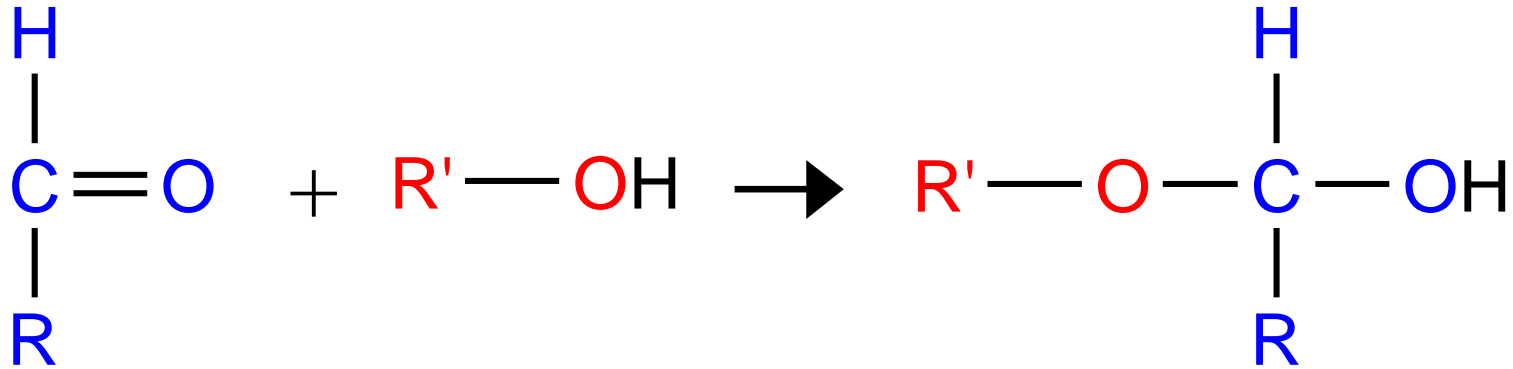
Un grupo aldehído o un cetona de un monosacárido puede reaccionar reversiblemente con un grupo OH de la misma molécula para formar un hemiacetal o un hemicetal intramolecular originando una estructura cíclica.



Al producirse la ciclación, el carbono carbonilo se transforma en un nuevo centro quiral.

Este carbono se denomina: **carbono anomérico**

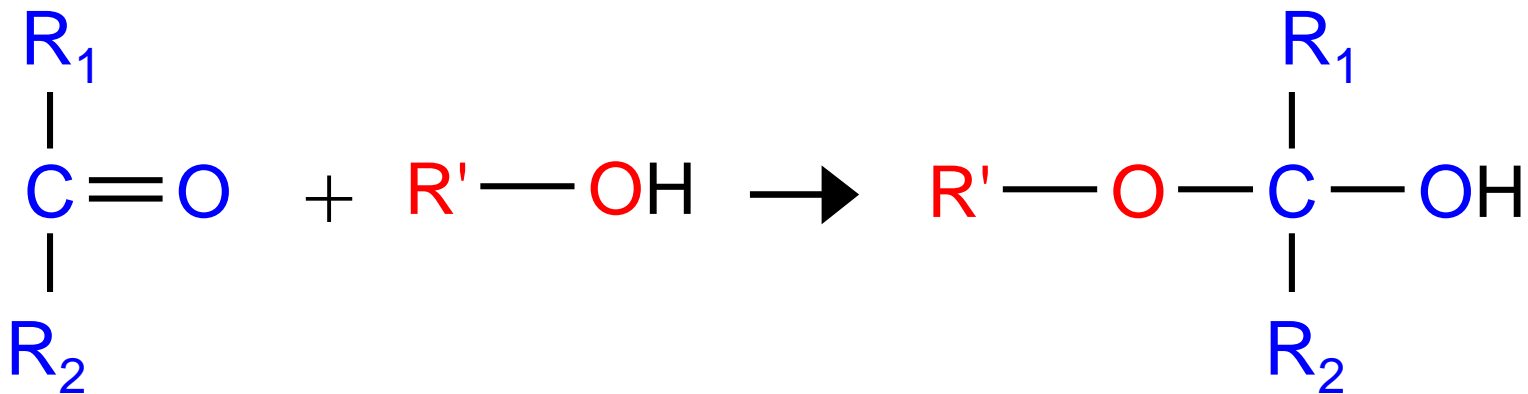
¿ Cómo se forman las estructura cíclicas (en anillo) ?



Aldehido

Alcohol

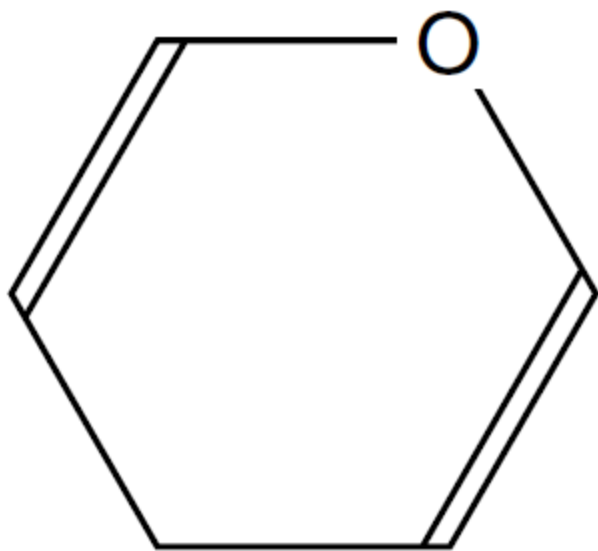
Hemiacetal



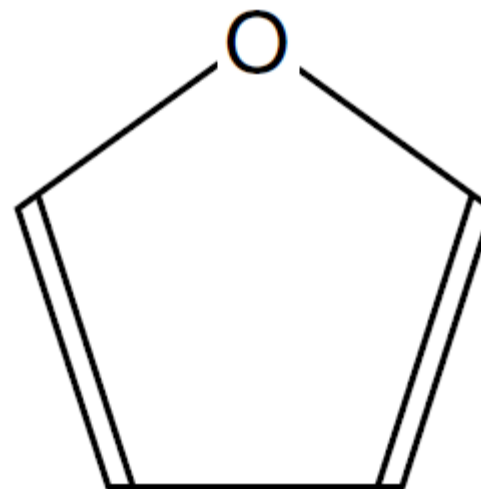
Cetona

Alcohol

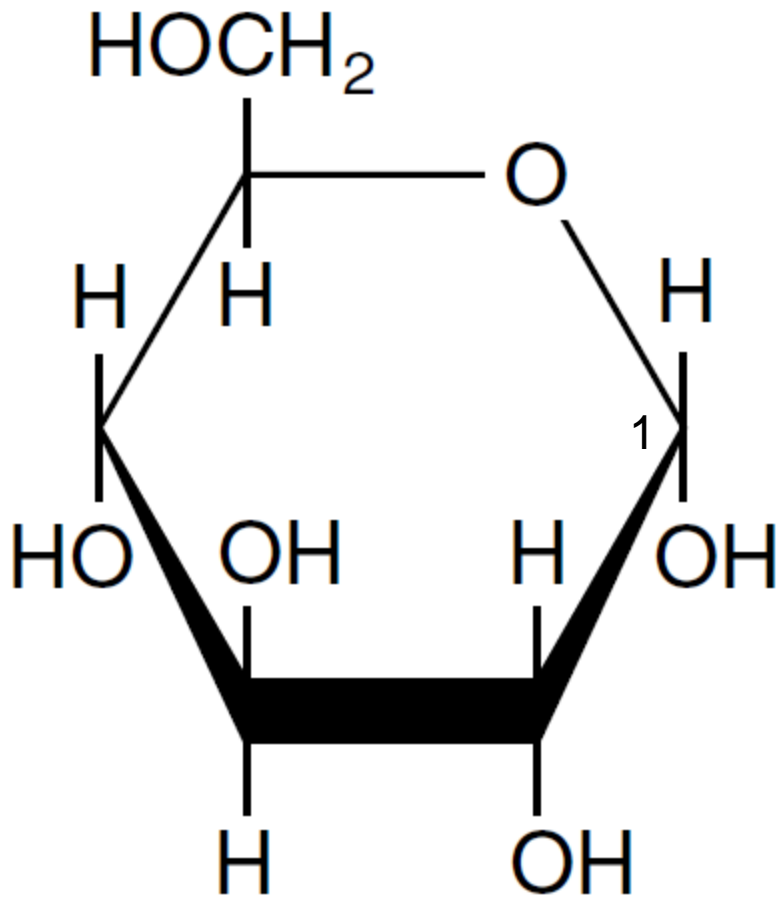
Hemicetal



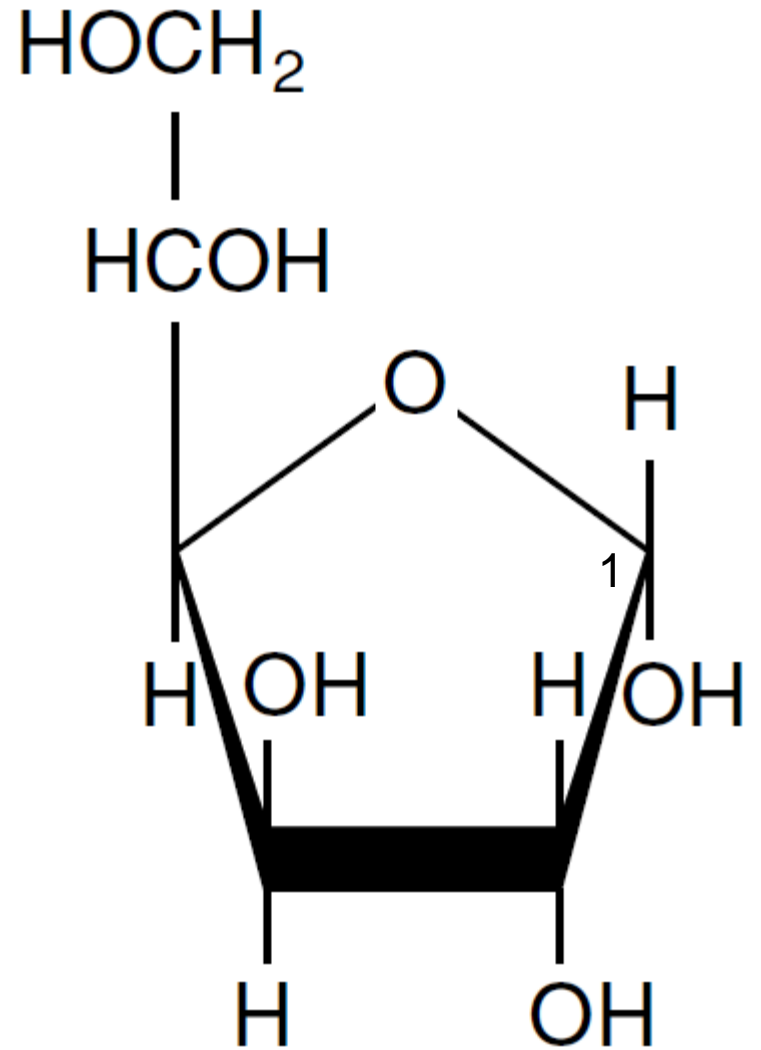
Pirano



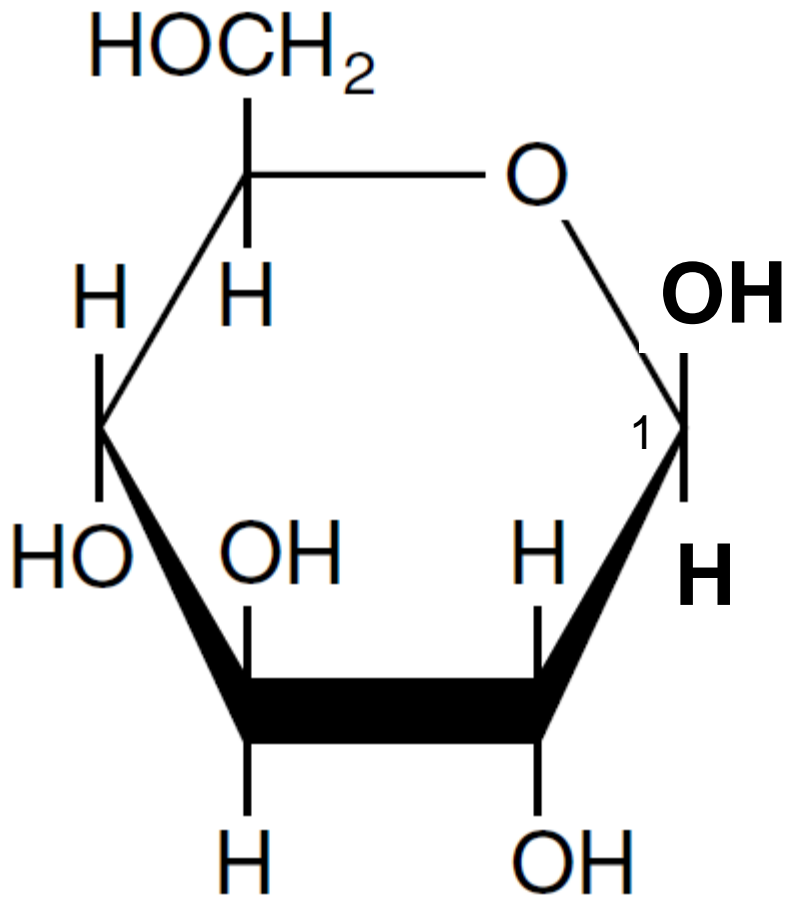
Furano



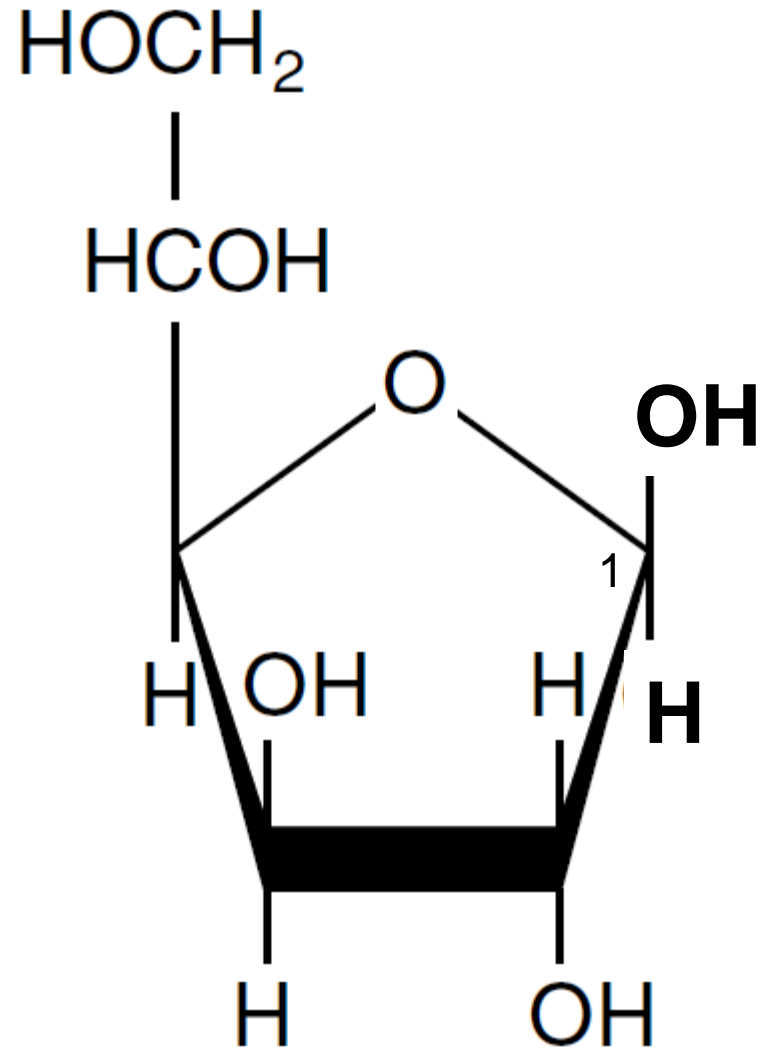
α -D- **Glucopiranososa**



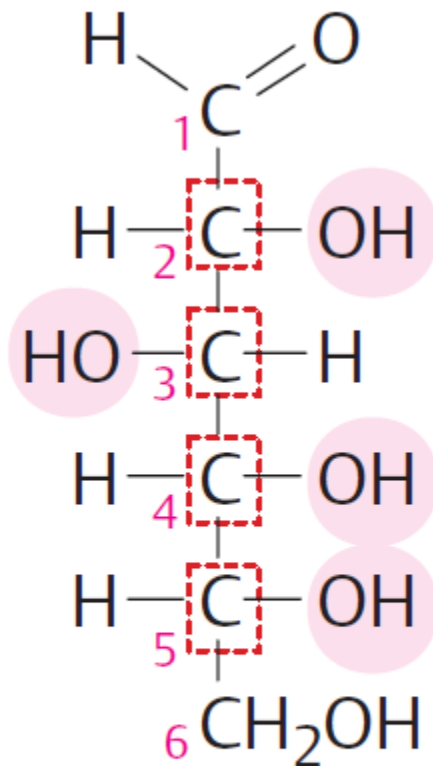
α -D- **Glucofuranosa**



β -D- Glucopiranososa

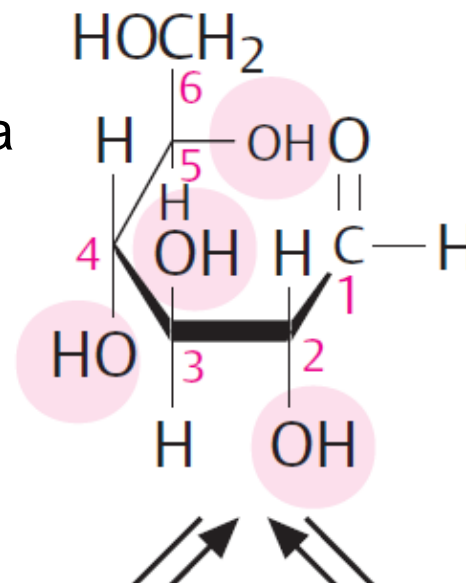


β -D- Glucofuranosa

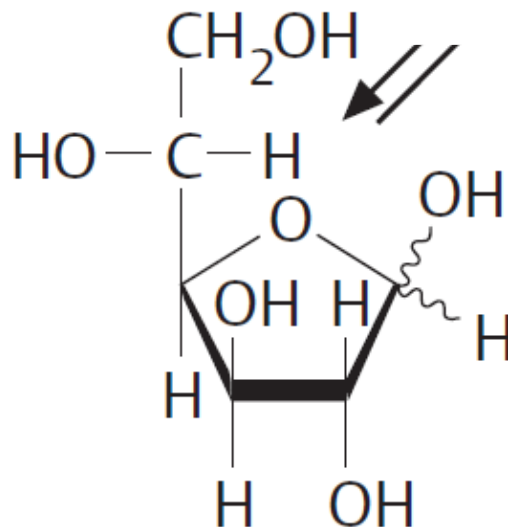


Proyección de Fisher

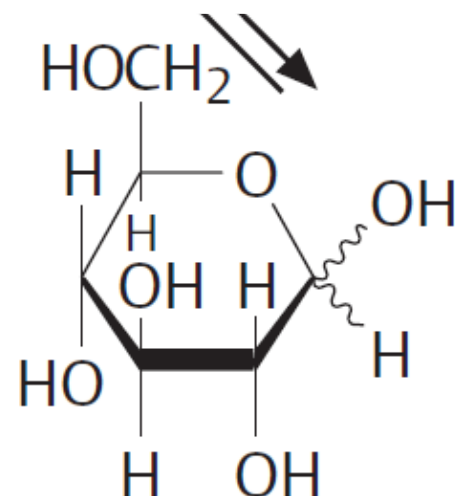
Forma de cadena Abierta (< 0.1%)



Formación del hemiacetal

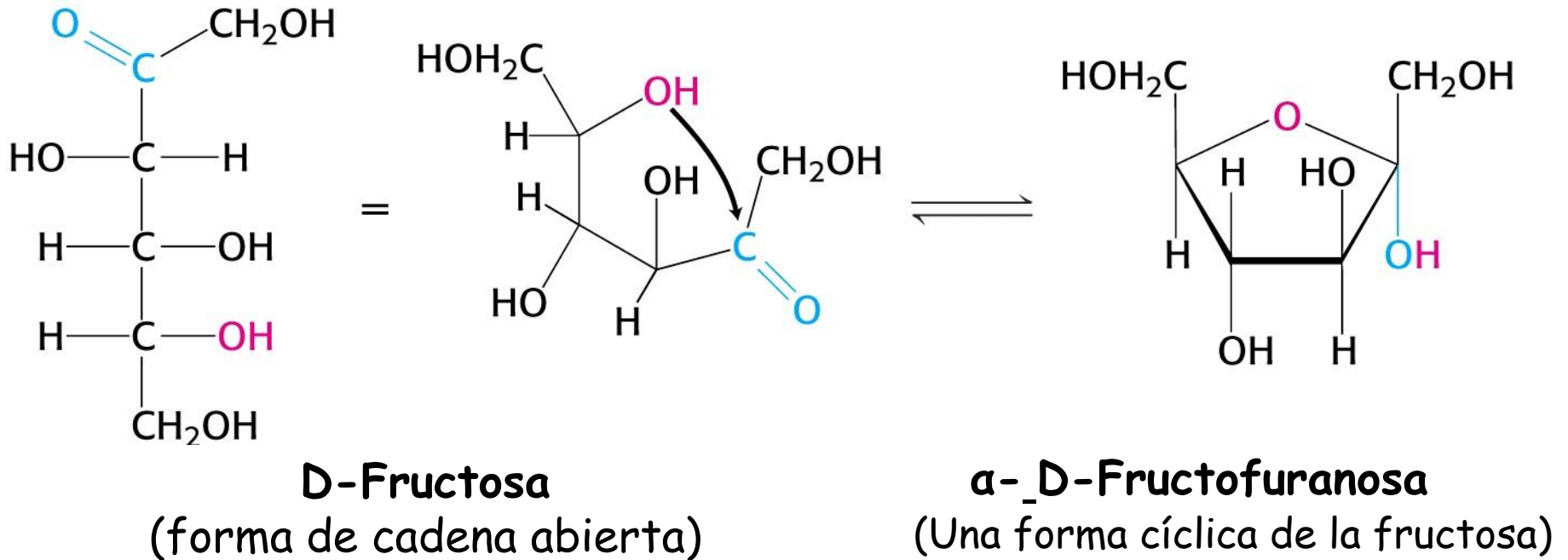


β-D-Glucofuranosa (< 1 %)



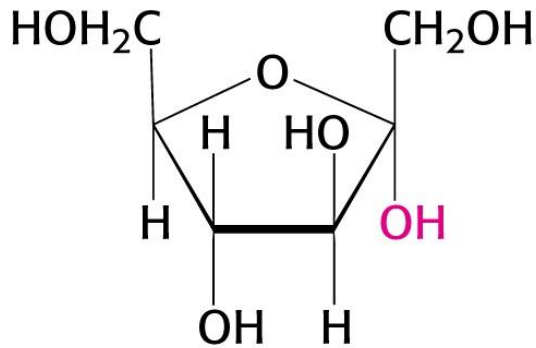
β-D-Glucopiranososa (99 %)

Estructura en anillo de la Fructosa: (Anillos Furanósicos)

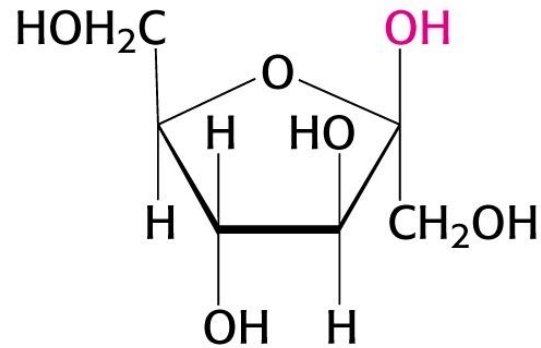


El C2 reacciona con el hidroxilo del C5 para formar un **hemicetal intramolecular**

Formas furanosa y piranosa de la Fructosa

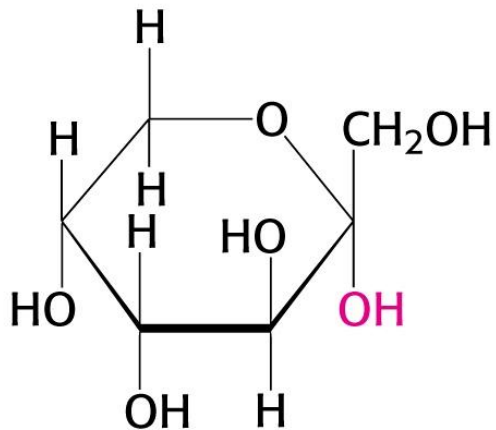


α -D- Fructofuranosa

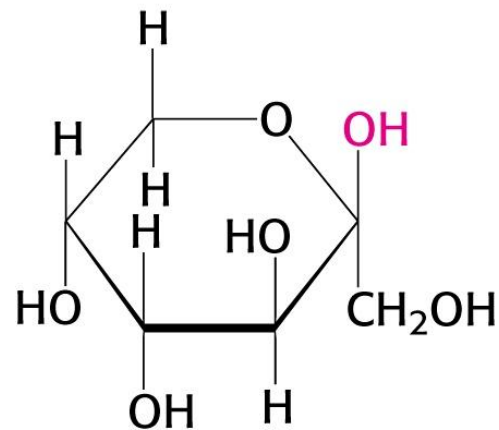


β -D- Fructofuranosa

Mas
Comunes

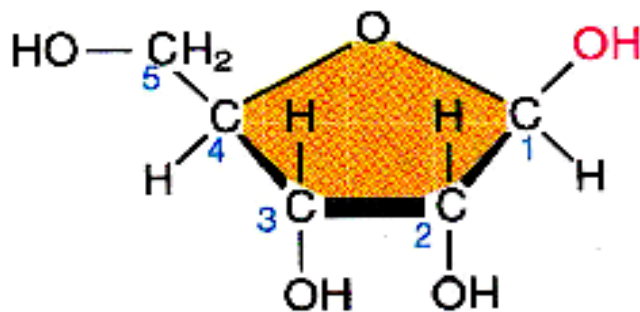
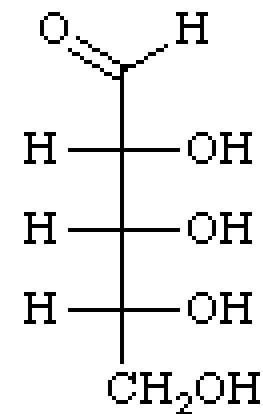
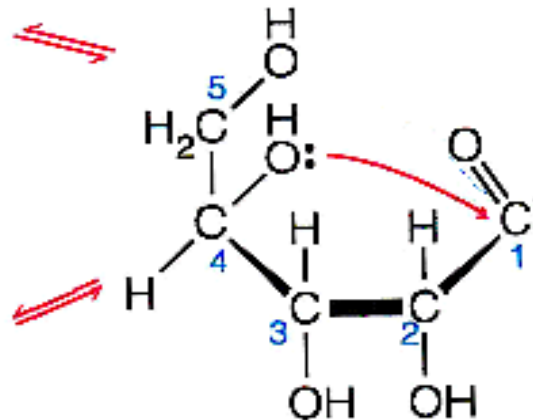
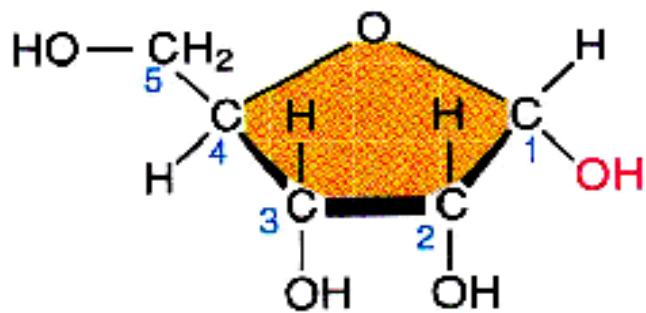


α -D- Fructopiranososa



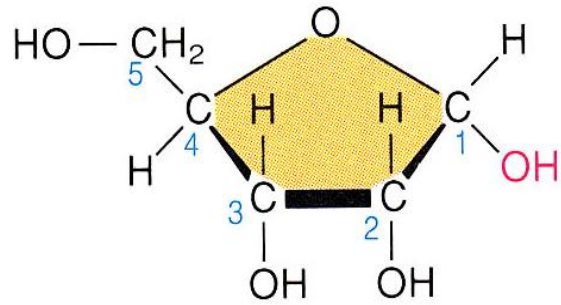
β -D- Fructopiranososa

Estructura en anillo de la Ribosa: (anillos Furanósicos)

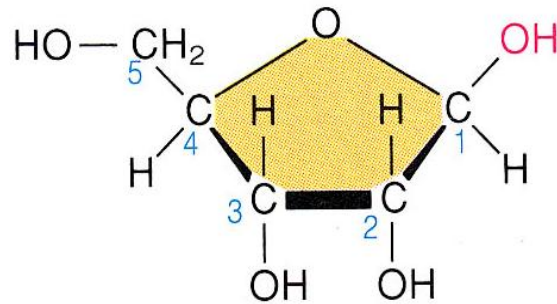


El C1 reacciona con el hidroxilo del C-4 para formar un **hemiacetal intramolecular**.

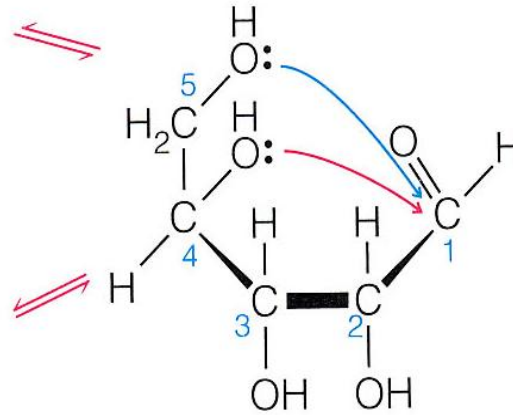
Ribosa: Formas cíclicas



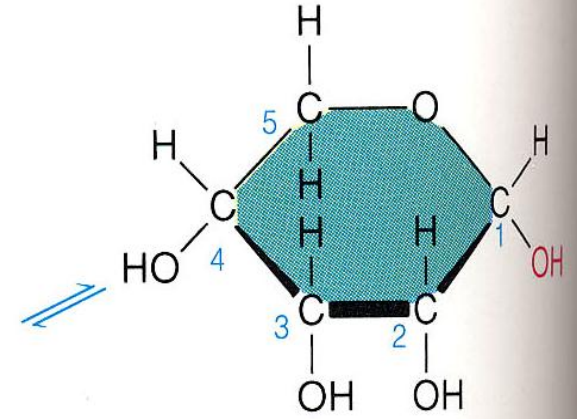
α -D-Ribofuranosa



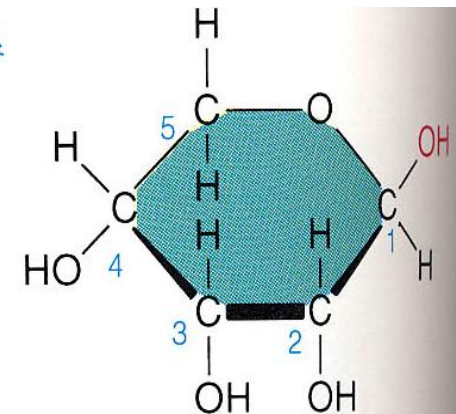
β -D-Ribofuranosa



D-Ribosa



α -D-Ribopiranososa



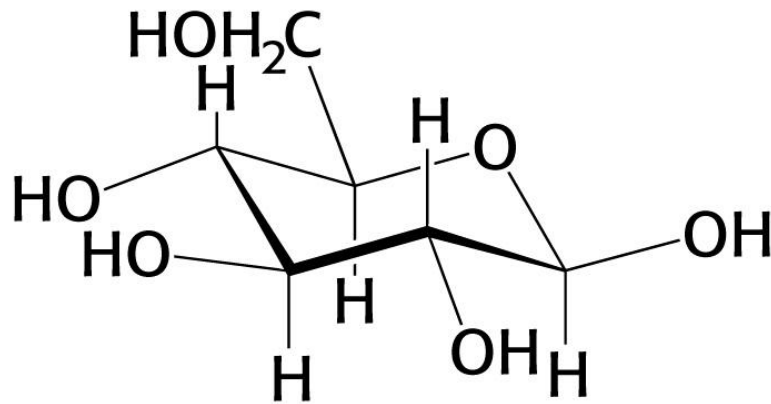
β -D-Ribopiranososa

El C1 aldehídico puede reaccionar con el OH del C4 o C5 para formar un hemiacetal intramolecular.

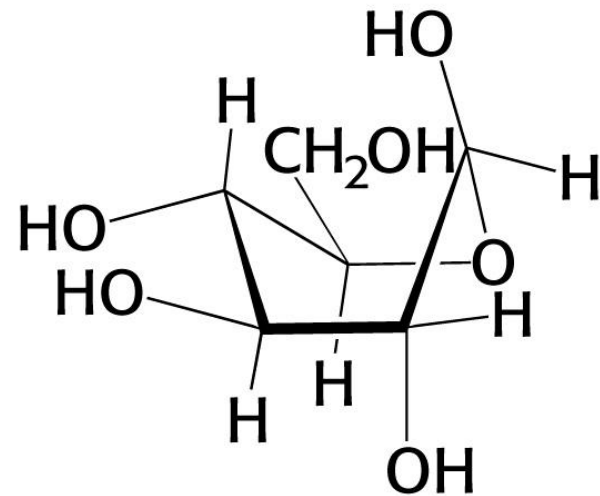
La forma mas común es Furanósica

Representación conformacional

- Aunque las fórmulas de Proyección de Haworth suelen utilizarse para representar los monosacáridos, realmente, son una simplificación ya que los anillos de piranosa no son planares debido a la geometría de los átomos de carbono saturados (ángulos de enlace). Las estructuras conformacionales son más exactas:
- **Adoptan 2 formas de conformación:**

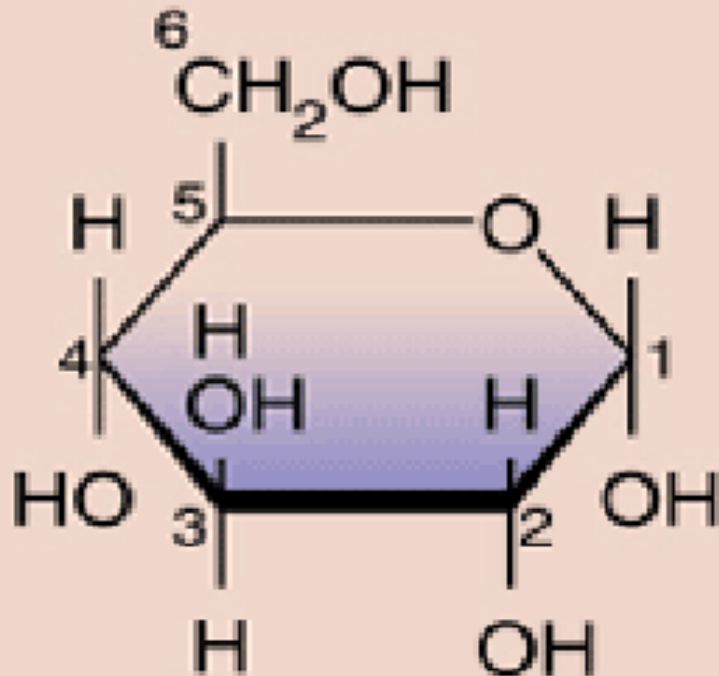


Forma de Silla

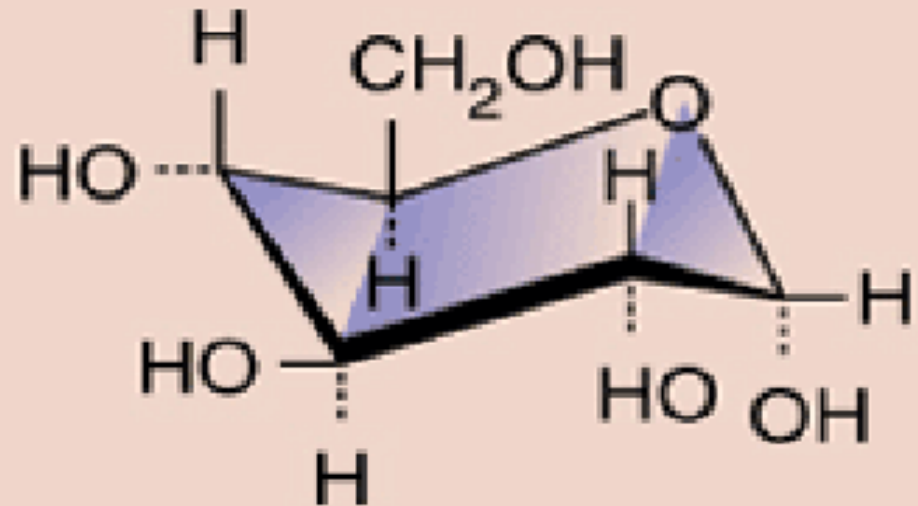


Forma de Bote

α -D-Glucopiranososa (Haworth)



α -D-Glucopiranososa (Conformacional) Silla



Los grupos en el anillo tienen 2 posibles orientaciones:

- **Axial** : perpendiculares al plano del anillo
- **Equatorial** : paralelos al plano del anillo

Isómeros de los sacáridos

Estereoisómeros: Moléculas que poseen la misma fórmula molecular pero difieren en la configuración espacial de algunos grupos de átomos

*Enantiómeros: Son imágenes especulares entre sí
(Isomerismo D y L)*

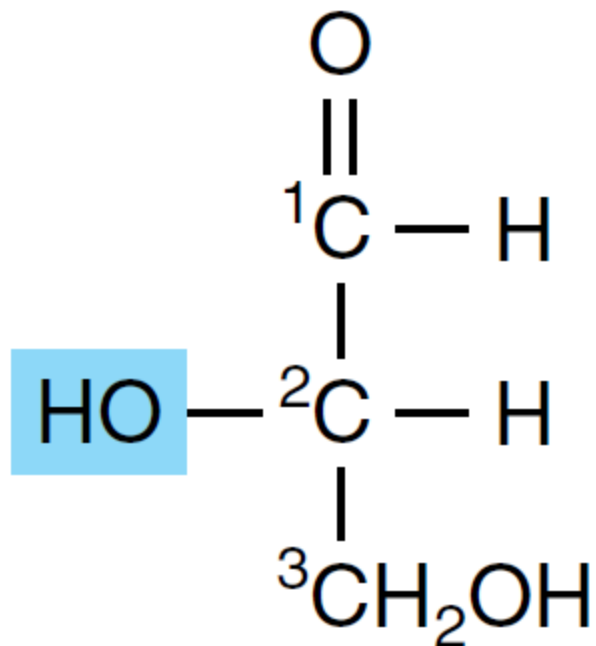
Diastereoisómeros: No son imágenes especulares entre sí

Epímeros: Difieren en la configuración de un solo carbono

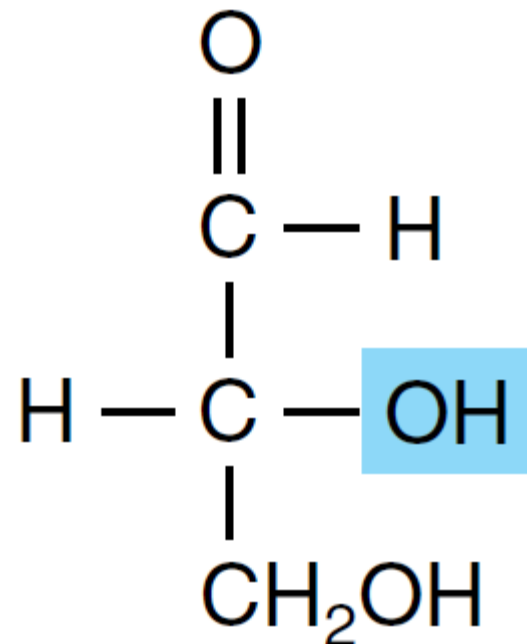
Anómeros: Difieren en la configuración del carbono 1

Aldosa-cetosa: Difieren en su grupo funcional

Enantiómeros: imágenes especulares no superponibles

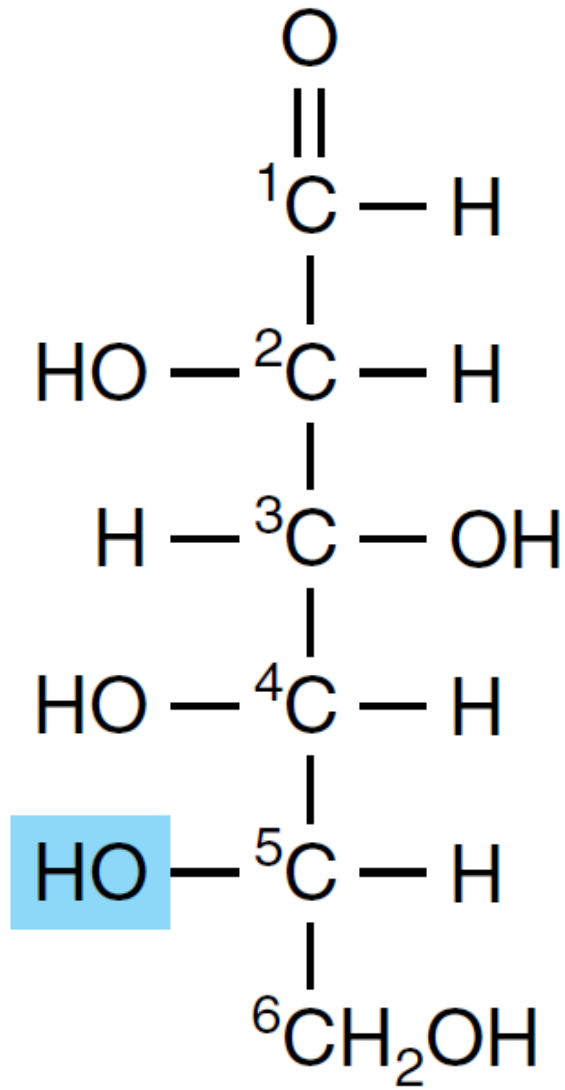


L - Gliceraldehido

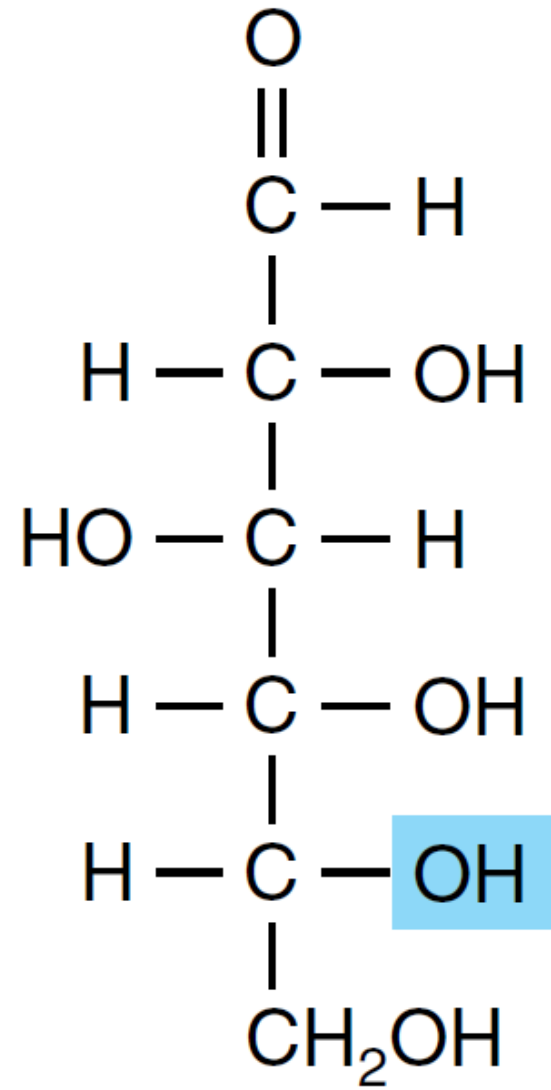


D - Gliceraldehido

Enantiómeros: imágenes especulares

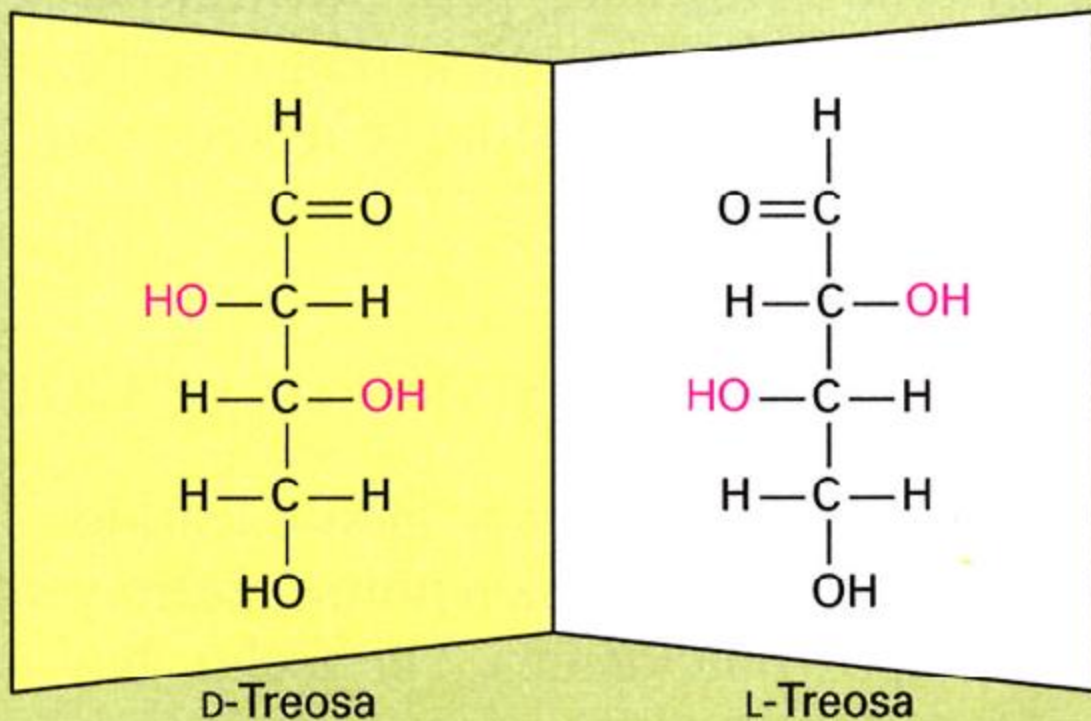


L-Glucosa



D-Glucosa

Enantiómeros
Estereoisómeros
que son imágenes
especulares
uno del otro



D - Azúcares

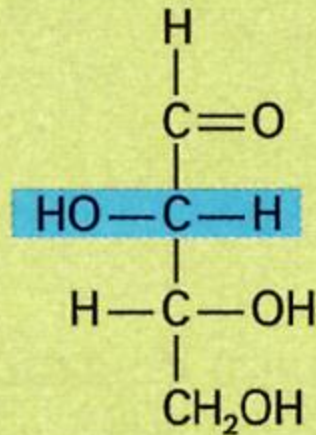
Todos los monosacáridos que ocurren naturalmente son de configuración “D”.

La mayoría de las enzimas del metabolismo de carbohidratos son específicas para la configuración “D”.

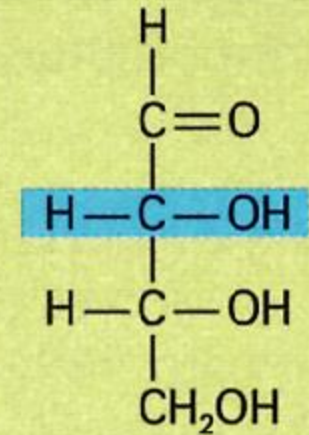
Diastereoisómeros: imágenes no especulares

Diastereoisómeros

Estereoisómeros que no son imágenes especulares uno del otro

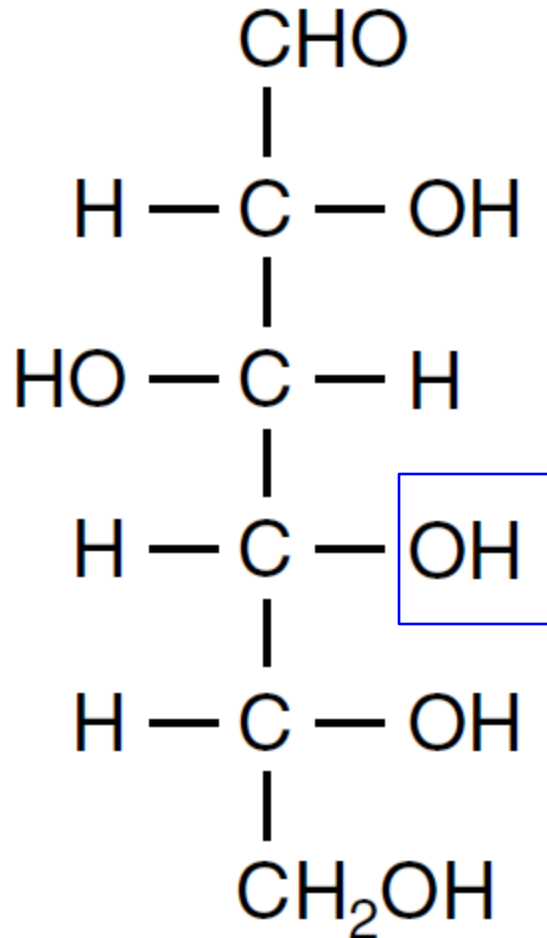


D-Treosa

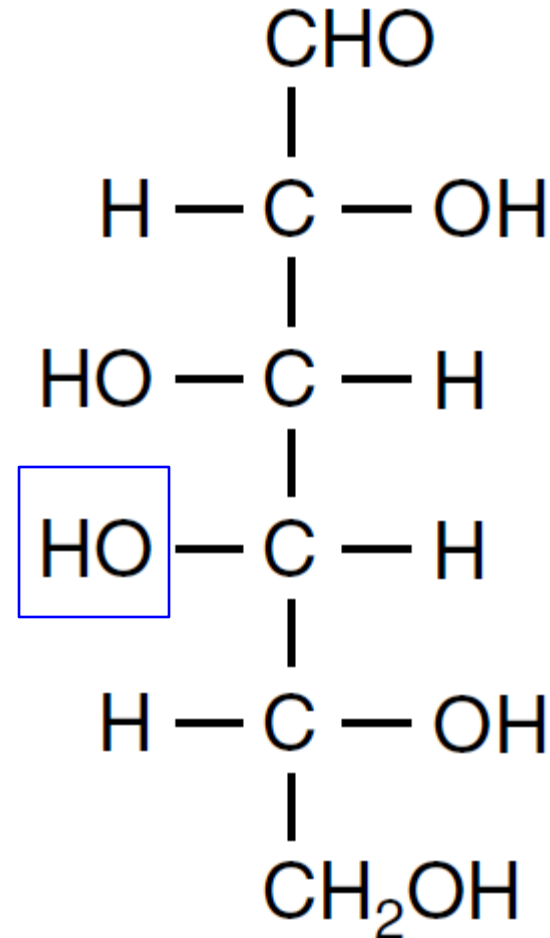


D-Eritrosa

Epímeros: Son diastereoisómeros que difieren en la configuración de un carbono asimétrico

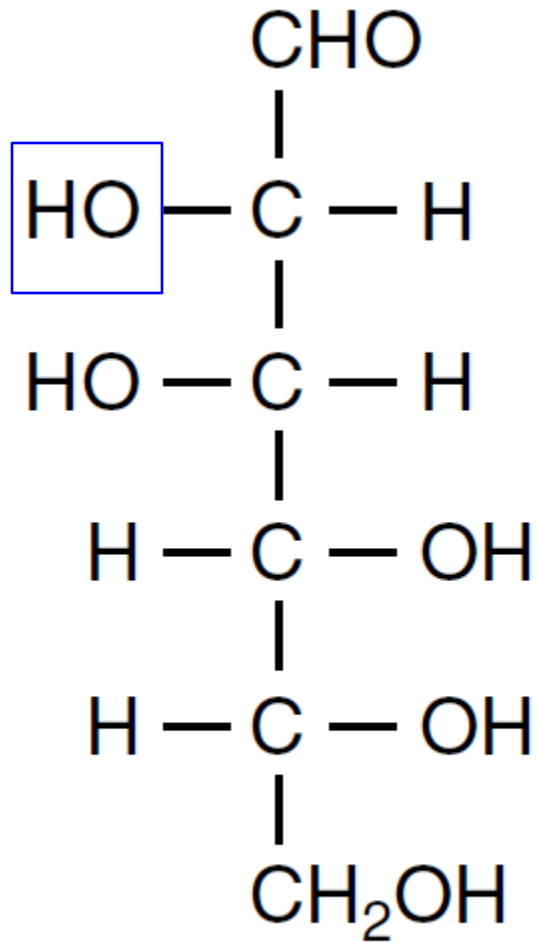


D-Glucosa

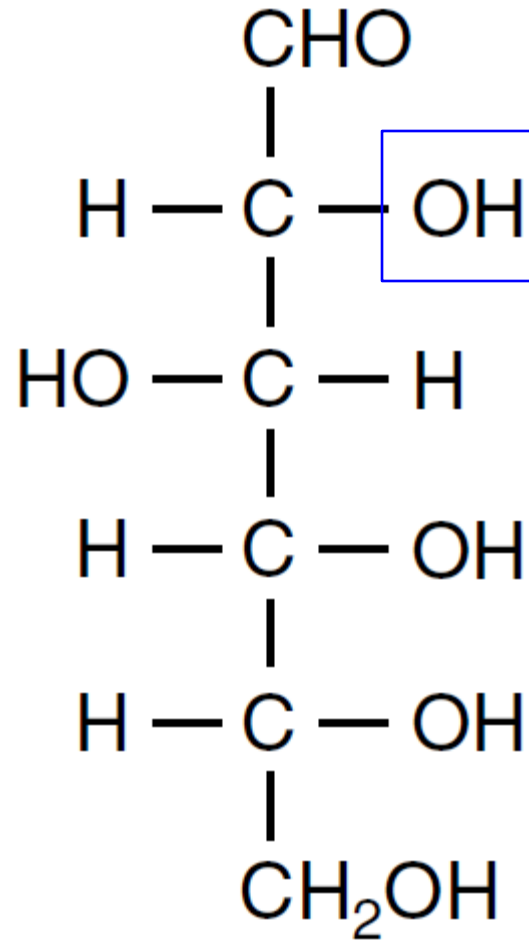


D-Galactosa

Epímeros: Son diastereoisómeros que difieren en la configuración de un carbono asimétrico

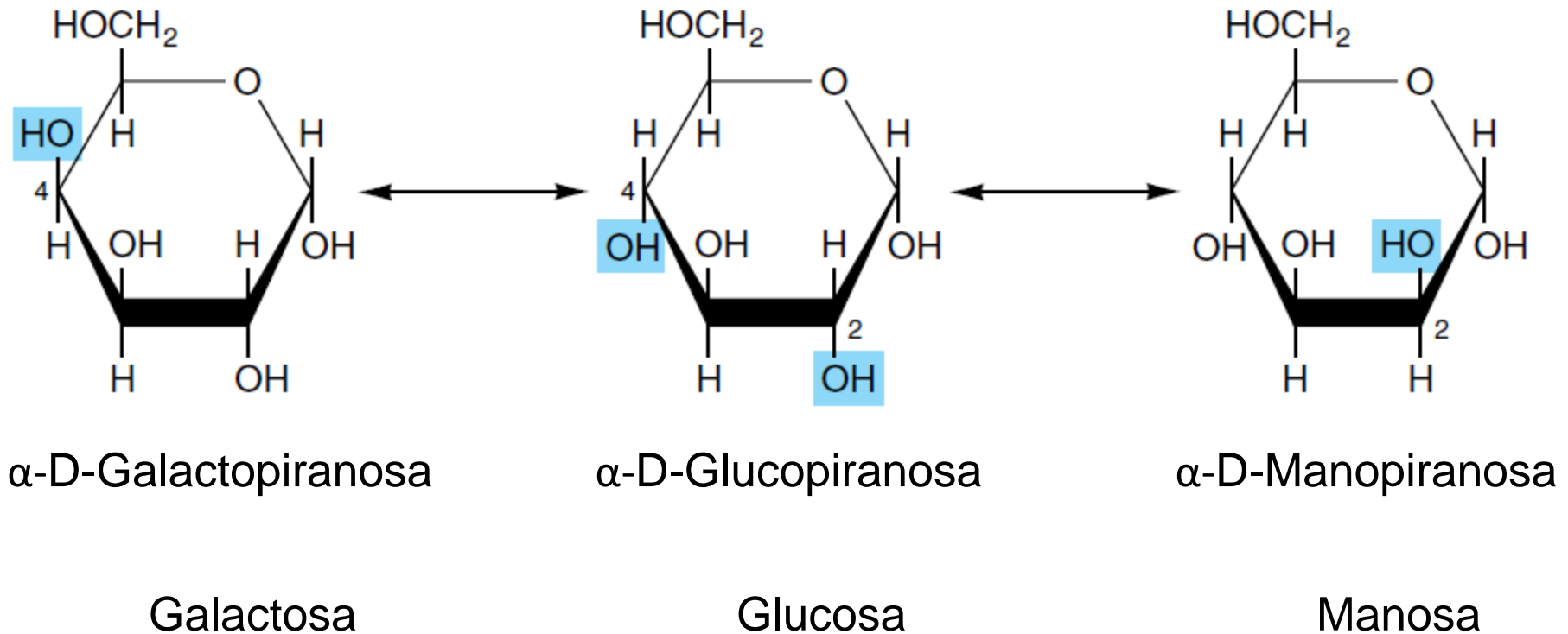


D-Manosa



D-Glucosa

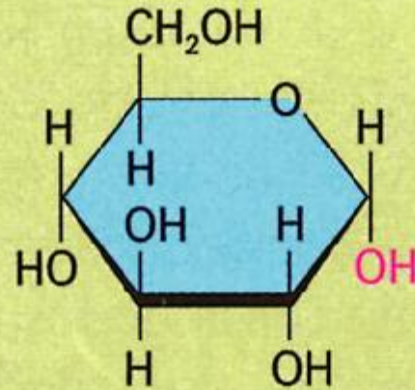
D-Galactosa y D-Manosa son epímeros de La D-Glucosa



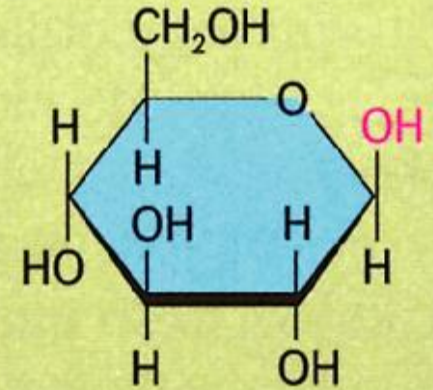
Anómeros: Son diastereoisómeros que difieren en la configuración del carbono anomérico (1)

Anómeros

Estereoisómeros que difieren en la configuración del carbono anomérico



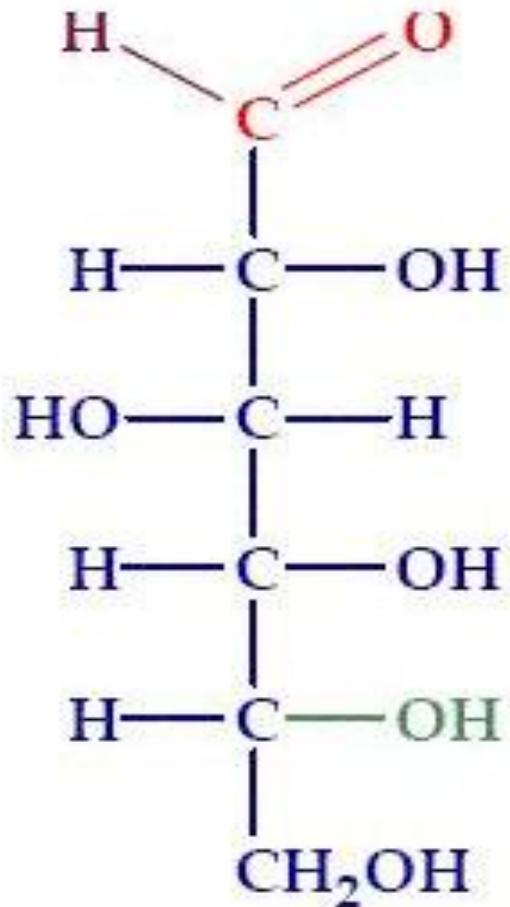
α -D-Glucopiranososa



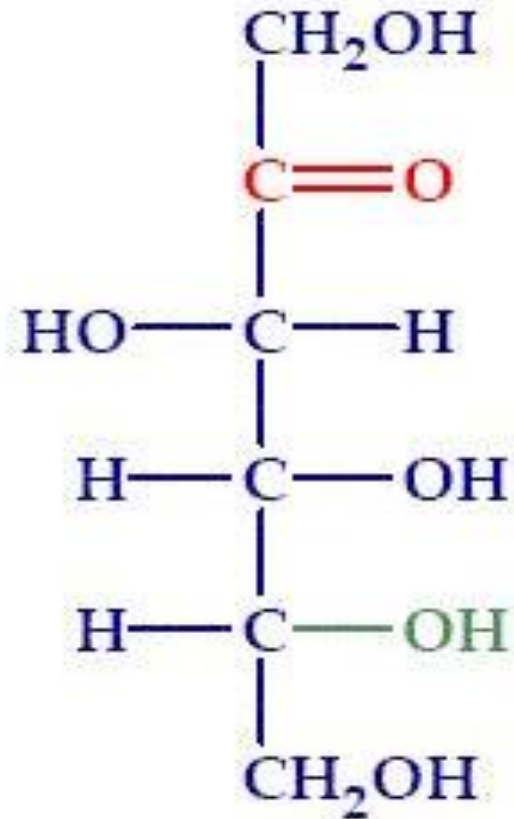
β -D-Glucopiranososa

- α significa: El OH del C-anomérico está hacia abajo
- β significa: El OH del C-anomérico está hacia arriba

Isomería: Aldosa- Cetosa



D-Glucosa

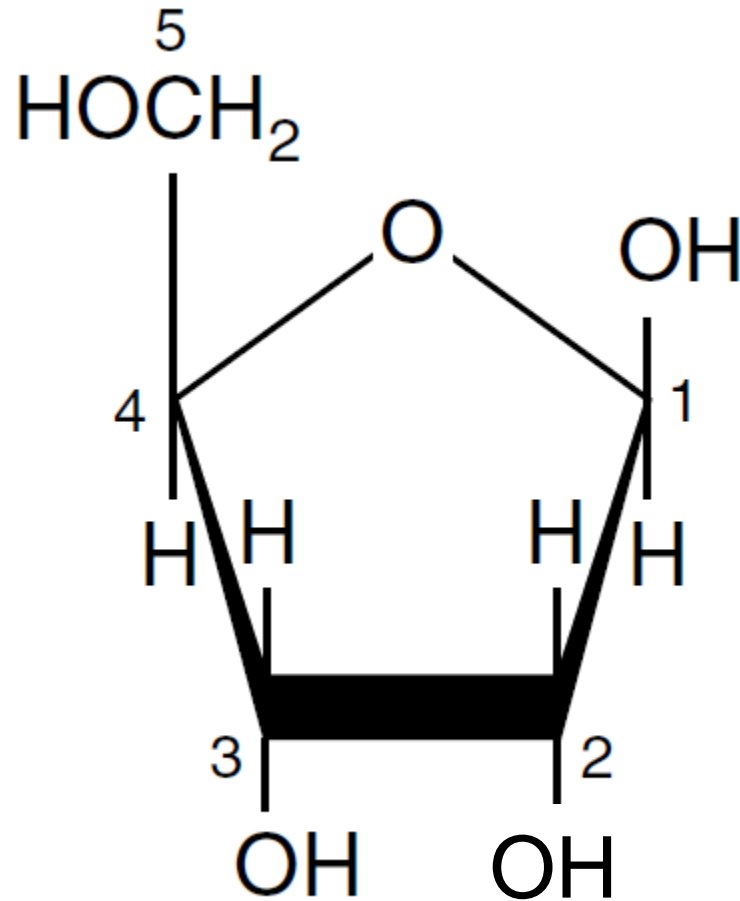


D-Fructosa

**Ejemplos de monosacáridos
de interés fisiológico:**

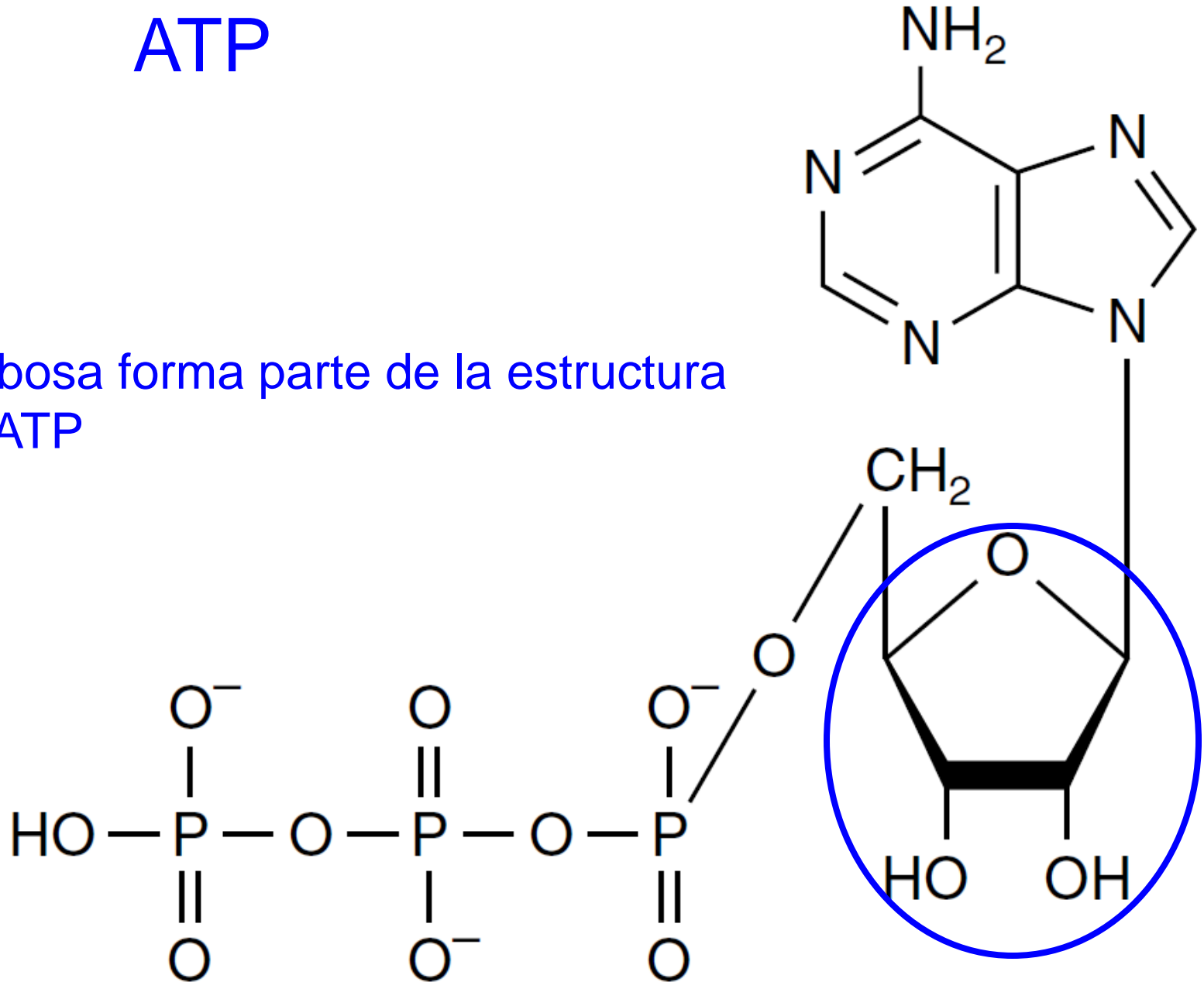
Ribosa (β -D-ribofuranosa)

Forma parte de nucleótidos, coenzimas nucleotídicas,ARN



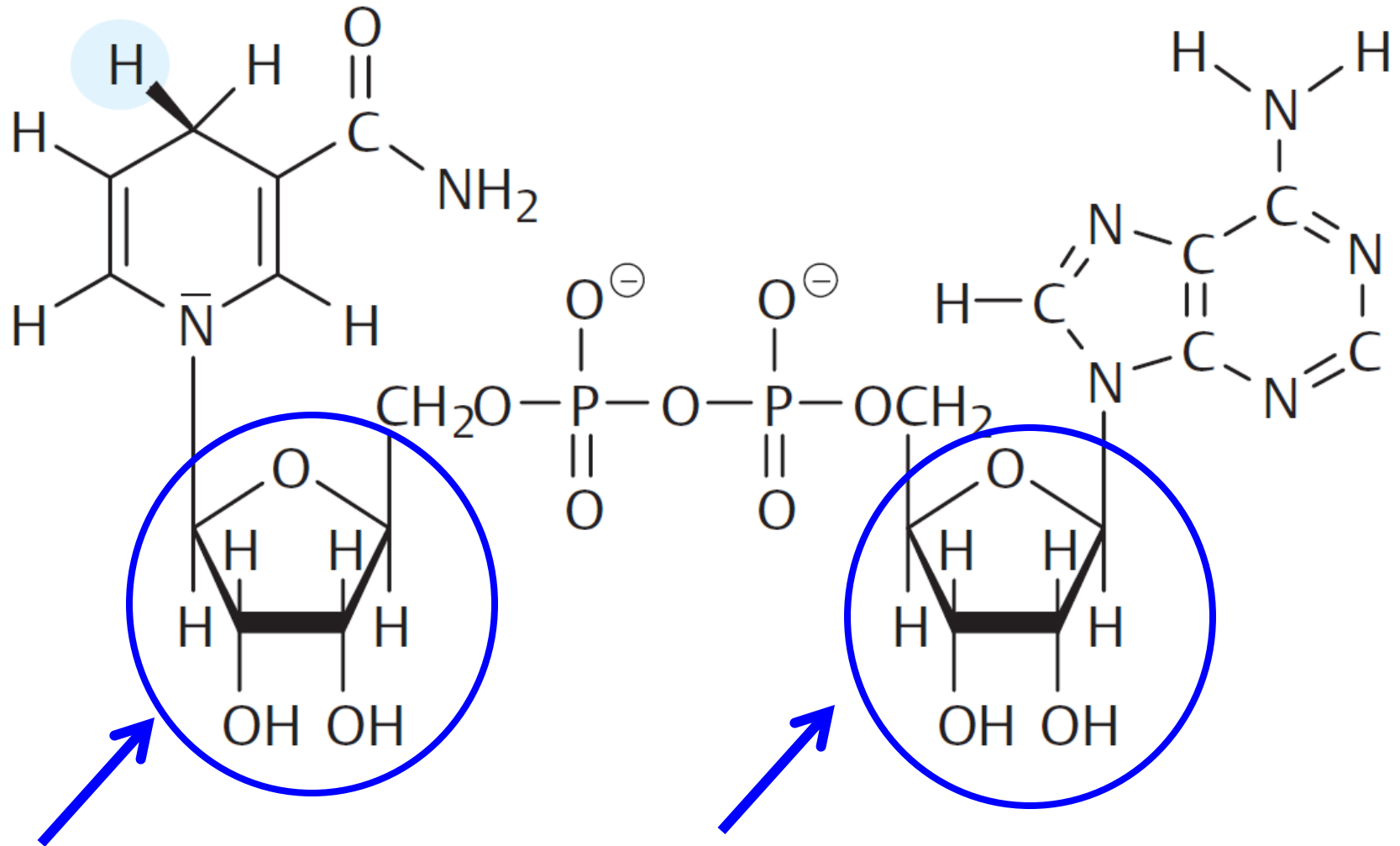
ATP

La ribosa forma parte de la estructura del ATP

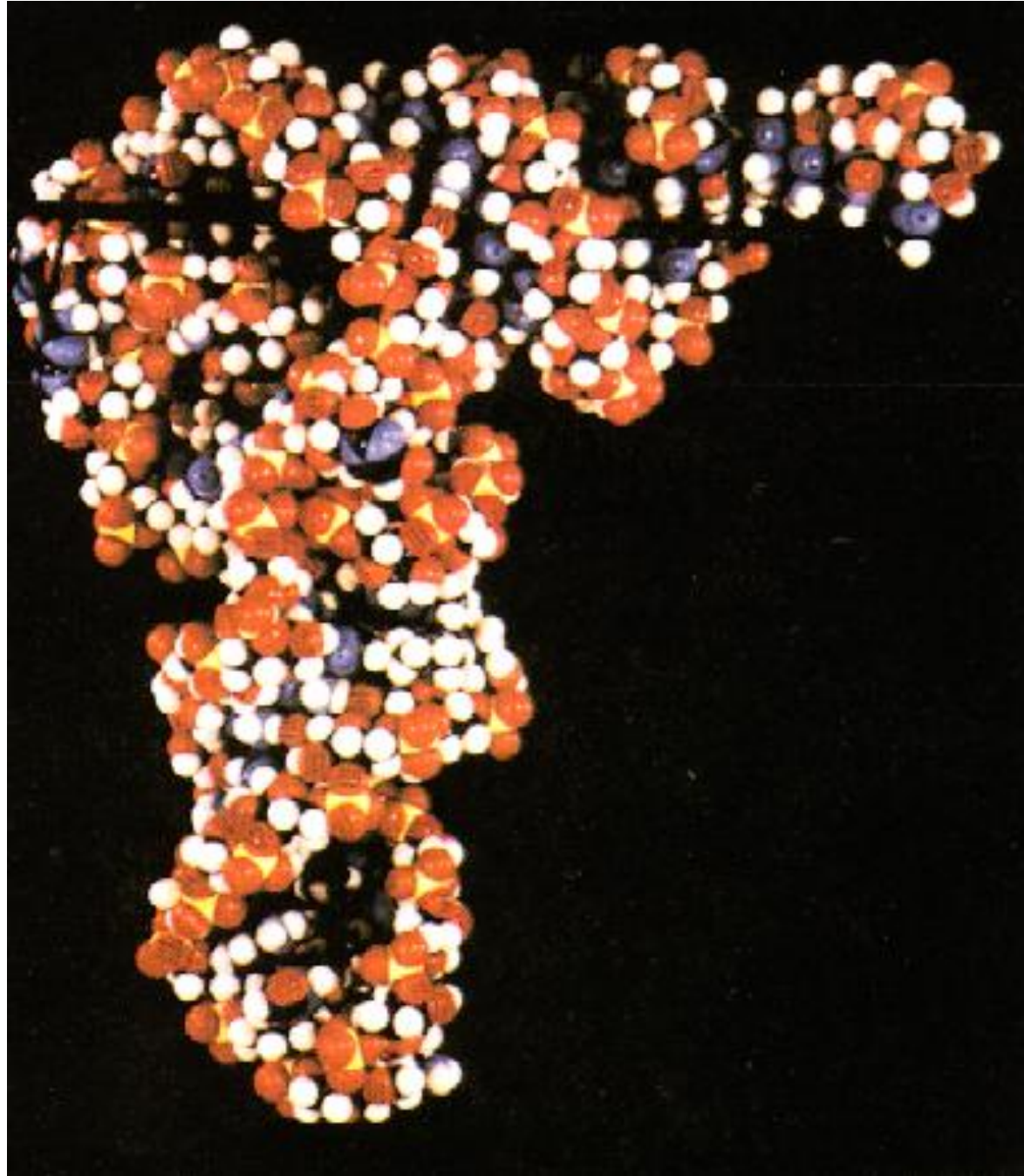
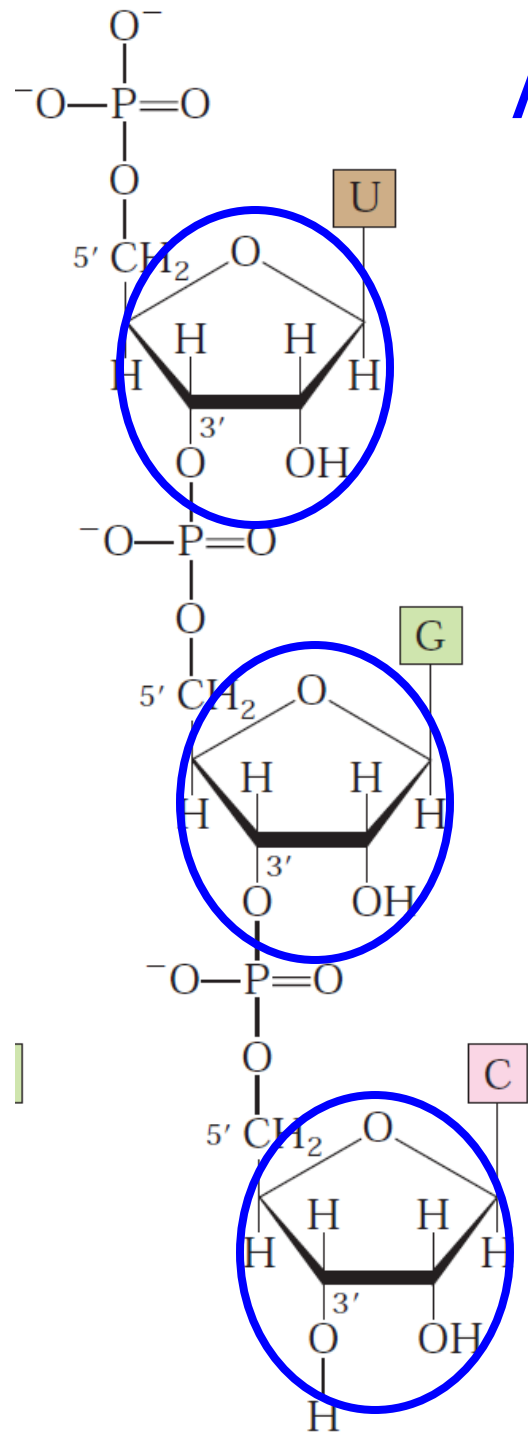


NADH+H⁺

La ribosa forma parte de la estructura de la coenzima NADH+H⁺

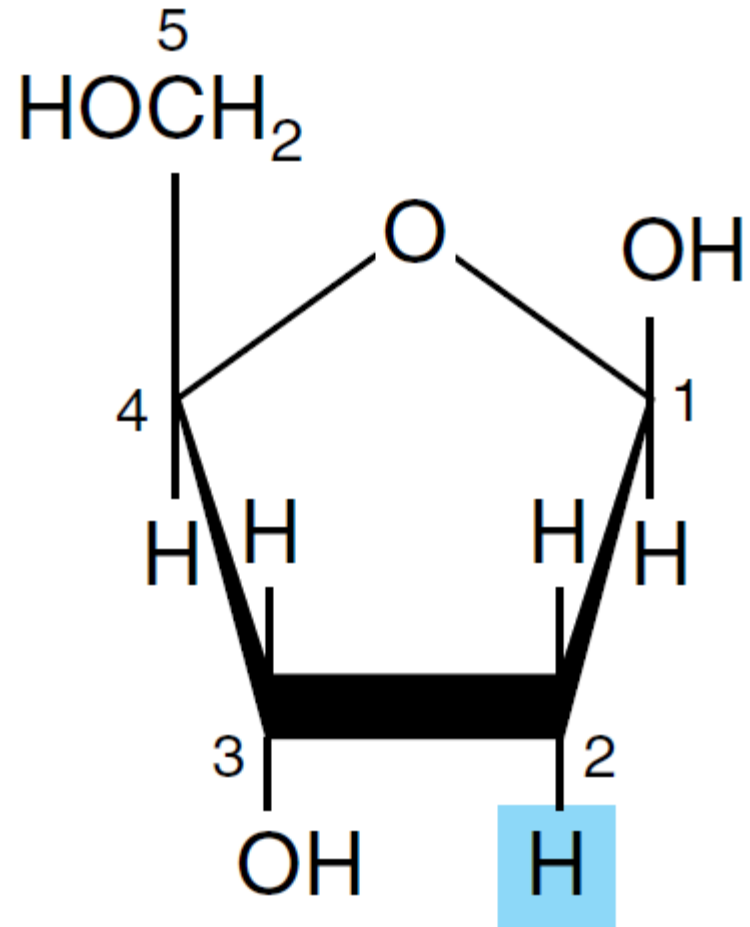


ARN

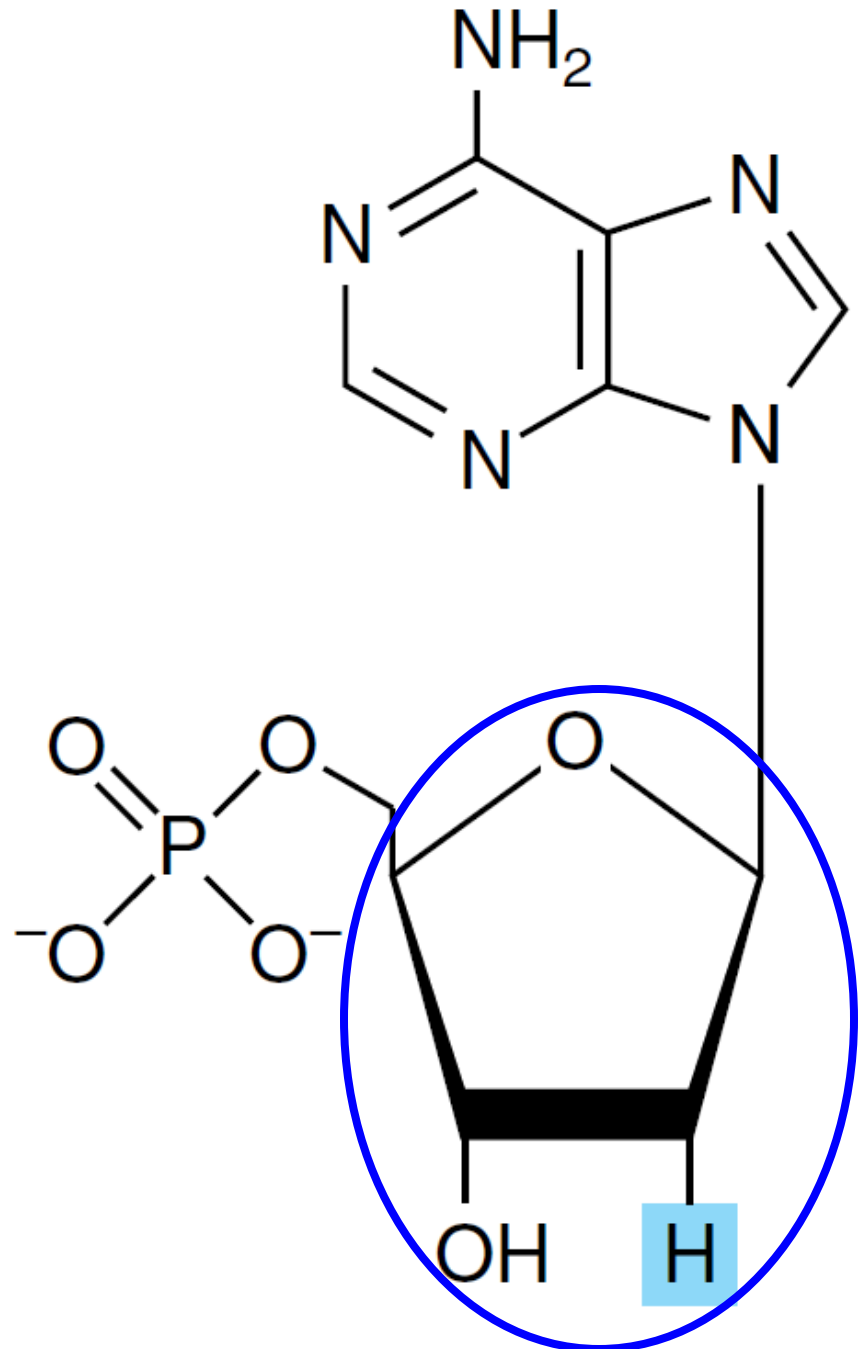


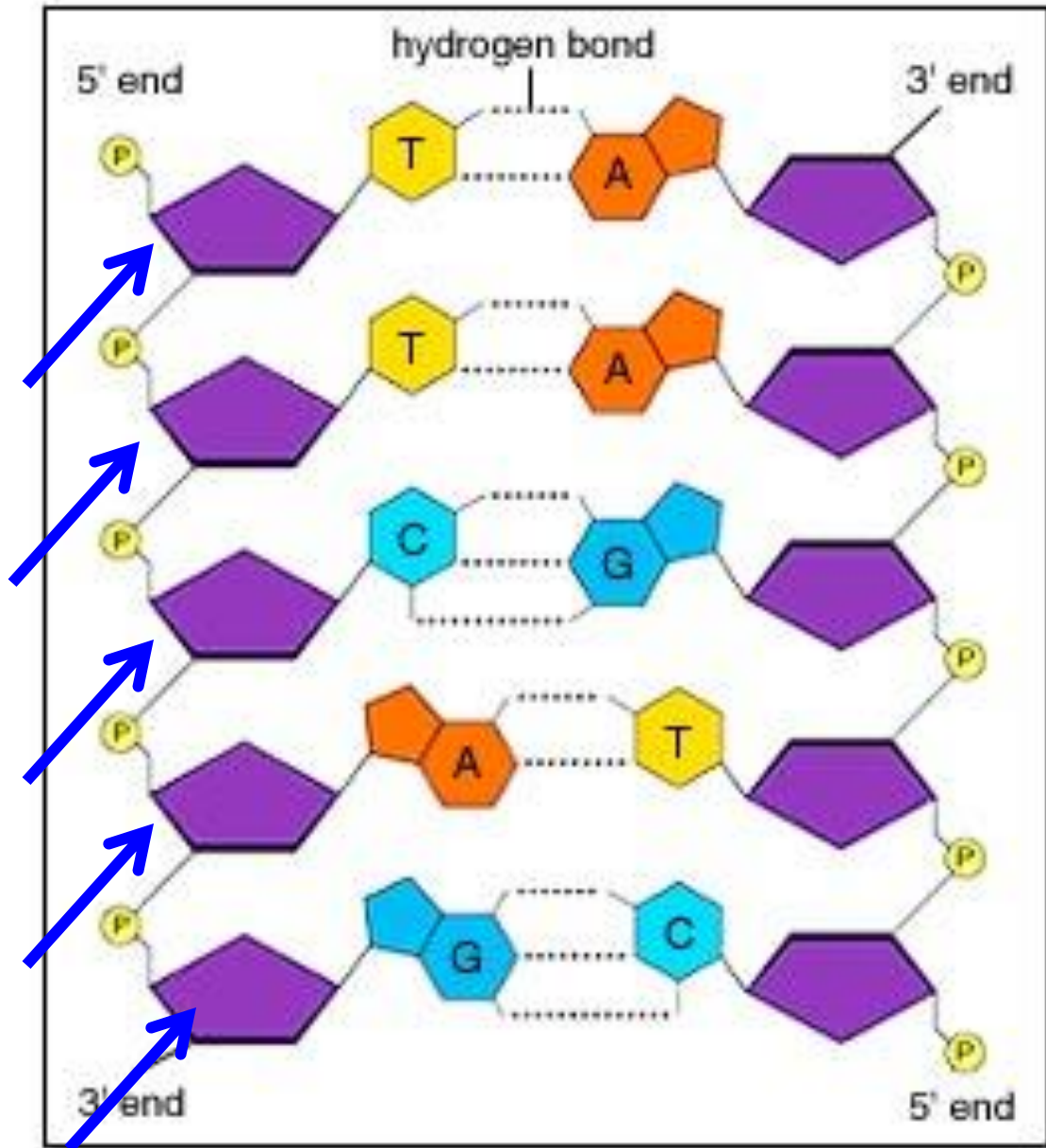
Desoxi ribosa (2-desoxi-β-D-ribofuranosa)

Forma parte de desoxinucleótidos, del ADN

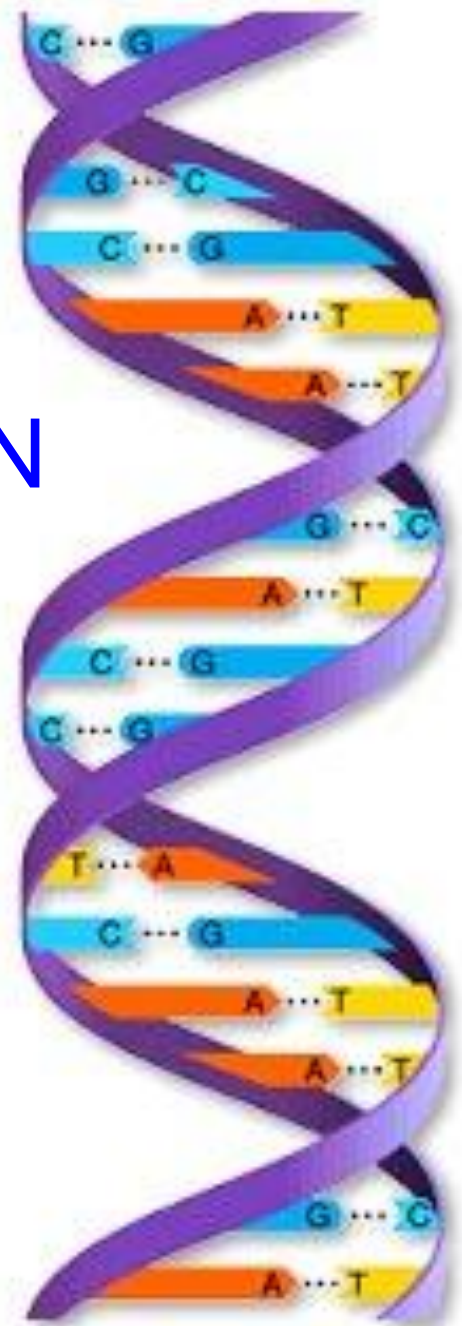


dAMP





ADN



Glucosa

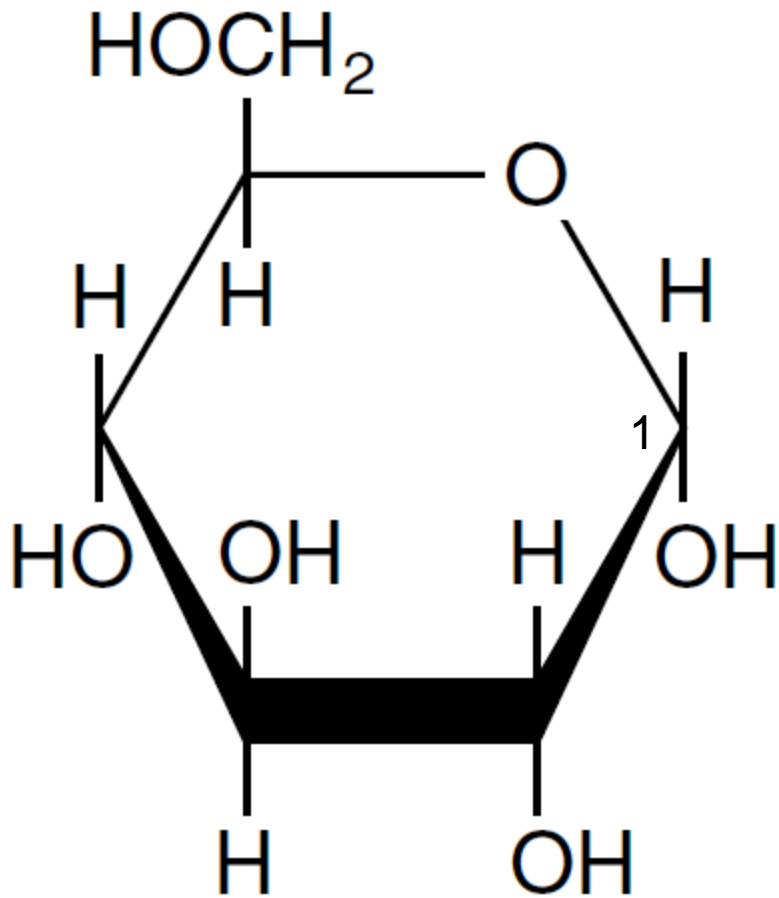
...Monosacáridos mas importantes

Es el monosacárido más abundante de la naturaleza

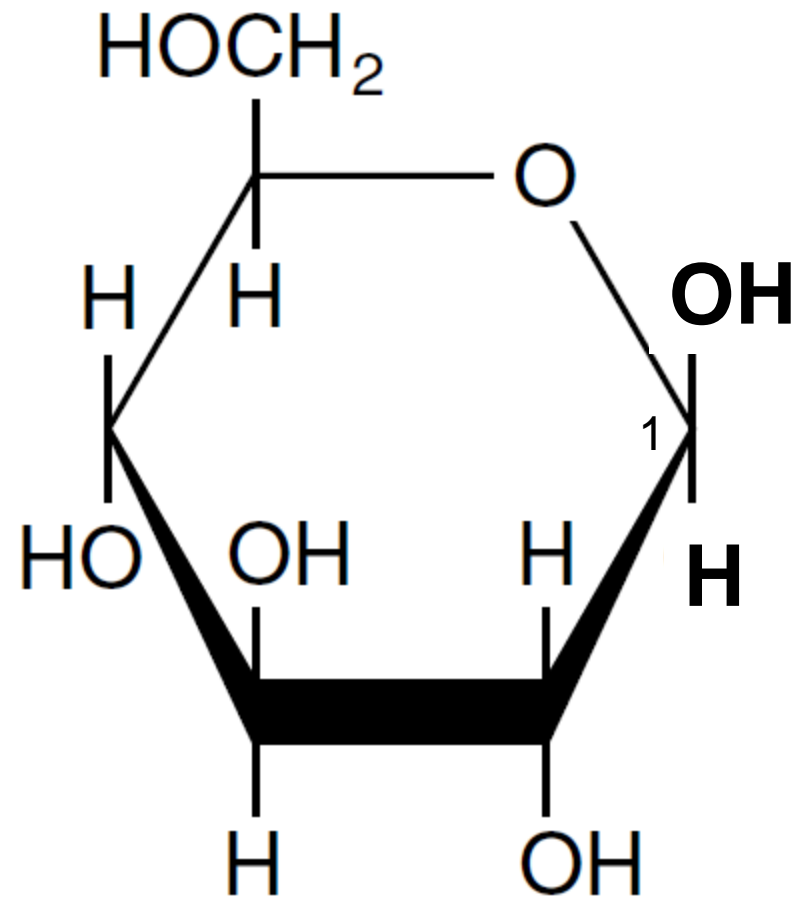
-Se encuentra libre en el suero sanguíneo y medio extracelular (5 mM)

- Forma parte de numerosos di, oligo y polisacáridos

-Casi la totalidad de las células vivientes son capaces de obtener energía a partir de glucosa.

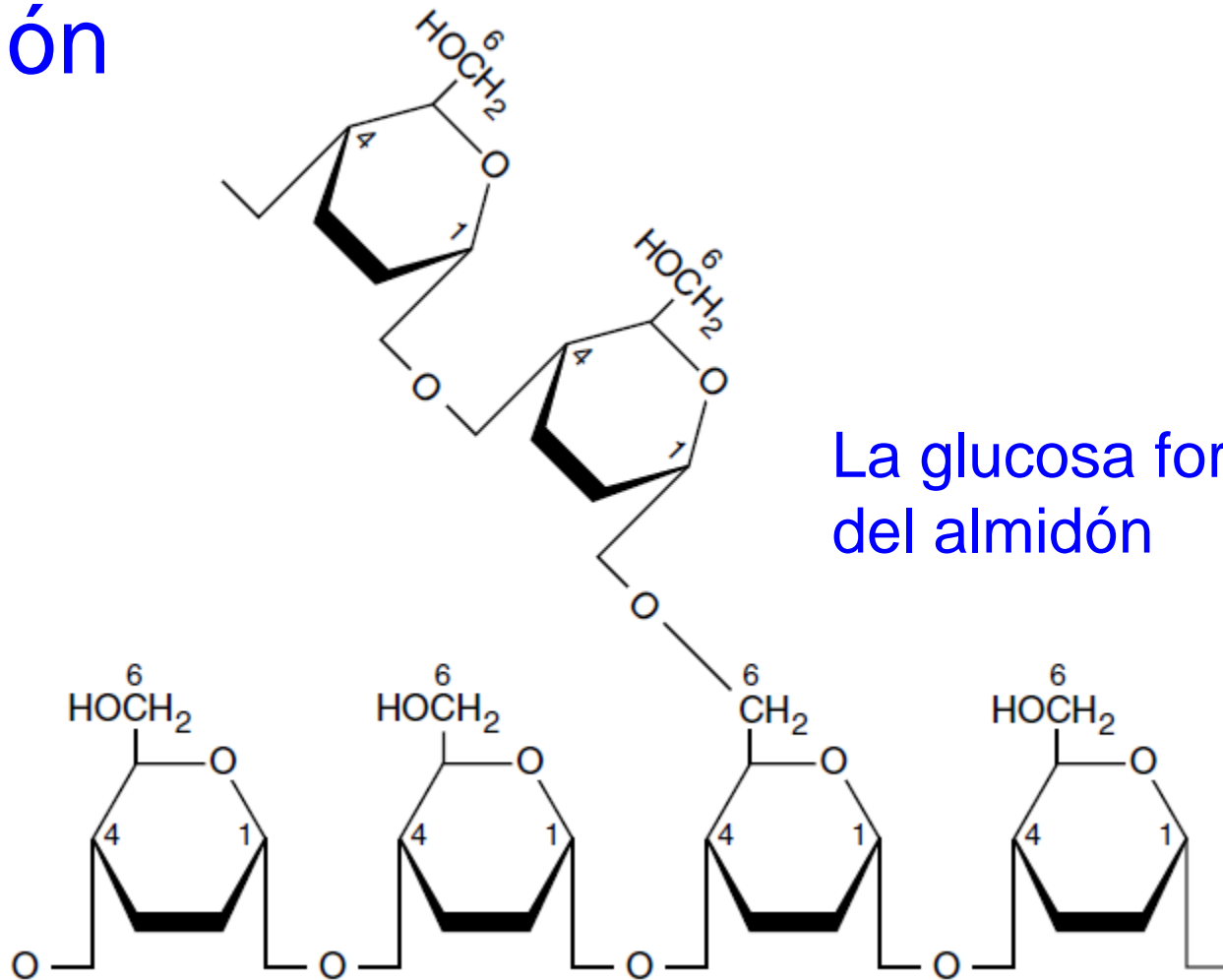


α -D- Glucopiranososa



β -D- Glucopiranososa

Almidón

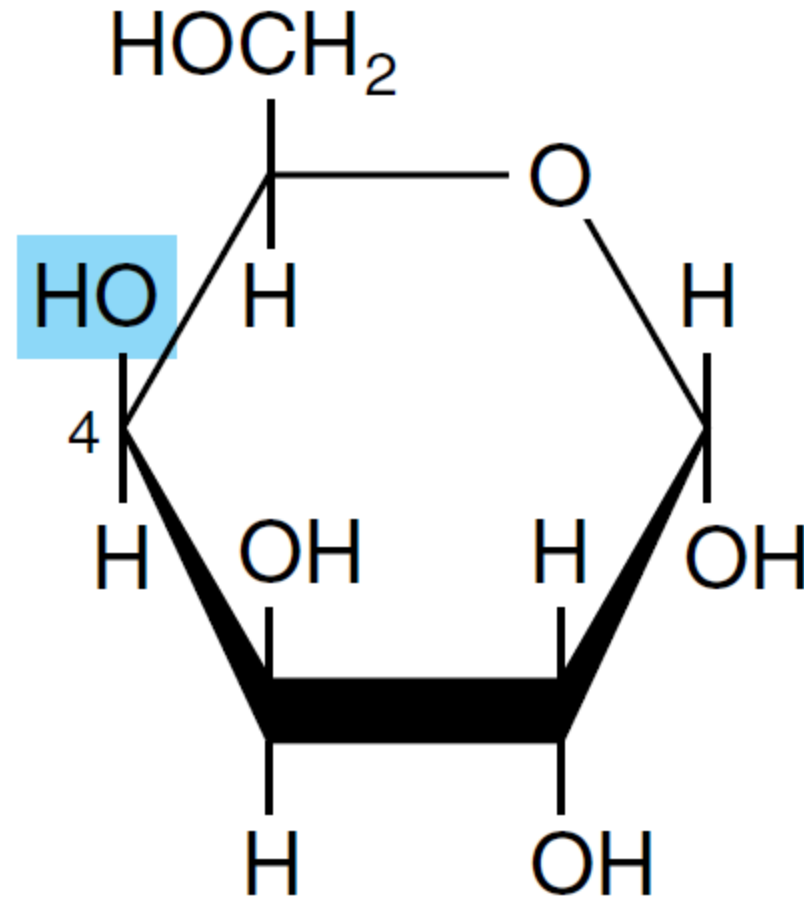


La glucosa forma parte del almidón

La glucosa es el monosacàrido en la molécula de almidón

Galactosa

Forma parte del azúcar de la leche, constituyente de glucolípidos y glucoproteínas

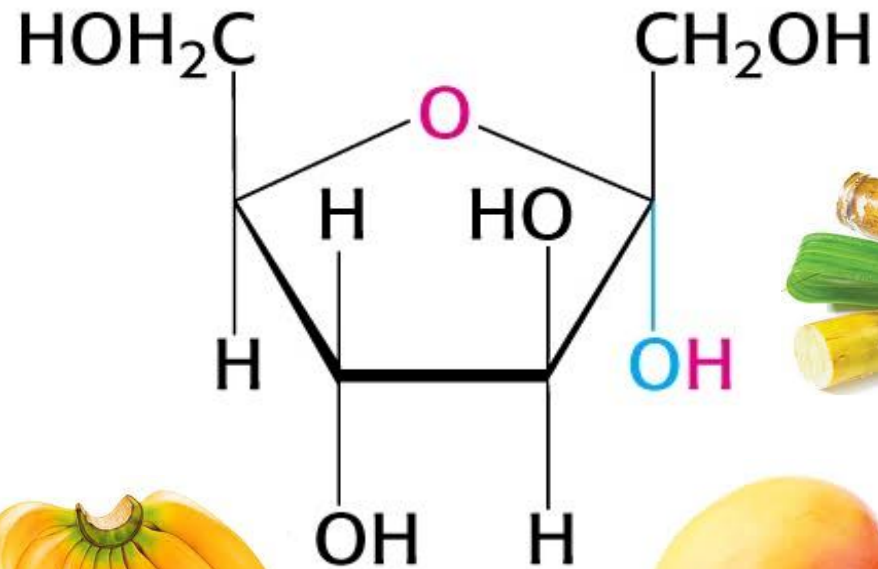


α -D- Galactopiranososa

Fructosa

...Monosacáridos mas importantes

Contenida en las frutas,
Miel de abejas,
caña de azúcar



α -D-Fructofuranosa
(Una forma cíclica de la fructosa)



Derivados de Monosacáridos

Los grupos funcionales de los monosacáridos pueden ser modificados en compuestos que retienen su configuración básica.

Son componentes metabólicos y estructurales importantes de los seres vivos.

Derivados de Monosacáridos



Polialcoholes

Ácidos urónicos

Lactonas

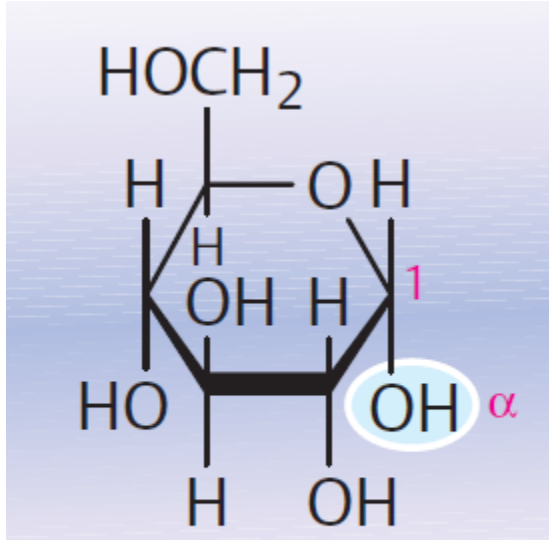
Ésteres

Isómeros

Glicósidos

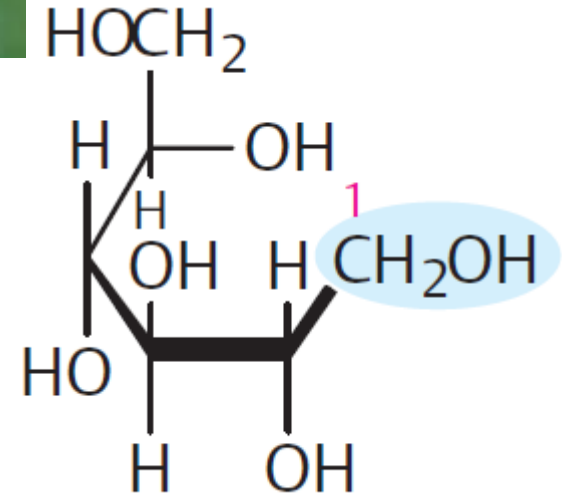
Aminoazúcares

Polialcoholes



α -D-Glucopiranososa

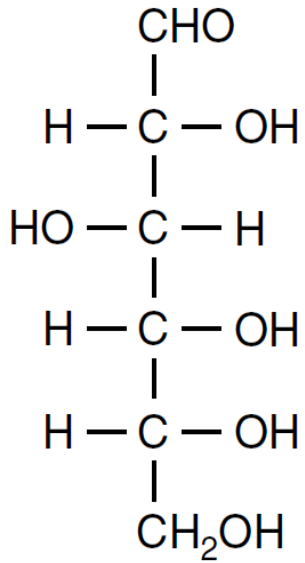
Reducción



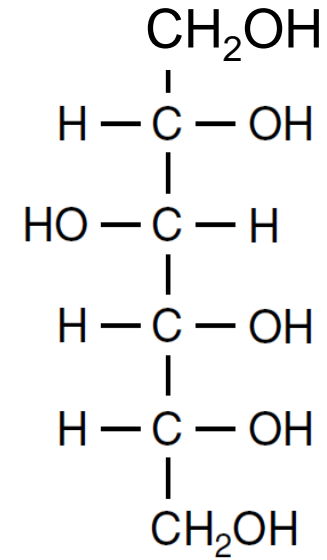
Glucitol (sorbitol)



Polialcoholes



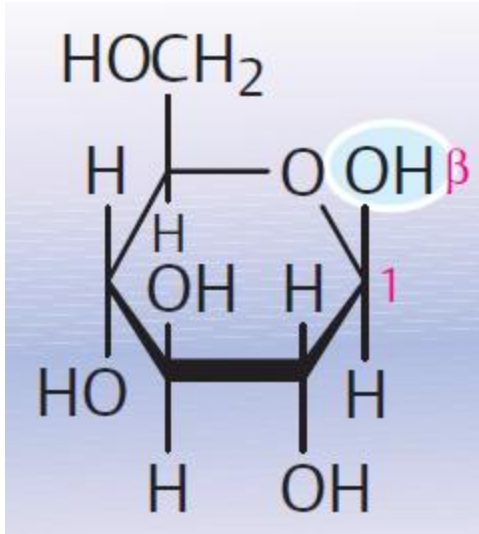
D-Glucosa



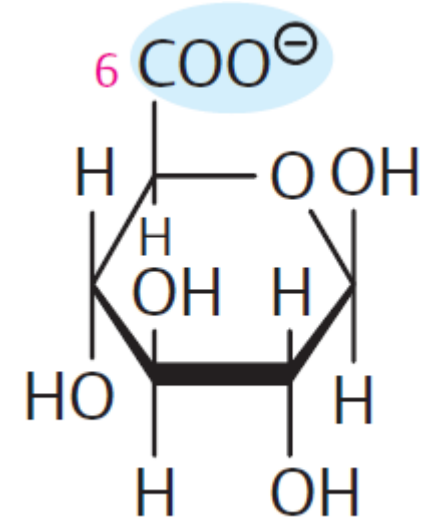
D-Glucitol (sorbitol)



Ácidos urónicos

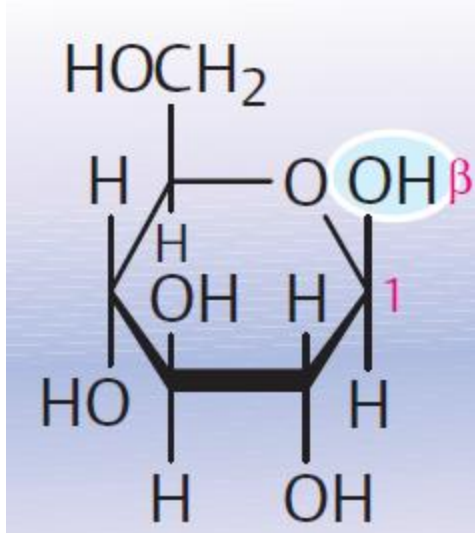


β -D-Glucopiranososa

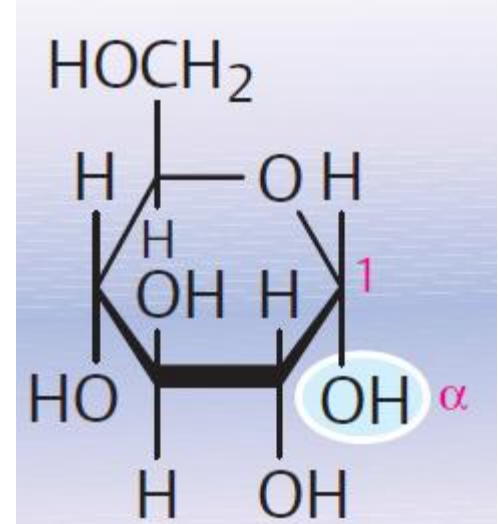
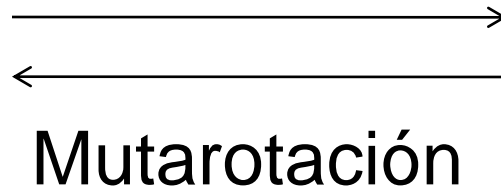


Ácido glucurónico

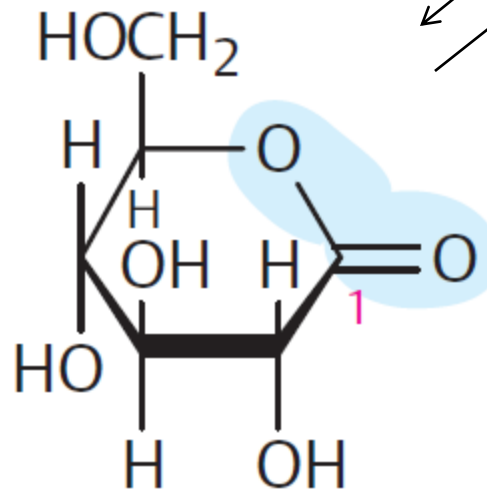
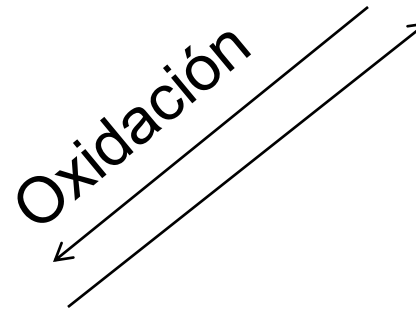
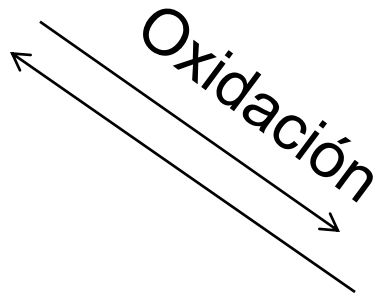
Interviene en el metabolismo de xenobióticos



β -D-Glucopiranososa



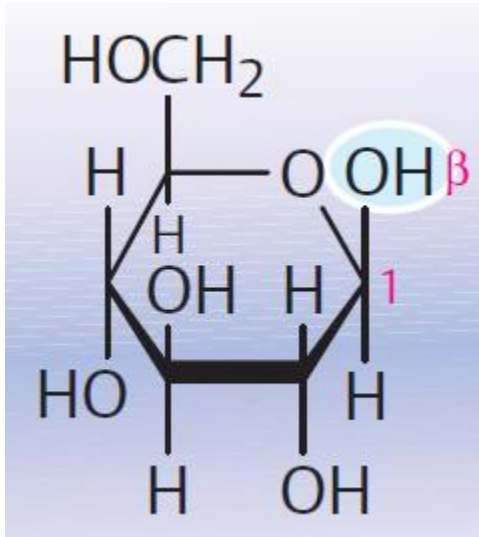
α -D-Glucopiranososa



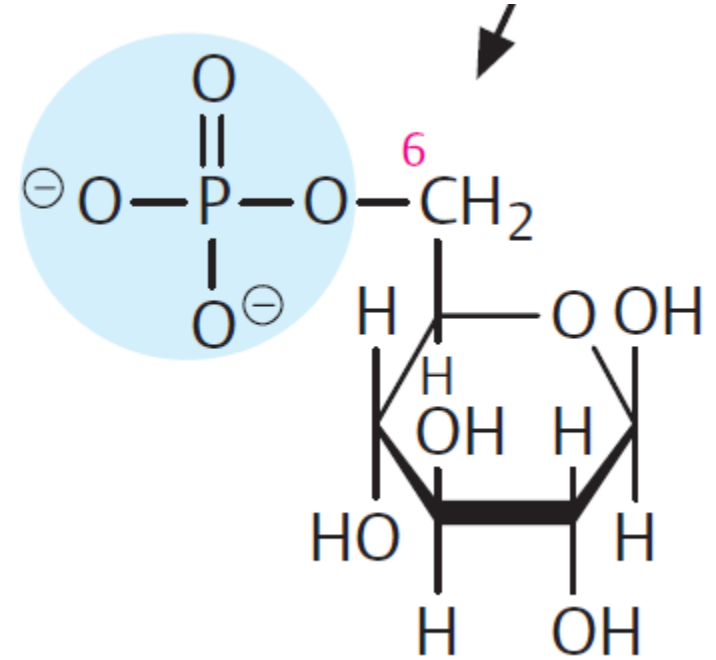
Gluconolactona

Lactonas

Ésteres

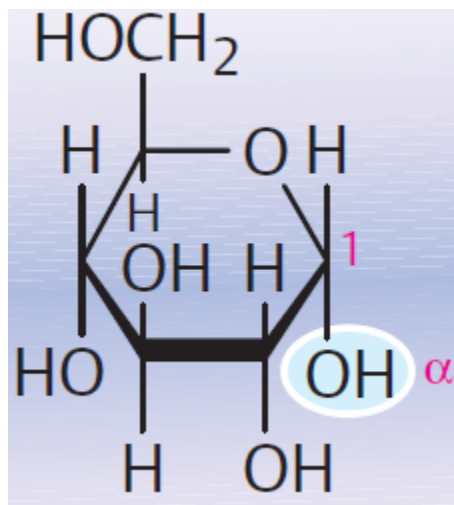


β -D-Glucopiranososa



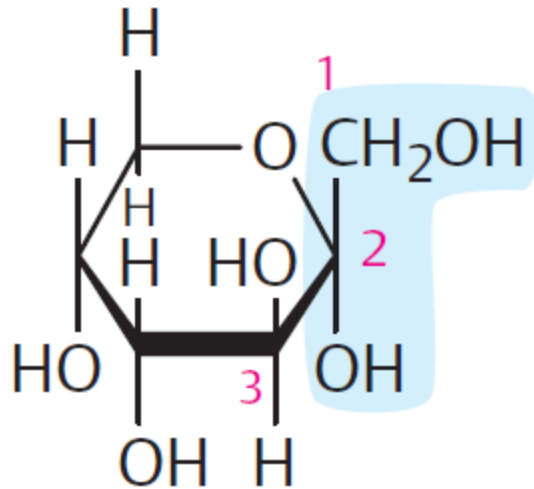
Glucosa 6 fosfato

Isómeros

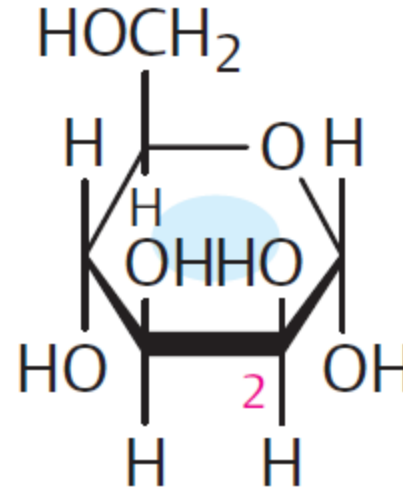


α -D-Glucopiranososa

Isomerización Isomerización

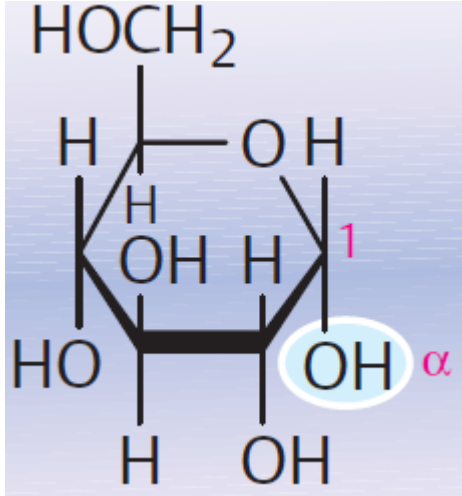


α -D-Fructopiranososa



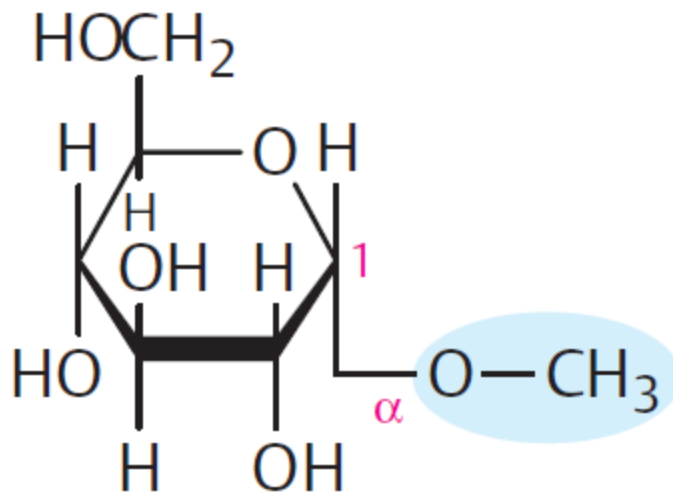
α -D-Manopiranososa

Glicósidos



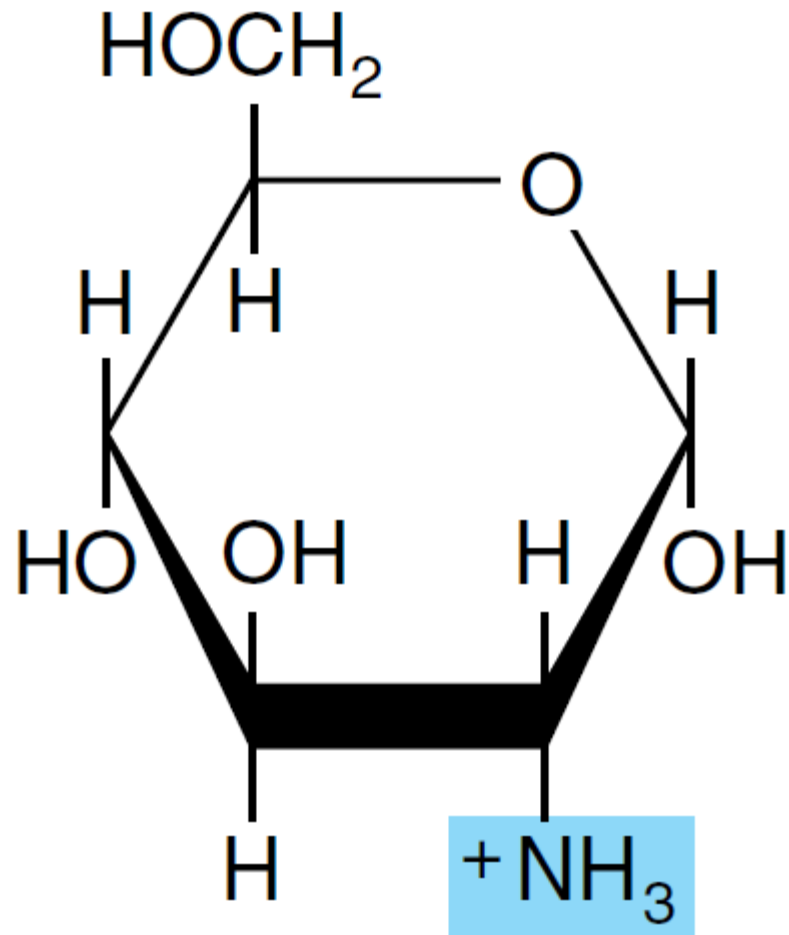
α -D-Glucopiranososa

Metilación



α -D-Metilglucósido

Aminoazúcares



Los carbohidratos se pueden clasificar de acuerdo a su complejidad en:

Monosacáridos

No pueden hidrolizarse en carbohidratos más simples

Disacáridos

Constituídos por 2 moléculas de monosacáridos

Oligosacáridos

Constituídos por 3 a 10 monosacáridos

Polisacáridos

Constituídos por más de 10 moléculas de monosacáridos

Disacáridos

Son azúcares compuestos por dos residuos de monosacáridos unidos mediante un **enlace glucosídico**

Su nombre químico indica los monosacáridos que lo componen, pero suelen denominarse por un nombre común

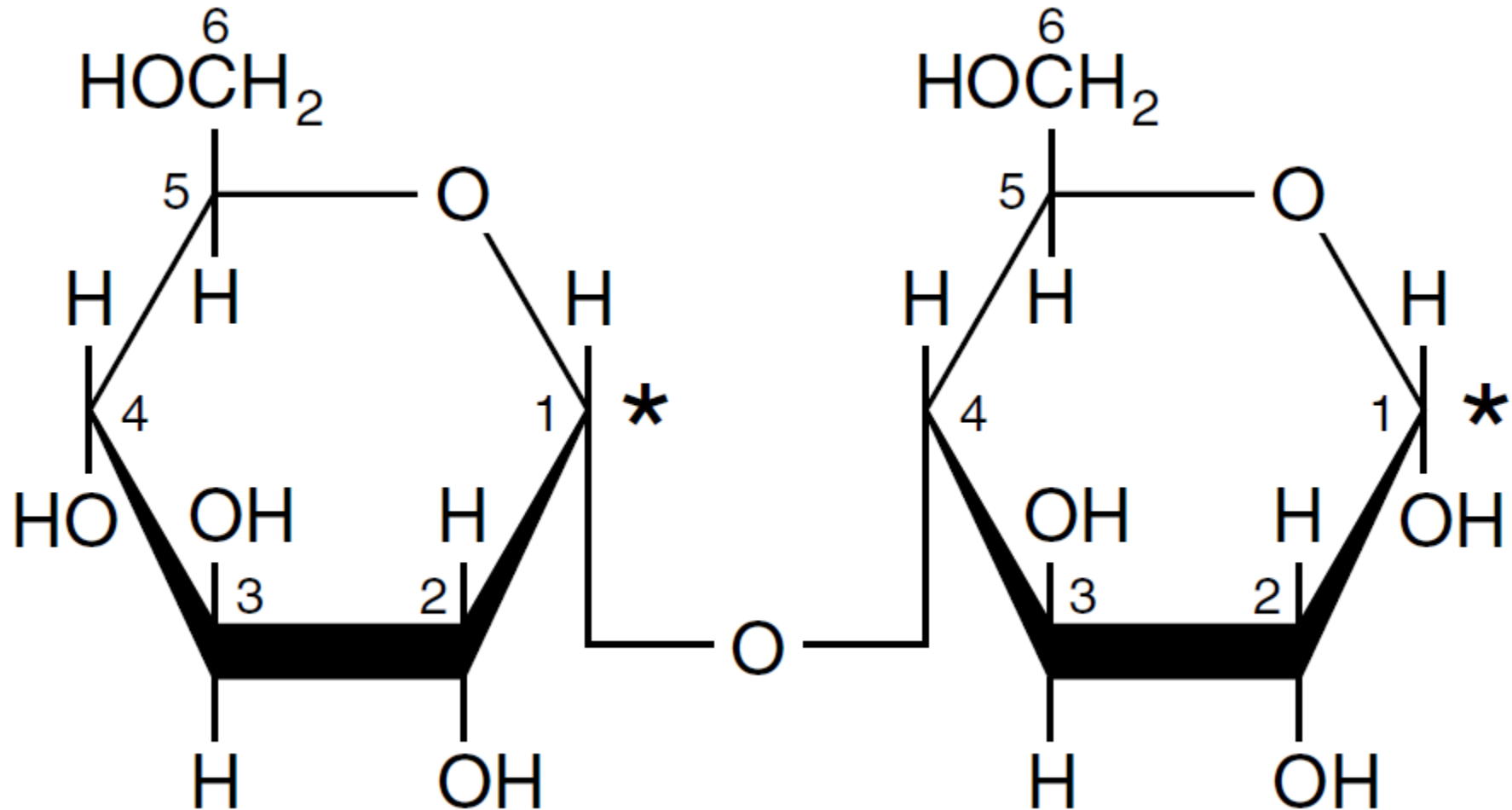
Disacáridos de interés fisiológico:

Maltosa

Sacarosa

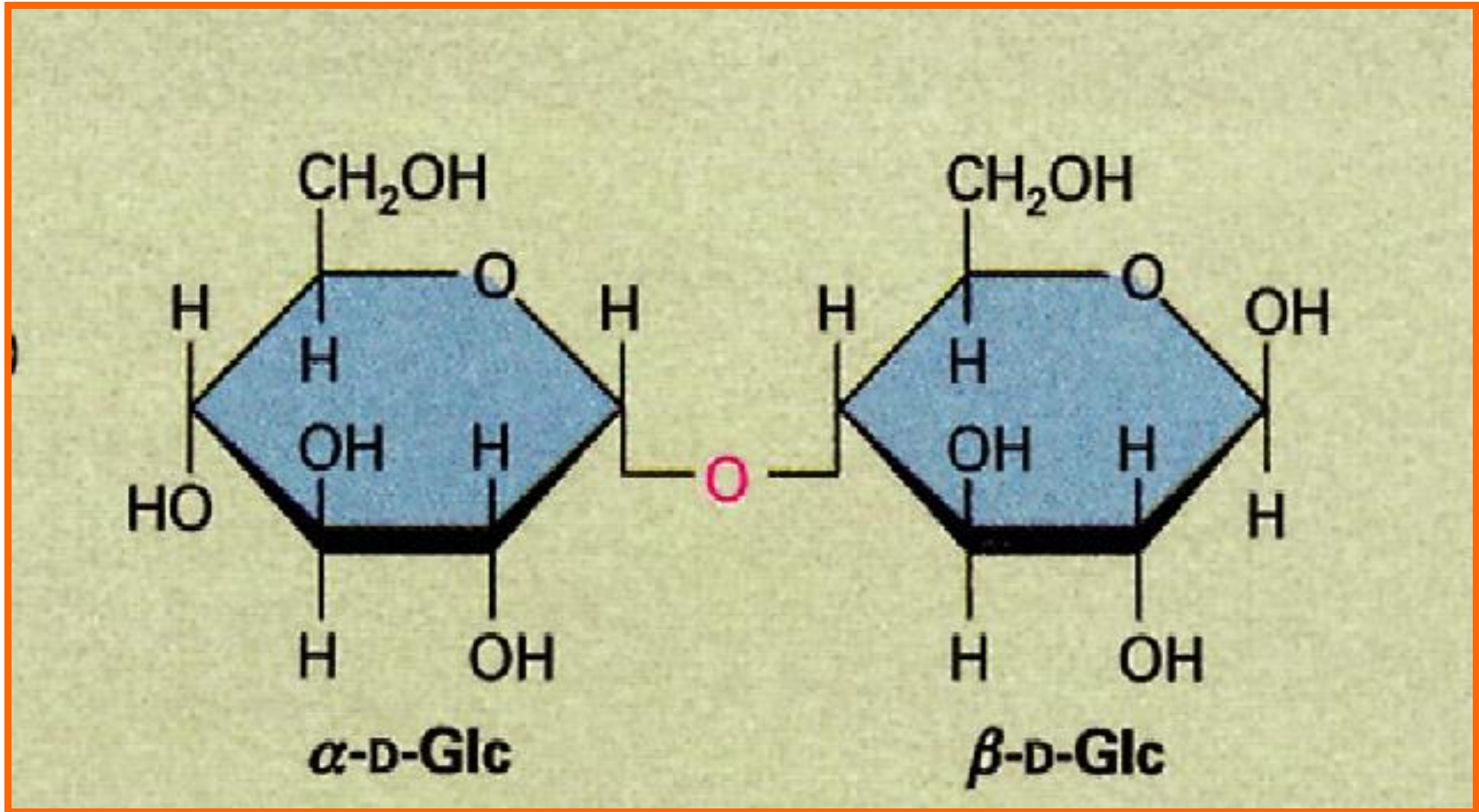
Lactosa

Maltosa



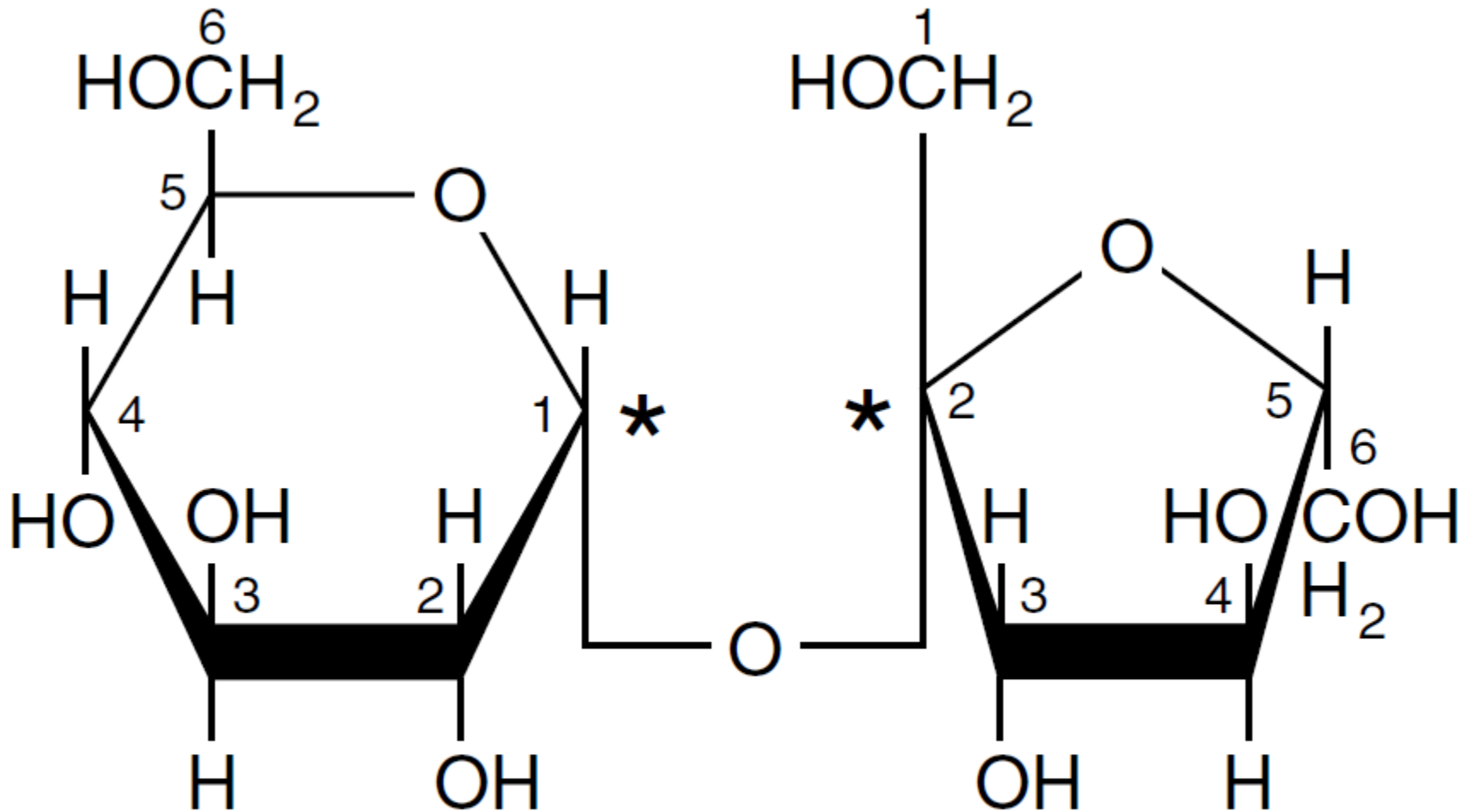
α -D-Glucopiranosil 1-(1 \rightarrow 4)- α -D-glucopiranososa

Maltosa



Proviene de la digestión del almidón.
Presente en cereales y malta germinados

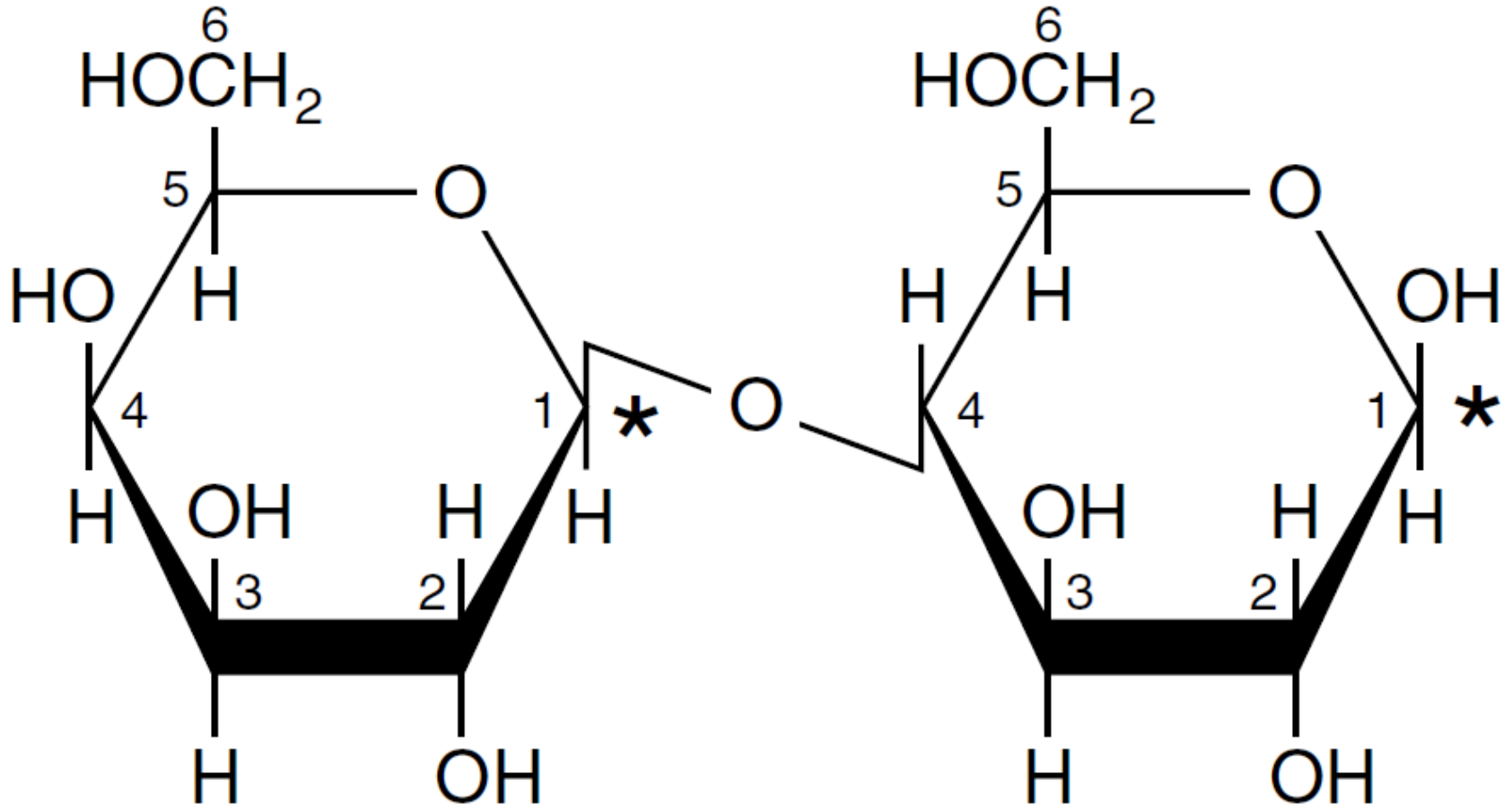
Sacarosa



α -D-Glucopiranosil -(1 \rightarrow 2)- α -D-fructofuranosa



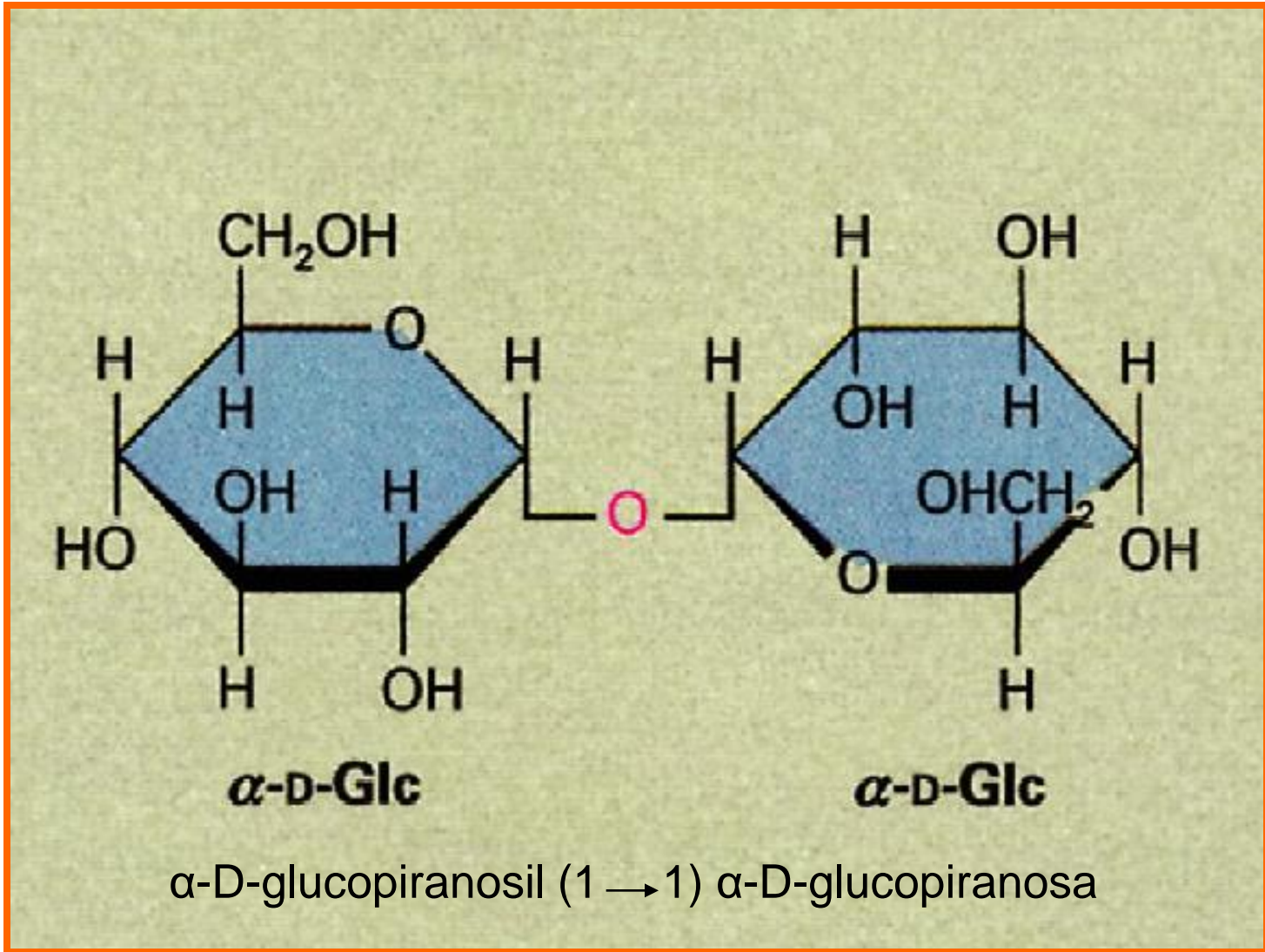
Lactosa



β -D-Galactopiranosil (1 \rightarrow 4)- β -D-glucopiranososa



Trehalosa



Los carbohidratos se pueden clasificar de acuerdo a su complejidad en:

Monosacáridos

No pueden hidrolizarse en carbohidratos más simples

Disacáridos

Constituídos por 2 moléculas de monosacáridos

Oligosacáridos

Constituídos por 3 a 10 monosacáridos

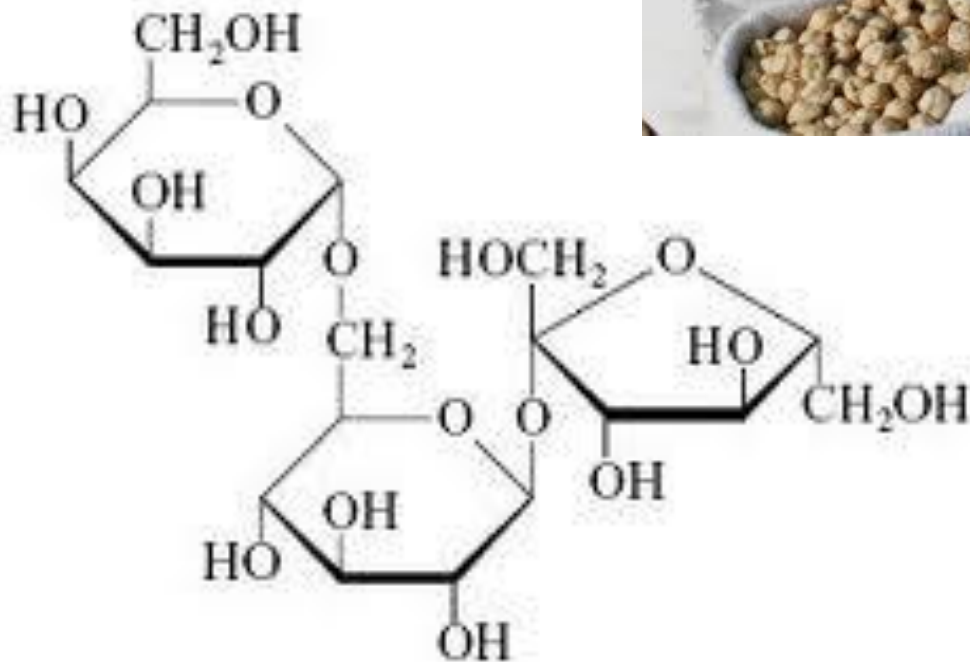
Polisacáridos

Constituídos por más de 10 moléculas de monosacáridos

Oligosacáridos

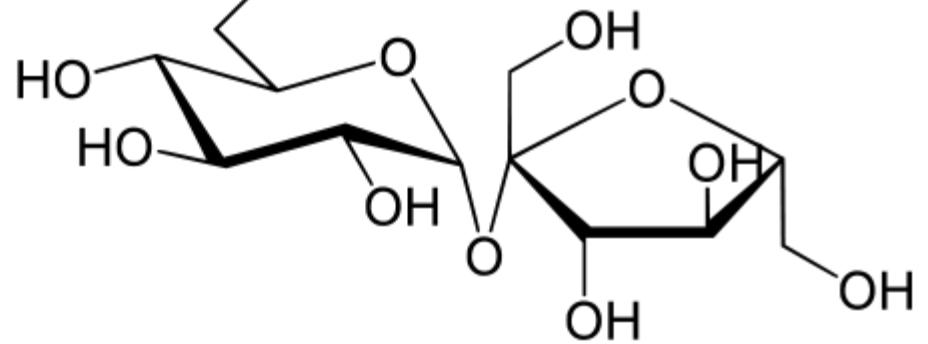
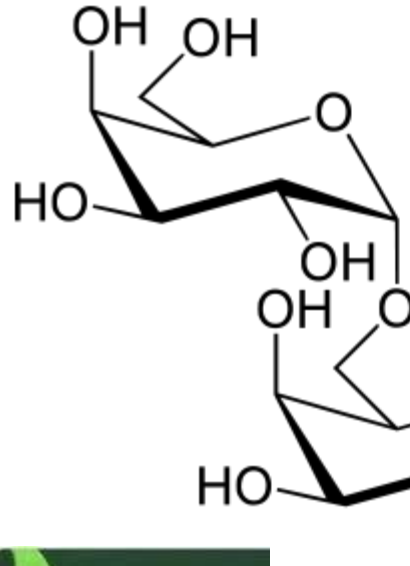
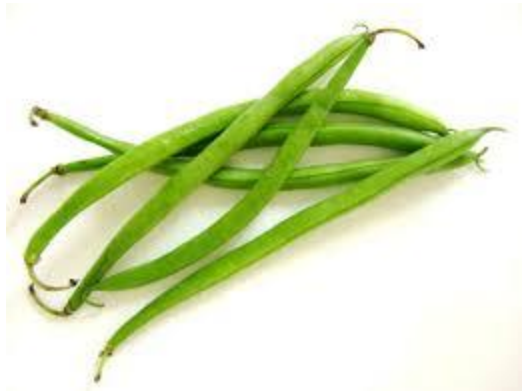
Trisacáridos

Rafinosa



Tetrasacáridos

Estaquiosa



Polisacáridos:

Resultan de la condensación de más de 10 moléculas de monosacáridos

son polímeros de cientos a miles de monosacáridos unidos por **enlaces glicosídicos**

Clasificación de los Polisacáridos:



Homopolisacáridos de reserva

- ✓ Almidón
- ✓ Glucógeno
- ✓ Dextrano
- ✓ Inulina

El Almidón

Es un homopolisacárido sintetizado por las plantas con funciones de reserva energética compuesto por moléculas de glucosa. Se almacena en semillas, raíces, tallos y tubérculos

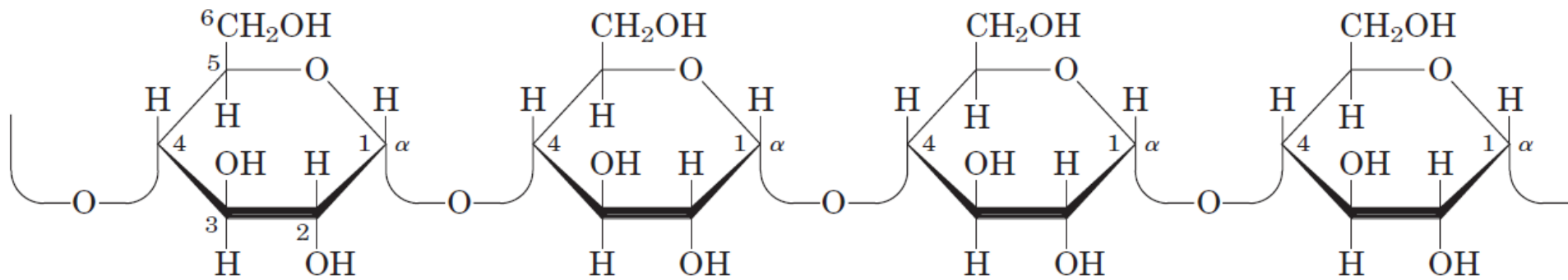


- *Las plantas almacenan el almidón en los cloroplastos.*
- *Las plantas pueden almacenar el exceso de glucosa en forma de almidón y emplearlo cuando sea requerido como fuente de energía o de carbonos.*
- *Los animales que se alimentan de plantas, especialmente partes ricas en almidón, (papa, maíz, arroz, trigo) pueden también utilizarlo para satisfacer sus requerimientos energéticos*

El almidón está formado por dos componentes:

Amilosa (15 a 20 %) (estructura helicoidal no ramificada)

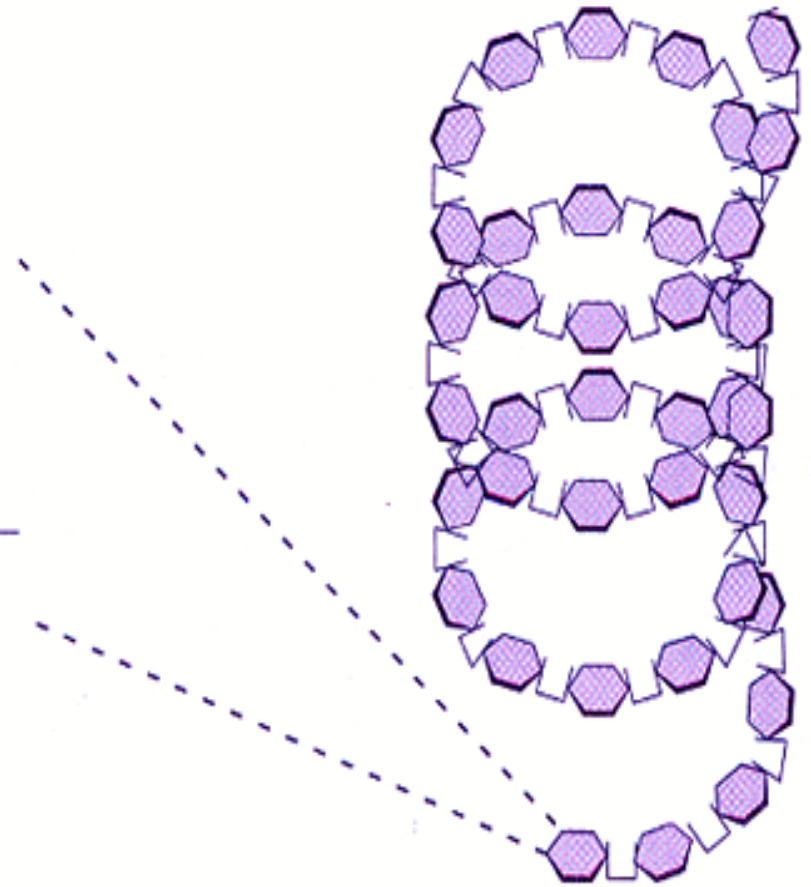
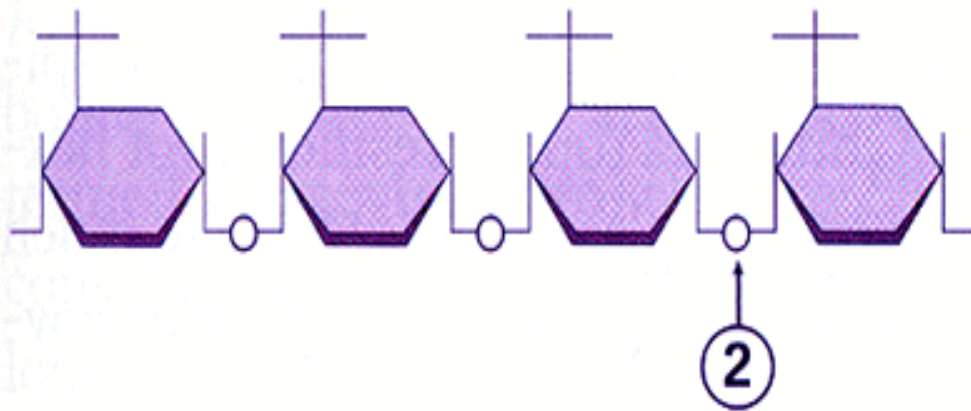
Amilopectina (80 a 85 %) (cadenas ramificadas)



Amilosa

La amilosa es un homopolisacárido de monómeros de α -D-glucopiranososa, unidos por enlaces 1-4. Son cadenas largas, sin ramificar.

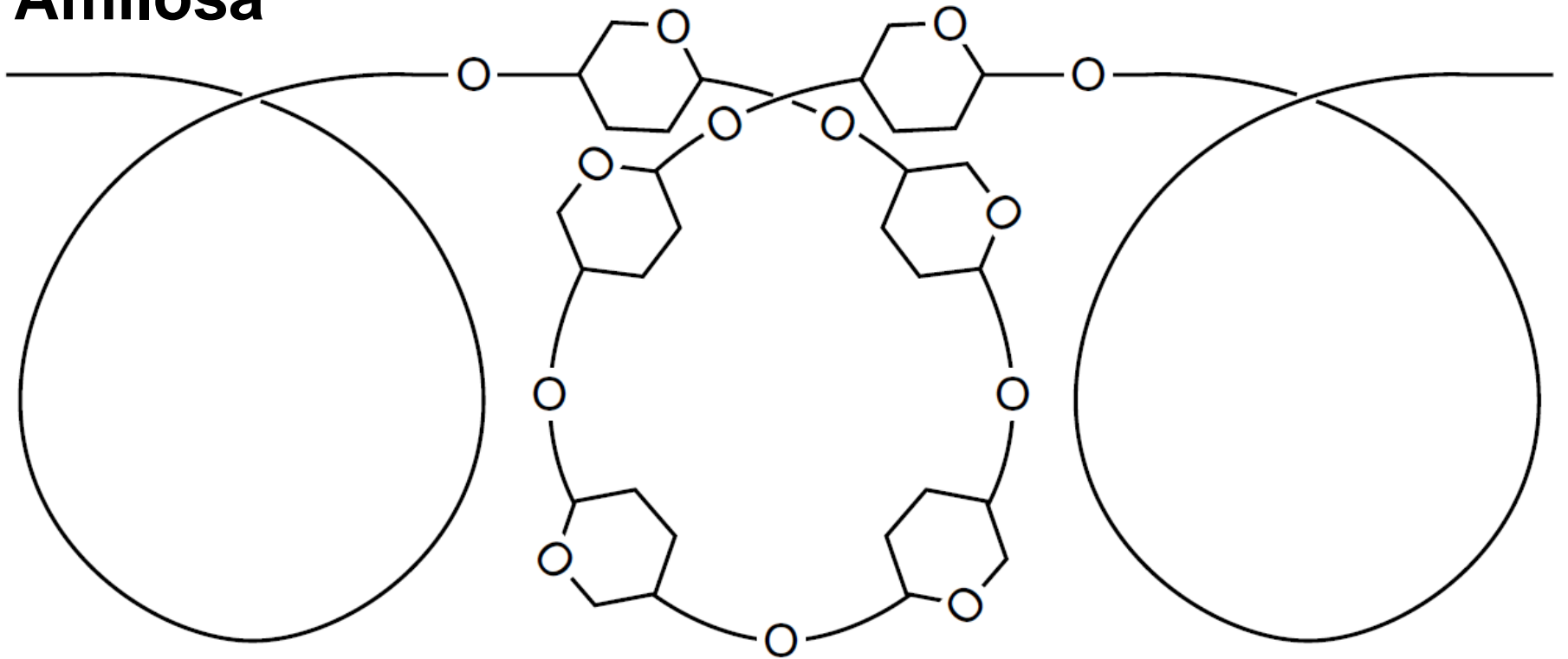
Amilosa (15 a 20 % del almidón)
(estructura helicoidal no ramificada)



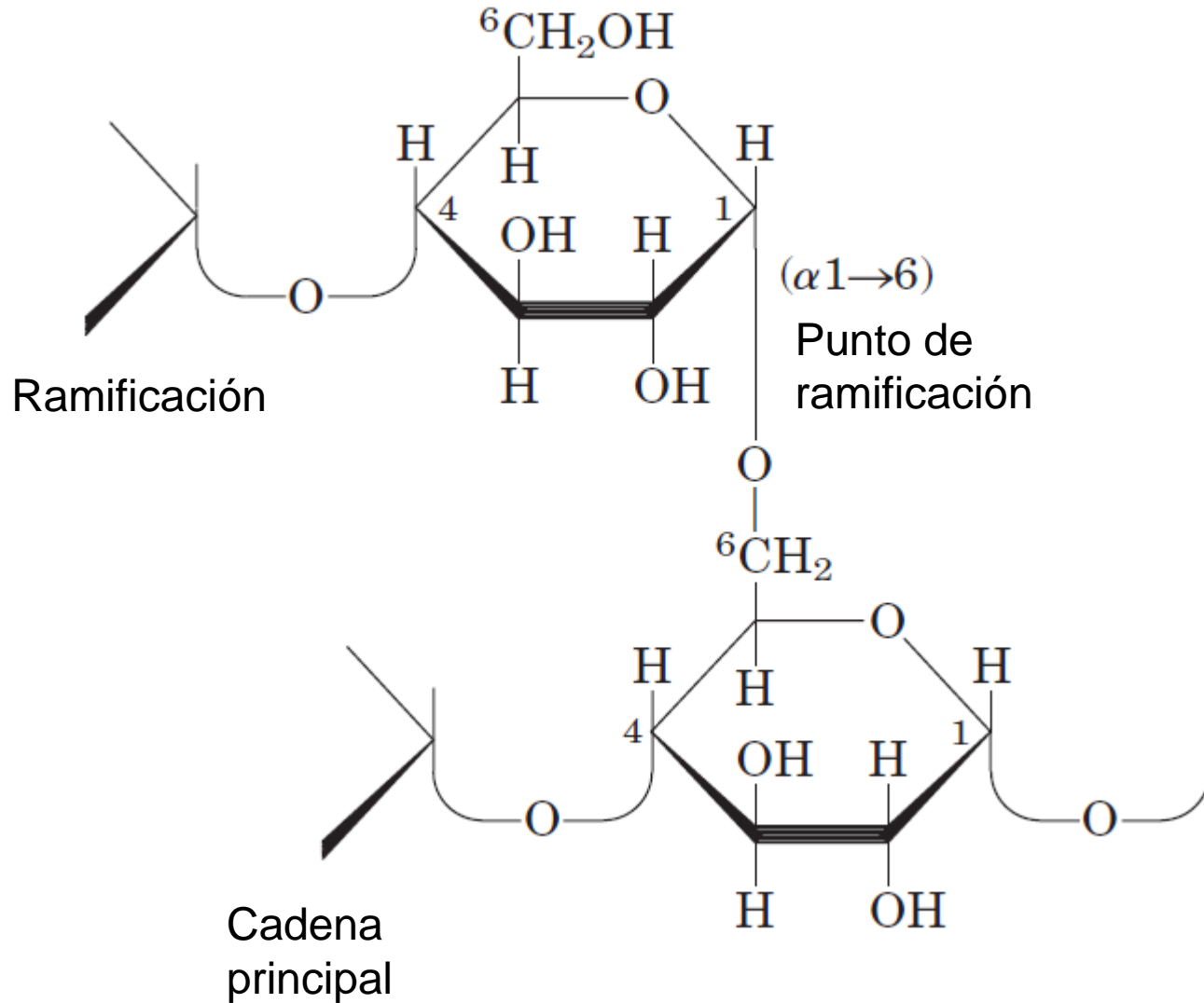
(b)

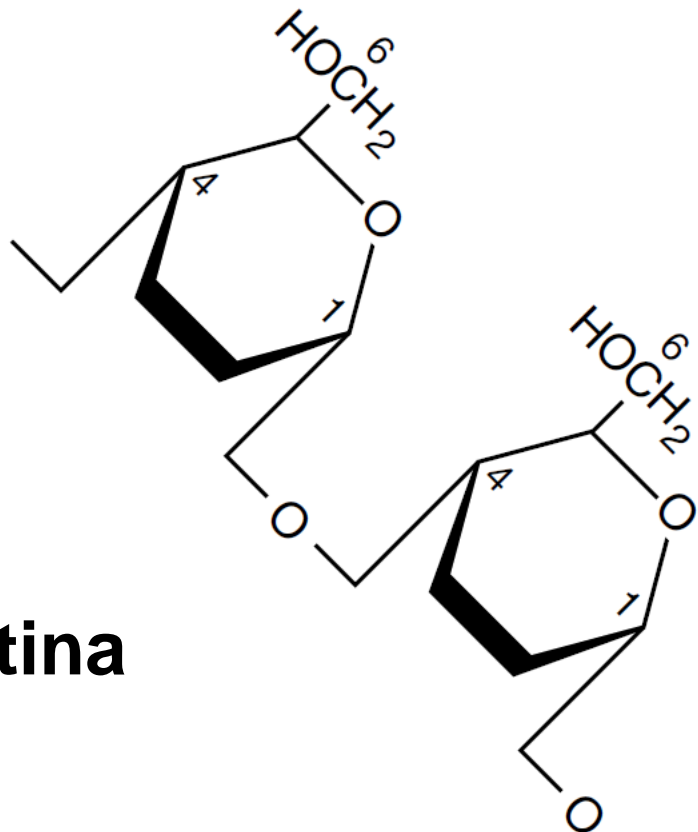
Amilosa

Amilosa

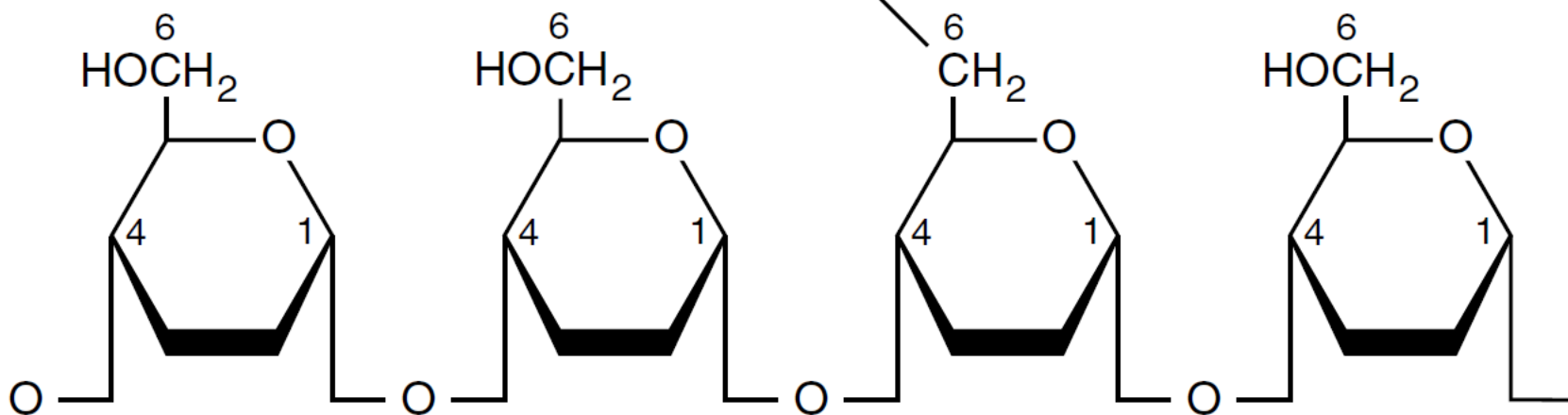


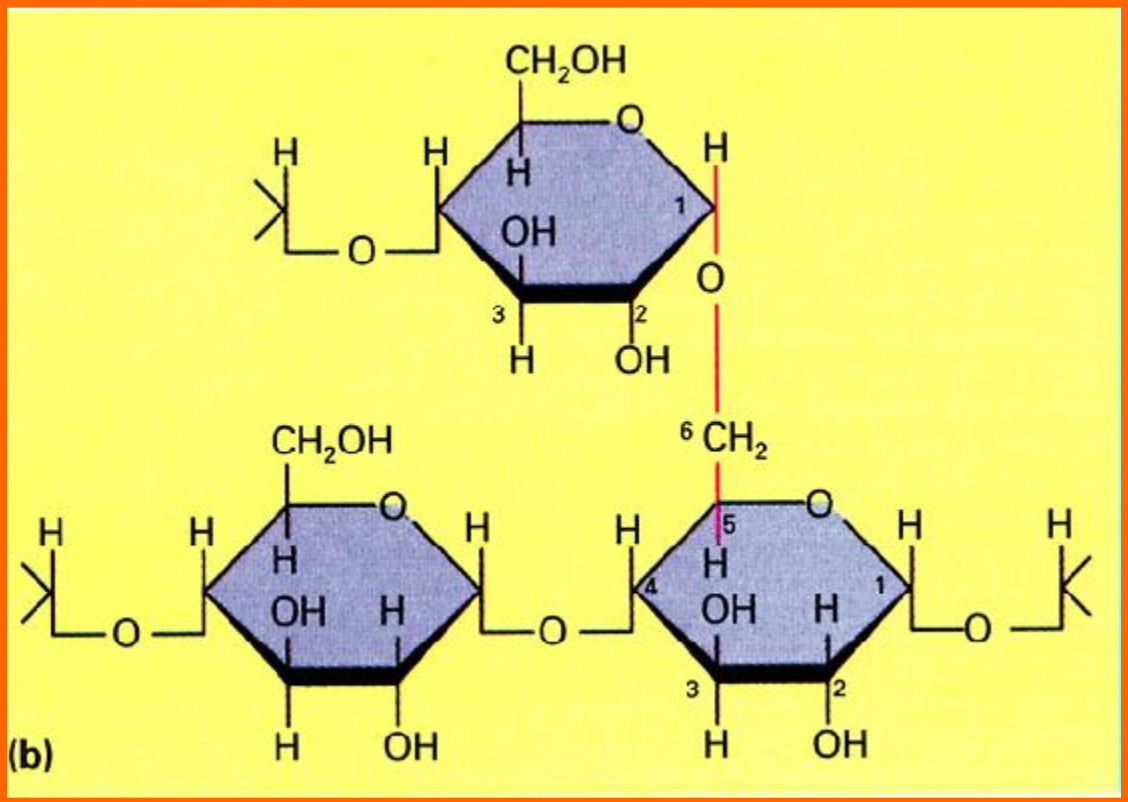
Amilopectina (80 a 85 % del almidón) (cadenas ramificadas)

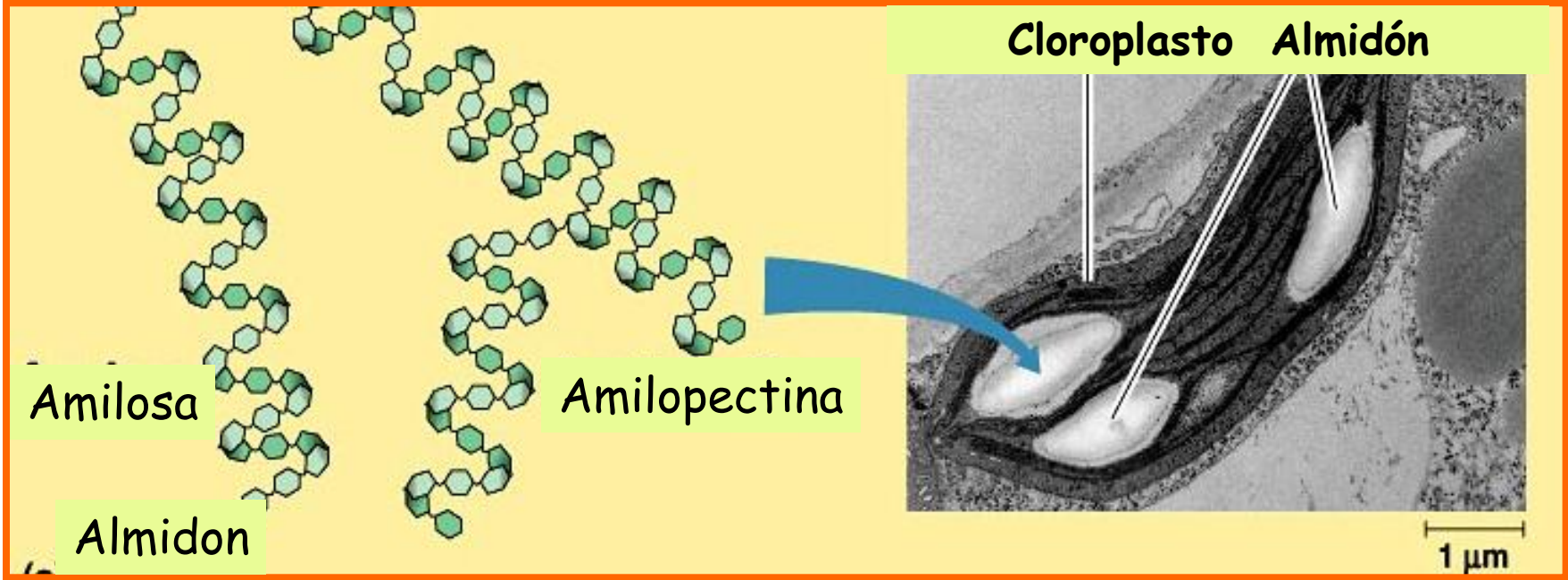




Amylopectina



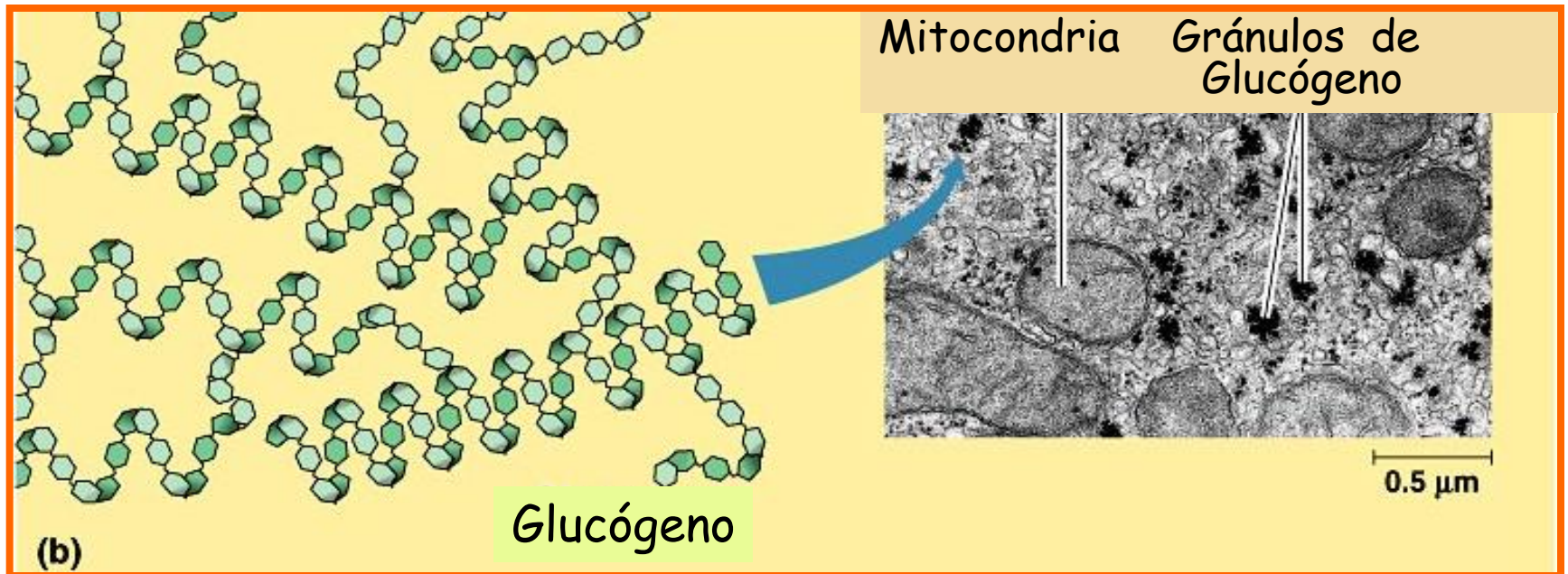




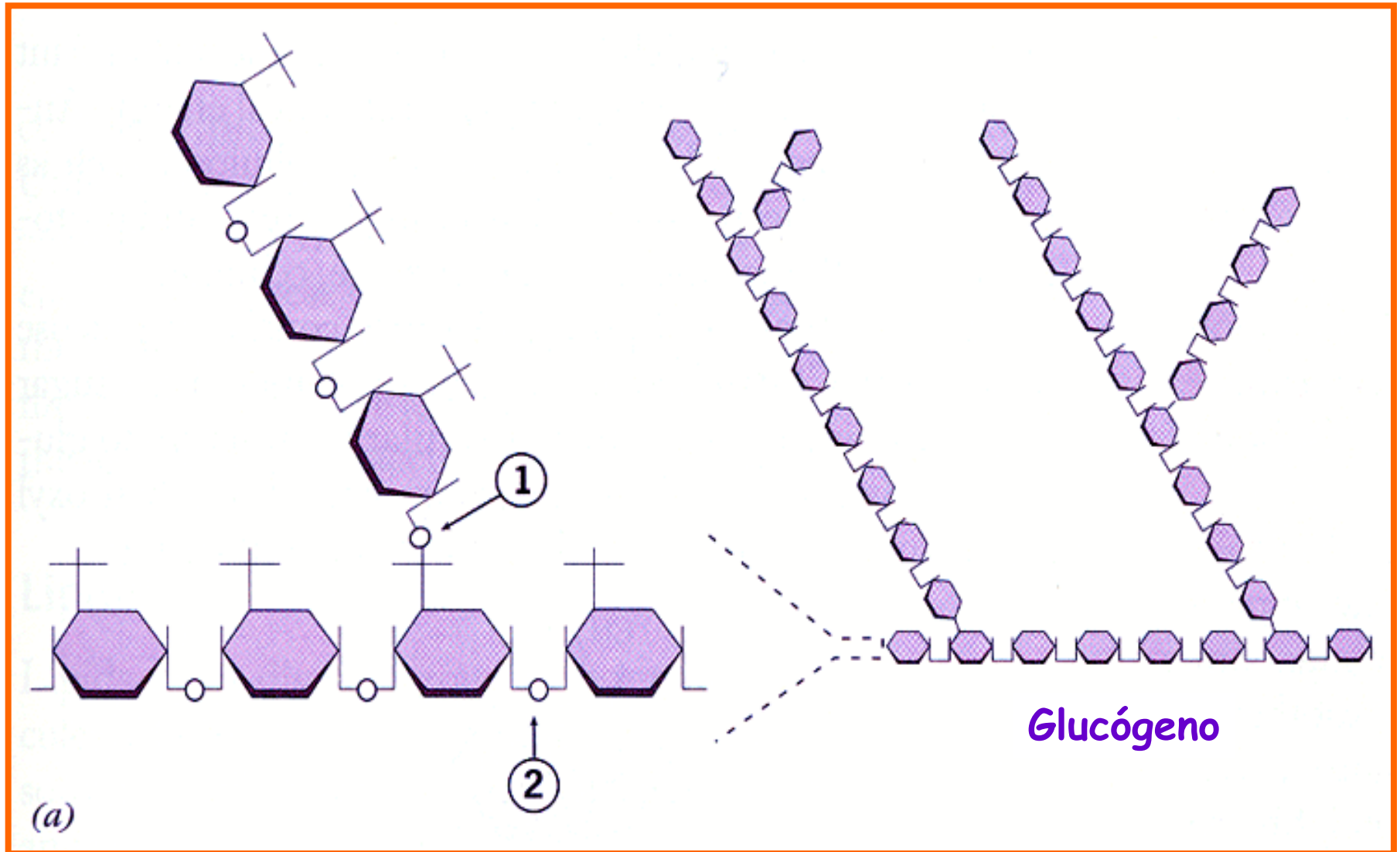
Glucógeno

Glucógeno es parecido a la amilopectina del almidón, pero altamente ramificado (cada 8-12 residuos de glucosa)

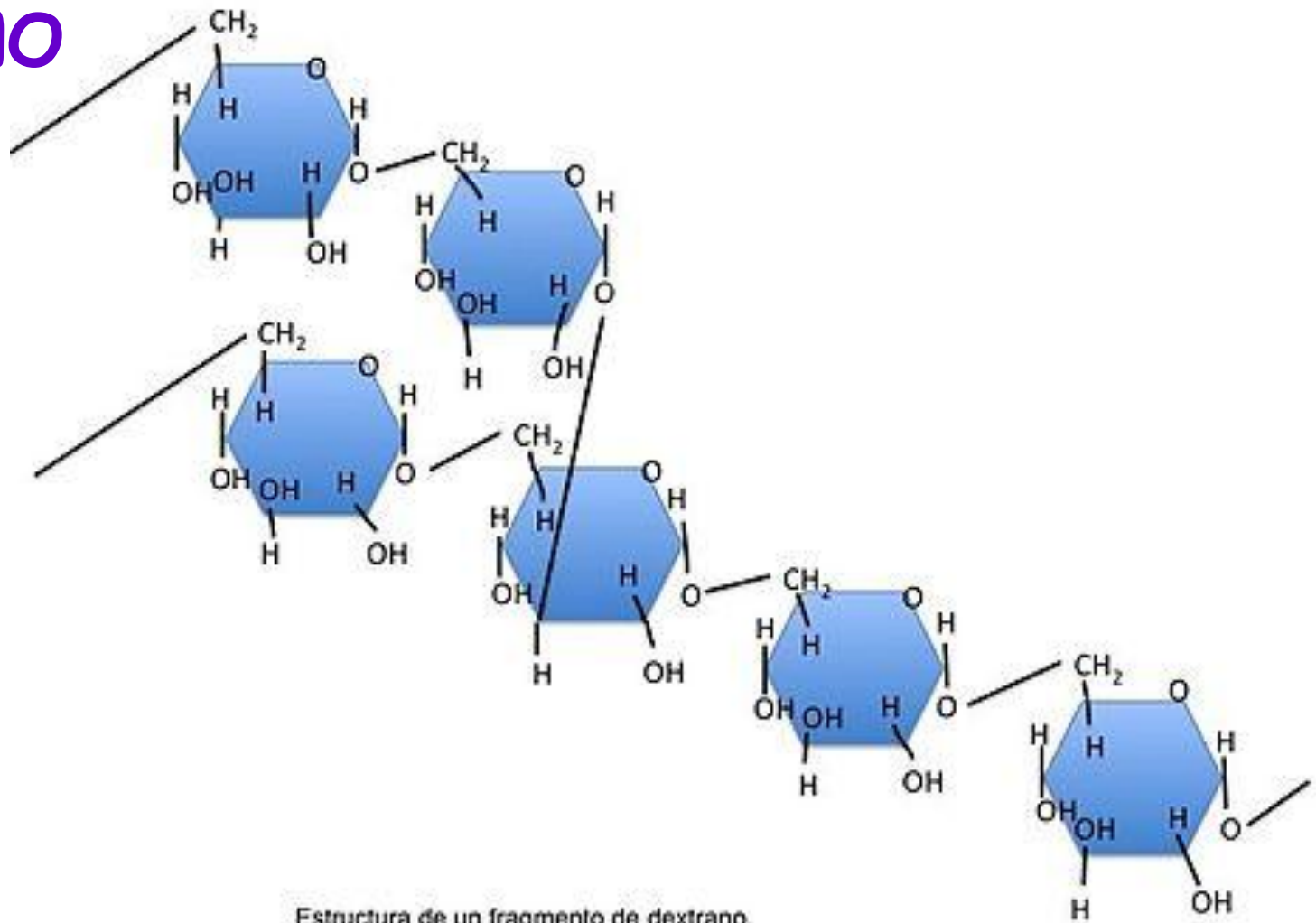
Humanos y otros Vertebrados almacenan el glucógeno en el hígado y músculos pero solo alcanza para suplir sus necesidades energéticas por aproximadamente un día.



EL GLUCOGENO



DEXTRANO

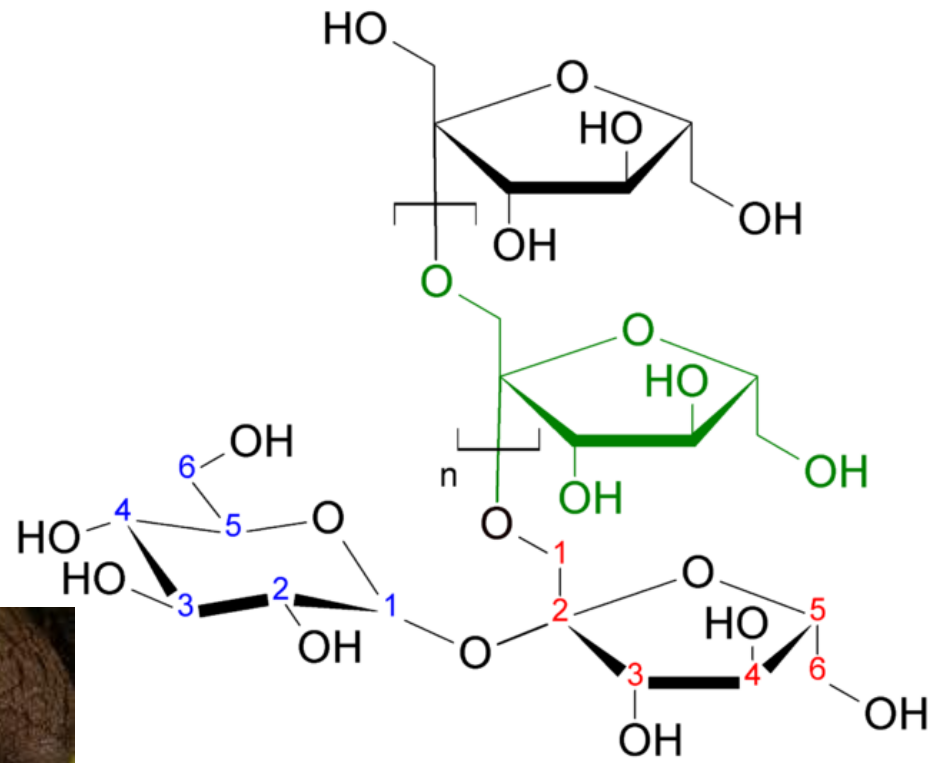


Sintetizado por bacterias

Tiene usos en criopreservación, elaboración de lágrimas artificiales, Soluciones intravenosas y otros fármacos

INULINA

Polisacárido de fructosa



Homopolisacáridos Estructurales:

celulosa

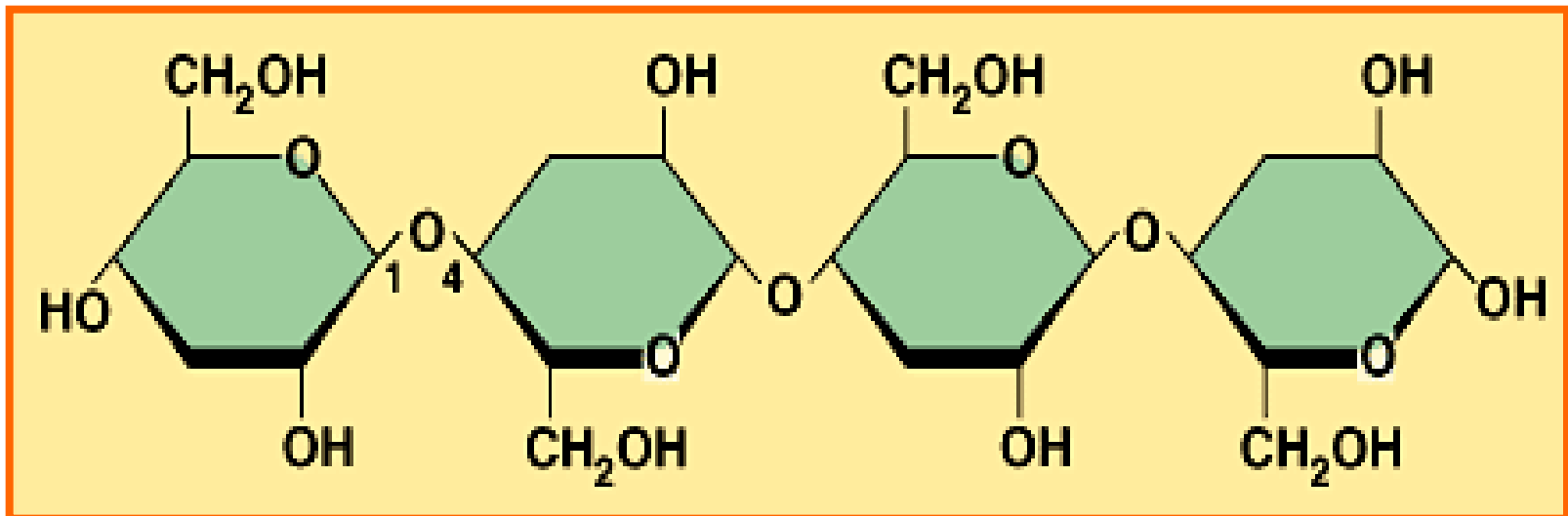
Polímeros de β D-glucopiranososa
enlaces $\beta(1-4)$

quitina

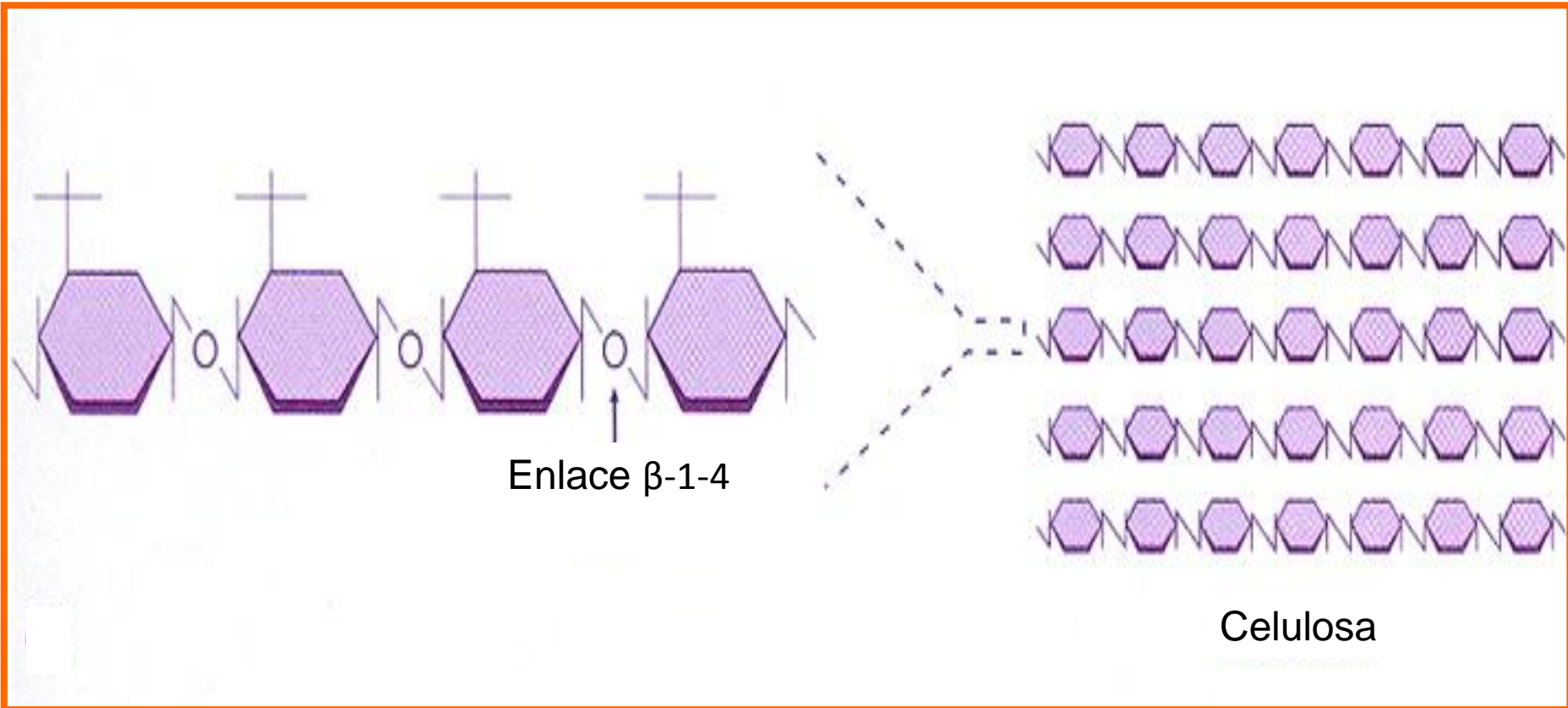
Elemento estructural del exoesqueleto
de insectos y crustáceos
polímero de N-acetil-glucosamina
enlaces $\beta(1-4)$

Celulosa

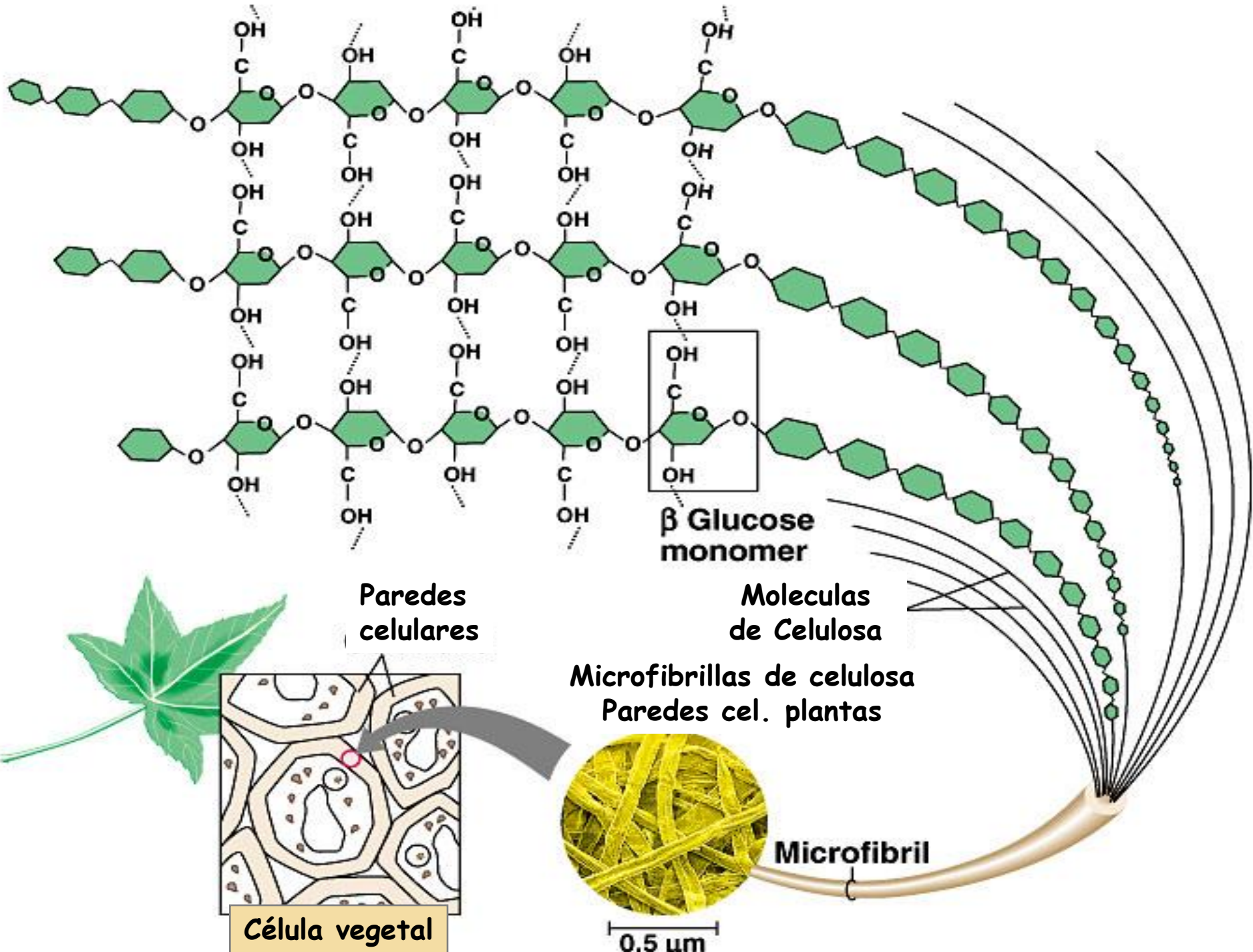
- **La Celulosa** es el principal componente de las paredes celulares de las plantas.
- La Celulosa es un homopolimero de unidades de D-glucopiranososa en su forma de Beta anómeros, con uniones β -(1-4).

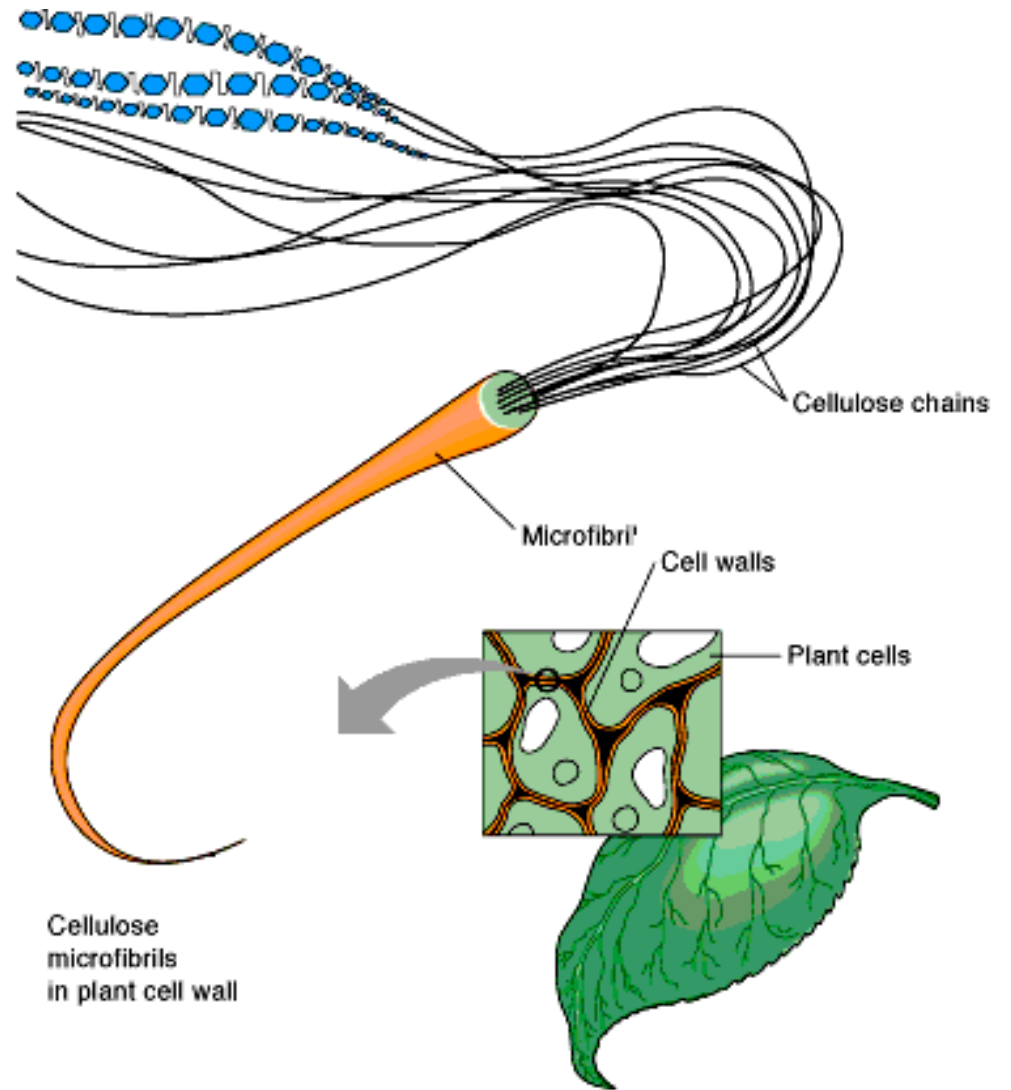
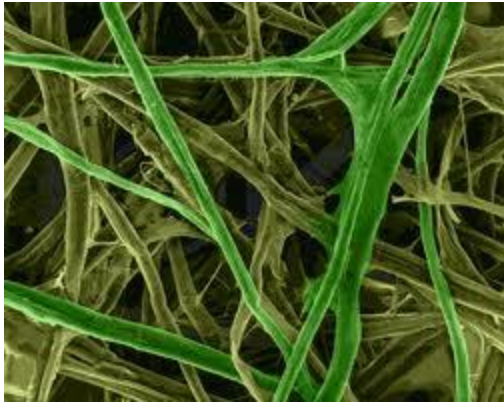


La celulosa es la sustancia orgánica mas abundante en la tierra (1/3 de la biomasa de las plantas)



Proporciona un marco estructural que sostiene y protege a las células vegetales





Quitina

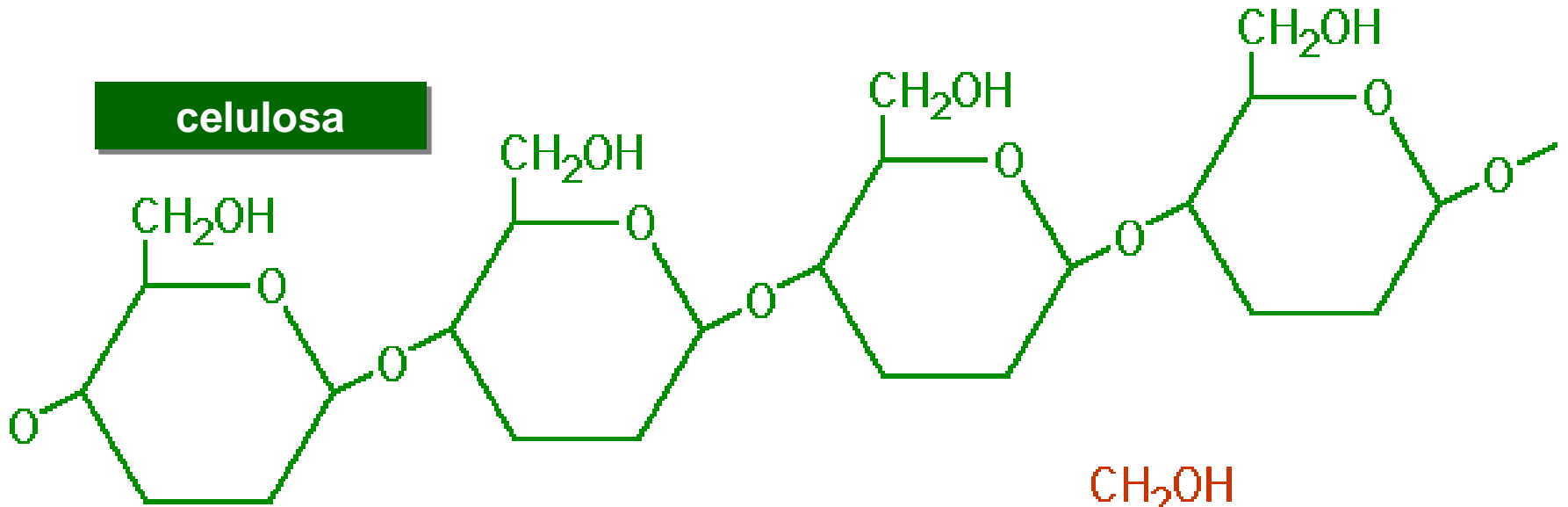
Presente en el exoesqueleto de los artrópodos (incluyendo insectos, arañas, y crustáceos) y en las paredes celulares de diversos hongos

La Quitina es un polímero de N-acetil glucosamina

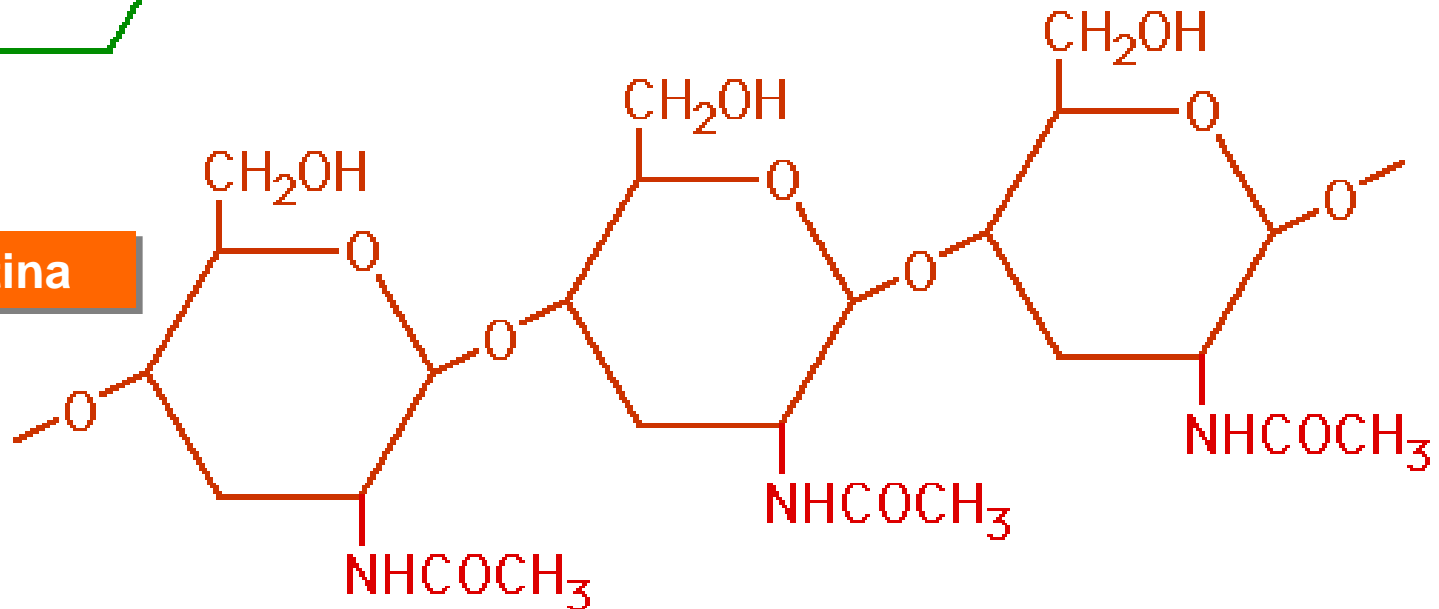


Comparación entre la Celulosa y la Quitina:

celulosa



quitina



Clasificación de los polisacáridos de acuerdo a su composición:

Homopolisacáridos

Reserva

- Almidón
- Glucógeno
- Dextrano
- Inulina

Estructurales

- Celulosa
- Quitina

Heteropolisacáridos

No Nitrogenados

- Agar
- Hemicelulosa
- Pectina
- Goma arábica

Nitrogenados

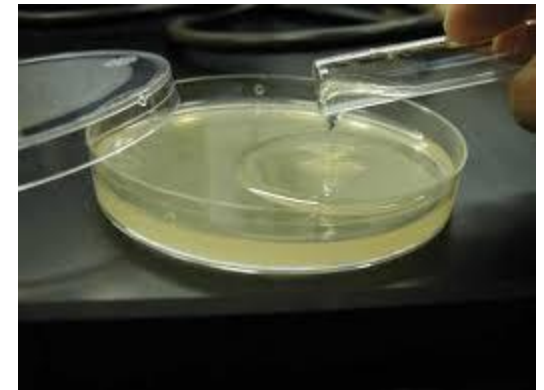
- Glicosaminoglucanos

Heteropolisacáridos no nitrogenados

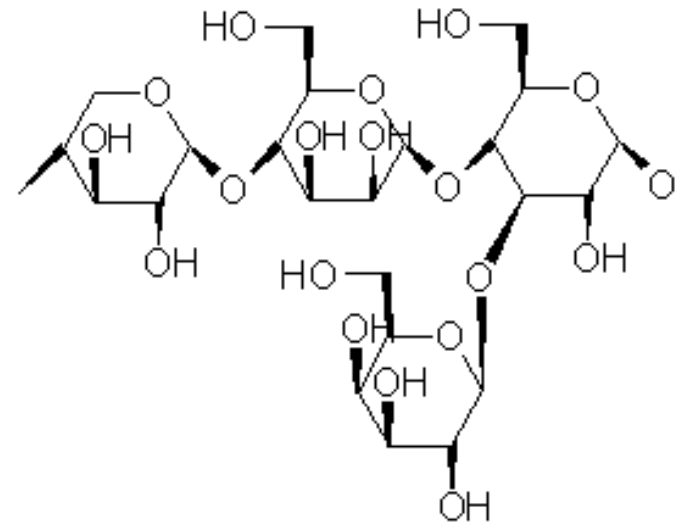
- ✓ Agar
- ✓ Hemicelulosa
- ✓ Pectina
- ✓ Goma arábica

Agar

Polisacárido de D y L-galactosa
Presentes en algas marinas



Hemicelulosa



Está formada por:

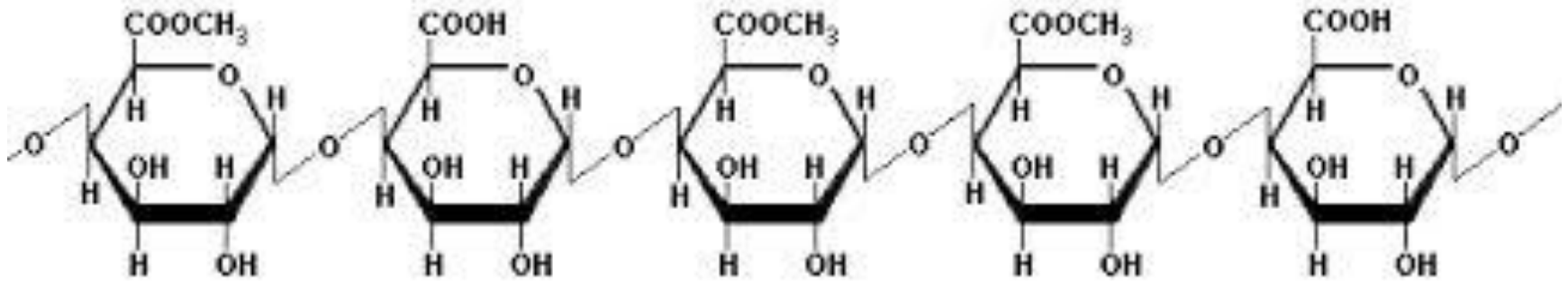
xilanos

polímeros de β D-xilopiranososa
enlaces $\beta(1-4)$

glucomananos

polímeros de β D-glucopiranososa
 β D-manopiranososa y β D-galactopiranososa
enlaces $\beta(1-4)$

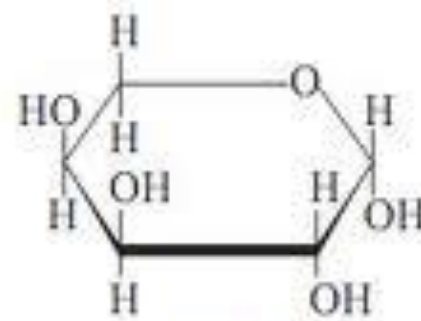
Pectina (ácido poligalacturónico)



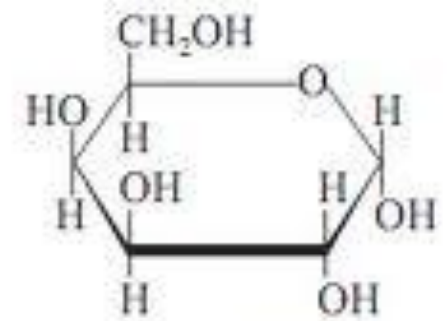
Goma arábica



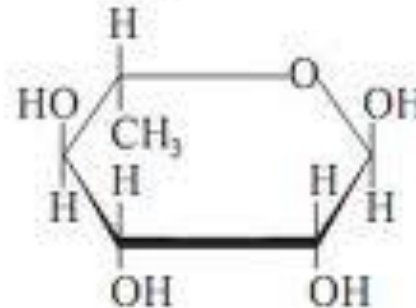
Árbol de acacia en Senegal



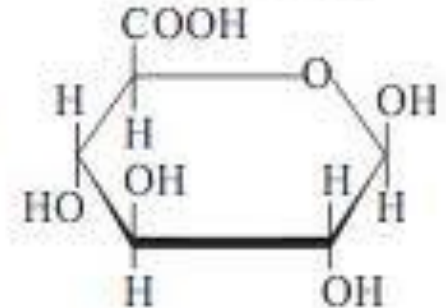
(-)-Arabinose



(+)-Galactose



(-)-Rhamnose



(+)-Glucuronic Acid



Heteropolisacáridos nitrogenados

✓ Glicosaminoglucanos

* Condroitin sulfato

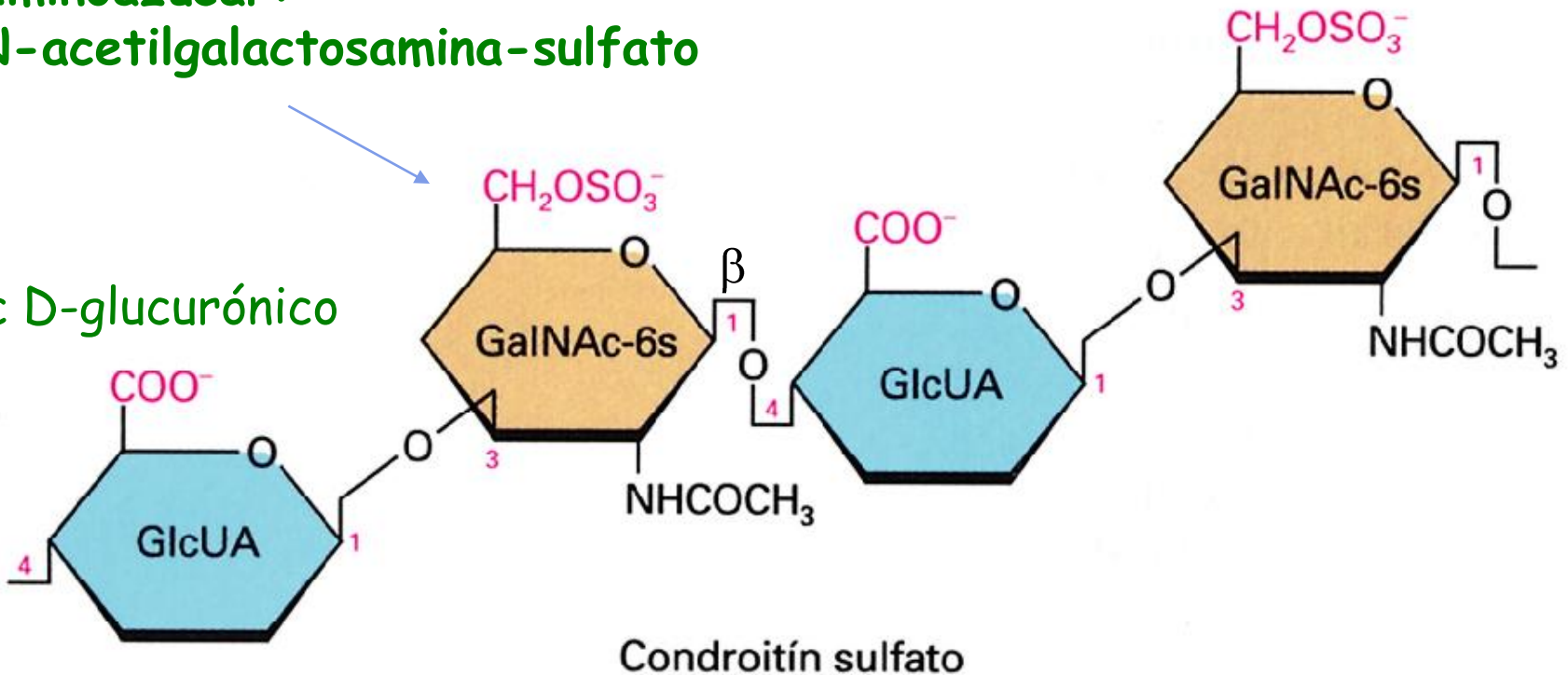
* Acido hialurónico

* Queratán sulfato

Condroitin Sulfato

Aminoazúcar:
N-acetilgalactosamina-sulfato

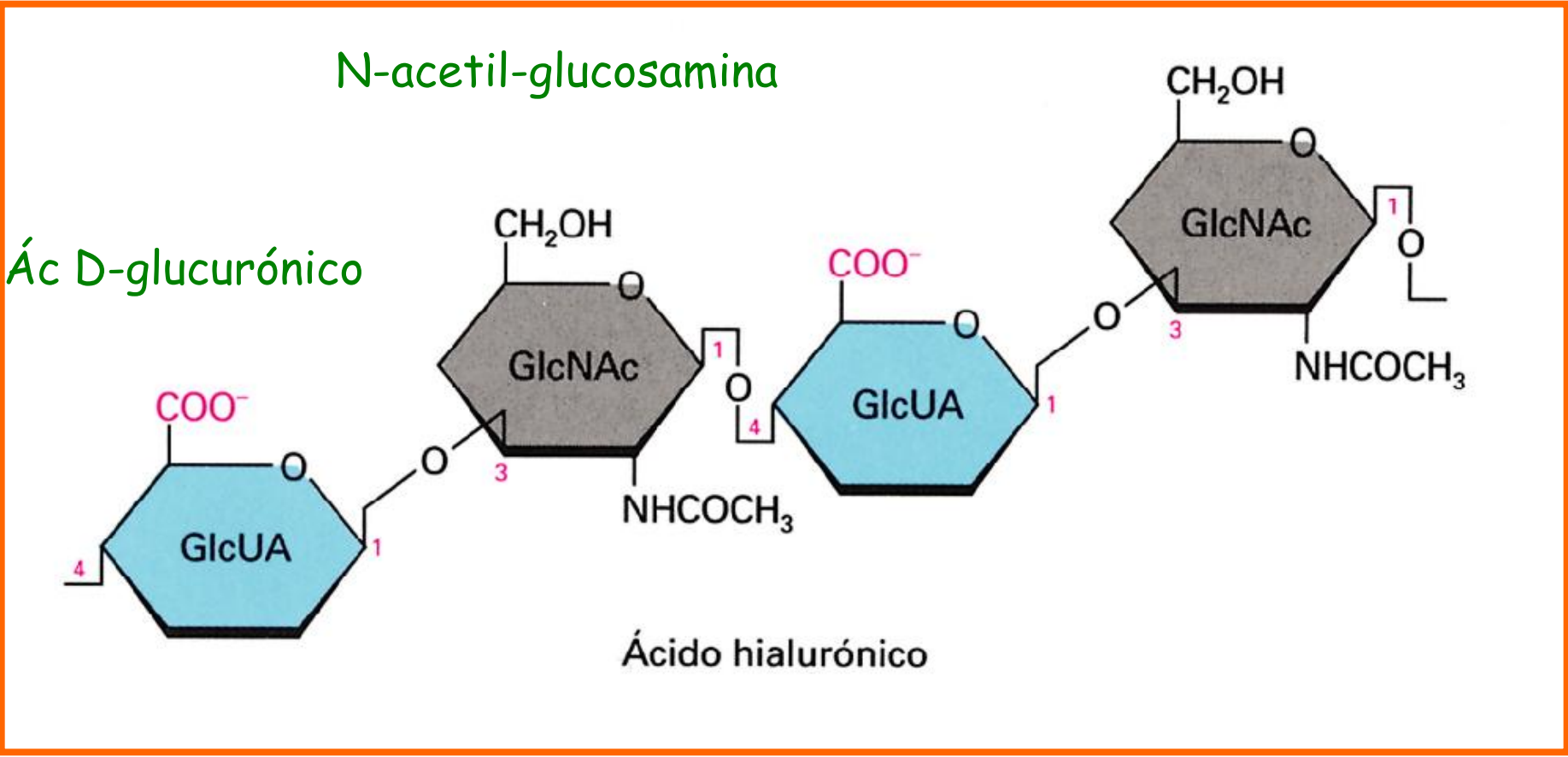
Ác D-glucurónico



El tipo C: Es abundante en el cartílago, cordón umbilical y tendones

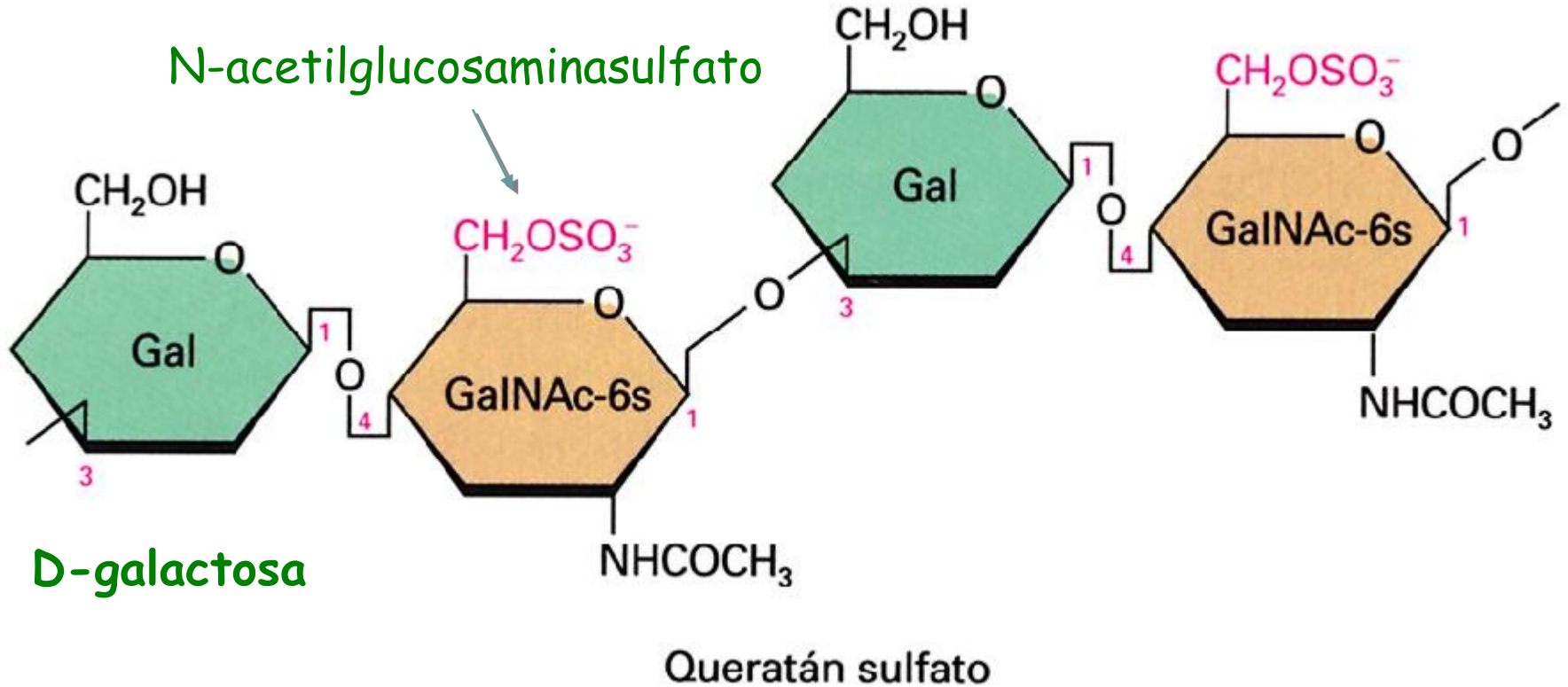
Acido hialurónico

Cadena no ramificada de unidades de disacárido repetidas que contienen:



Humor vítreo del ojo y liquido sinovial (articulaciones)

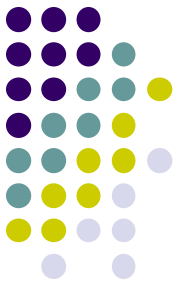
Queratán sulfato



Presente en cartílago, córnea, hueso y núcleo pulposo de los discos intervertebrales

Funciones de los glicosaminoglucanos

- ✓ Absorción de presión en el cartílago
- ✓ Cemento intermolecular
- ✓ Desarrollo de estructuras fibrosas extracelulares
- ✓ Fijación de agua y cationes (Ca^{+2})
- ✓ Lubricantes



Fin del objetivo 1