Colegio de
San Francisco de Paula

BLOQUE 1. BASE MOLECULAR Y FISICOQUÍMICA PARA LA VIDA

1.3 Glúcidos

Germán Tenorio

Biología 12º

Idea Fundamental: Se emplean compuestos de carbono, hidrógeno y oxígeno para suministrar energía y almacenarla.

¿Qué vamos a aprender?

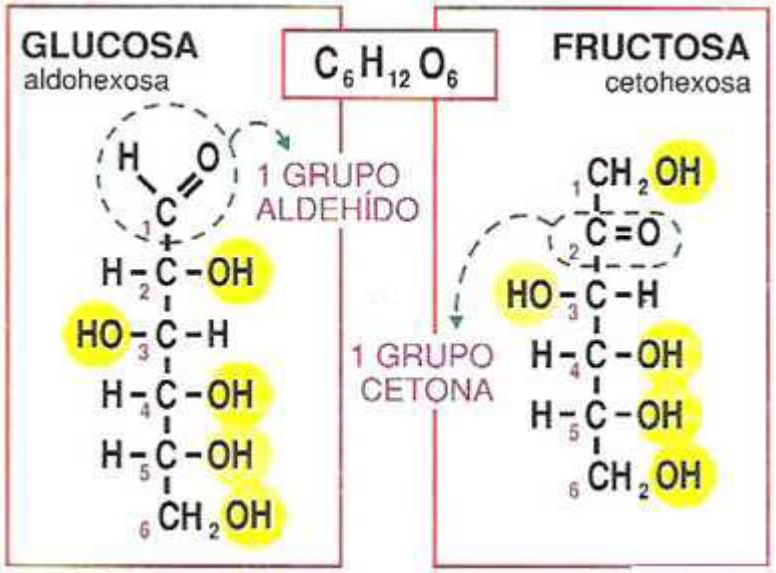
- Los glúcidos se clasifican en monosacáridos, disacáridos, oligosacáridos y polisacáridos, según su complejidad.
- Los monosacáridos presentan isomería óptica y ciclan en disolución.
- Los monosacáridos se unen mediante enlaces O-glucosídicos.
- Estructura y función de los principales monosacáridos, disacáridos y polisacáridos.
- Heteroglúcidos.
- Funciones biológicas de los glúcidos.

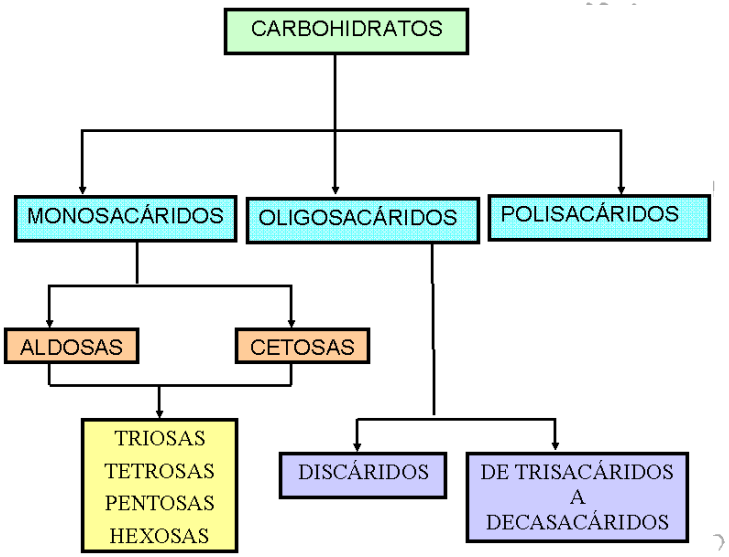
Concepto de Glúcido

- Compuestos orgánicos formados por C, H y O, cuya fórmula general es **$(CH_2O)_n$** por lo que se les llama **carbohidratos,** aunque existen sustancias que cumplen esta fórmula y no son glúcidos (ácido láctico $C_3H_6O_3$) y vicersa (ramnosa $C_6H_{12}O_5$).
- También se les denomina **azúcares**, por el sabor dulce de muchos de ellos (monosacáridos y disacáridos), aunque muchos otros no lo tengan.

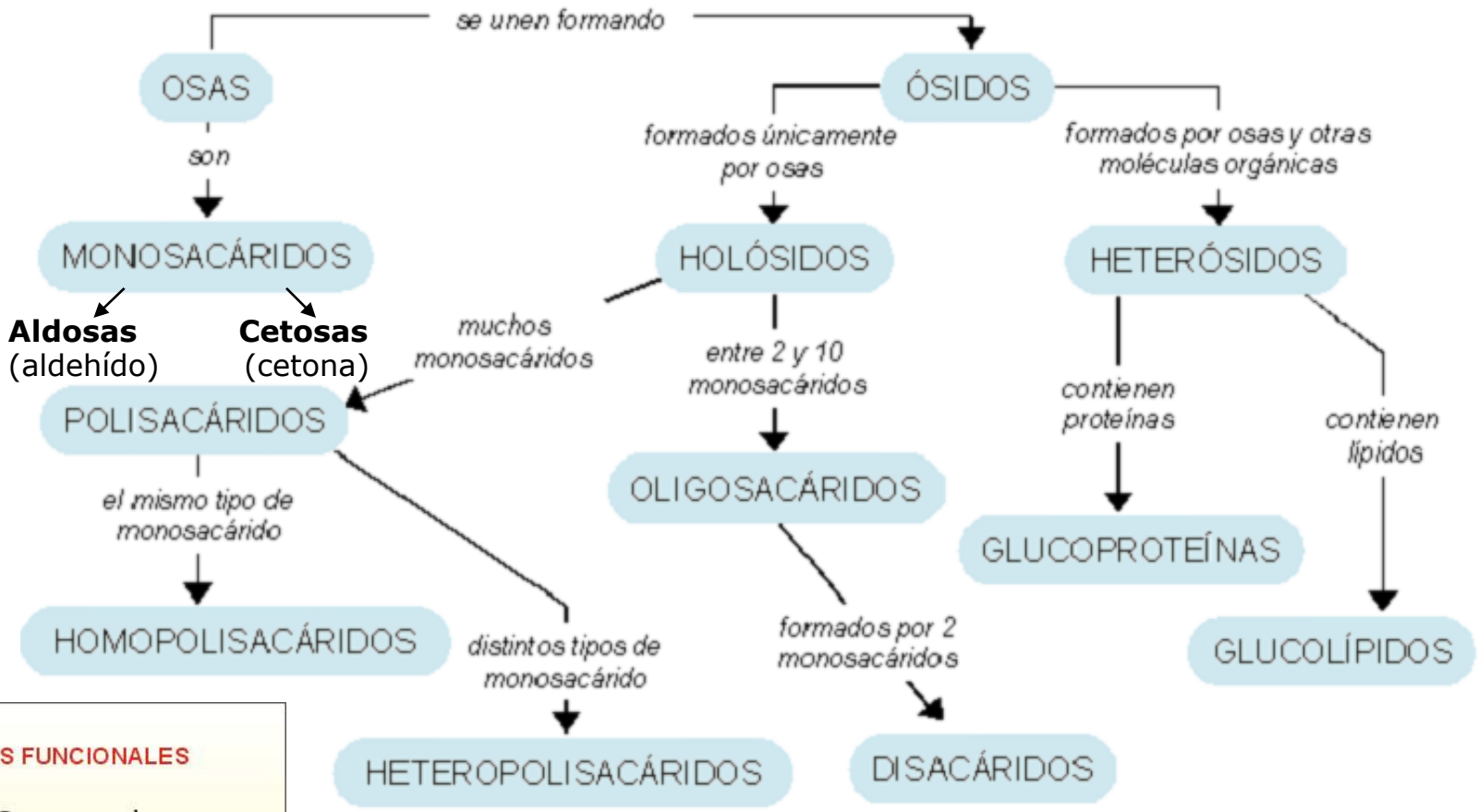
Concepto de Glúcido

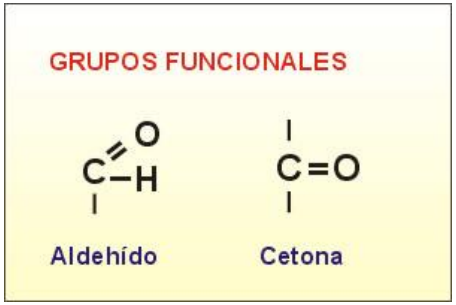
- Desde un punto de vista químico, son un **grupo de moléculas orgánicas que incluye polihidroxialdehídos y polihidroxicetonas**, sus derivados simples y los productos formados por la condensación de estos compuestos entre sí, y con otros, mediante enlaces.
- Los glúcidos más sencillos se denominan **osas** o **monosacáridos** y son moléculas no hidrolizables que tienen entre 3 y 7 átomos de carbono. Los demás glúcidos reciben el nombre de **ósidos** y están formados por la unión de monosacáridos mediante **enlaces glucosídicos**.





Clasificación (según complejidad química) de los glúcidos

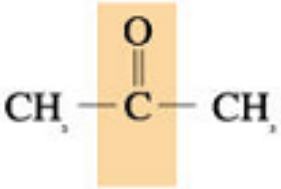




Grupo Carbonilo: Grupo formado por un átomo de carbono unido por un doble enlace a otro de oxígeno, que constituye el **grupo funcional** de aldehídos y cetona.

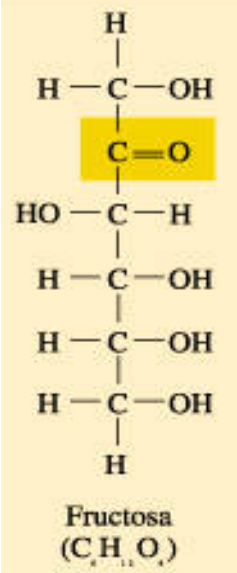
Monosacáridos: Estructura

- Los **monosacáridos** son biomoléculas formadas por una larga cadena carbonada sin ramificar, donde todos los átomos de carbono presentan la función alcohol, excepto el que posee el grupo carbonilo. Es decir, están constituidos por C, H y O en la proporción que indica su fórmula empírica $C_nH_{2n}O_n$
- Son por tanto polialcoholes (un grupo OH en cada carbono) con un grupo aldehído (aldosas) o cetona (cetosas), es decir, polihidroxialdehídos o polihidroxicetonas.

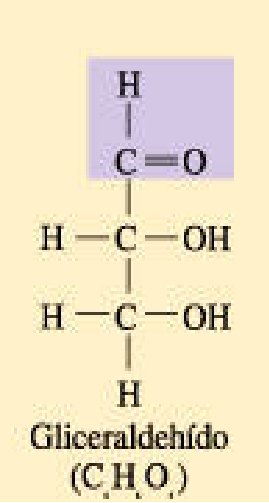


Cetona

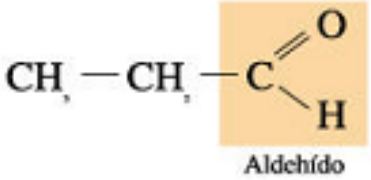
- Se **<u>clasifican</u>** según el número de átomos de carbono: Triosas, tetrosas, pentosas, hexosas y heptosas, y el grupo carbonilo que presenten (cetopentosas, aldotriosa).



Fructosa
($C_6H_{12}O_6$)



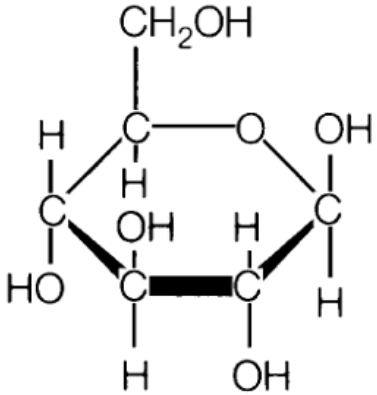
Gliceraldehído
($C_3H_6O_3$)

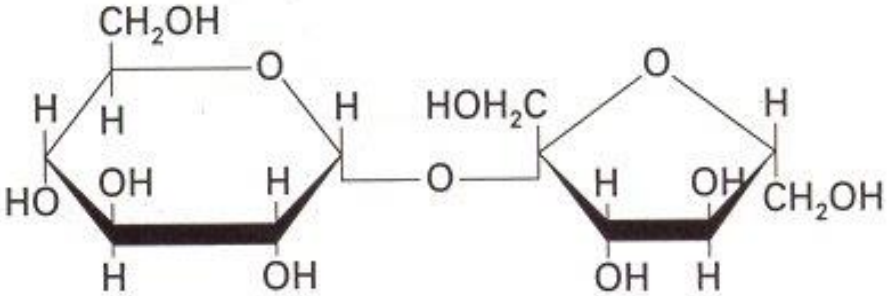


Aldehído

Monosacáridos: Propiedades

- Sabor dulce.
- Sólidos cristalinos.
- Color blanco.
- Solubles en agua (debido a la polaridad grupos hidroxilos (–OH).
- Carácter reductor (debido al grupo carbonilo).
- Alta reactividad (debido al grupo carbonilo).
- Presentan estereoisomería.

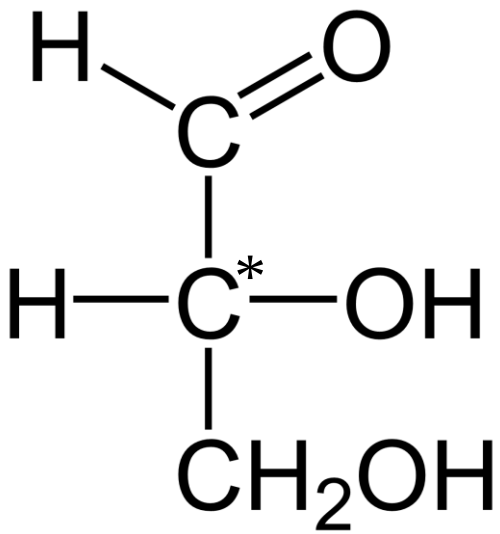




Sacarosa

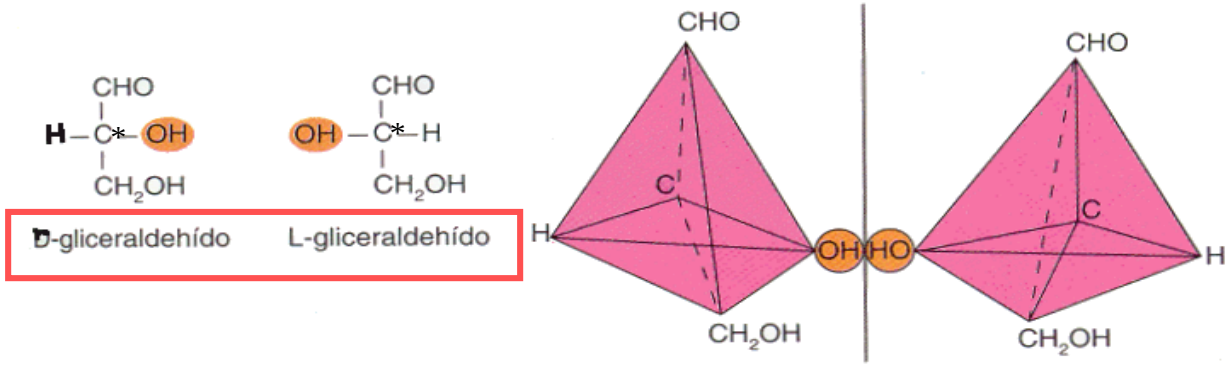
Estereoisomería o isómeros opticos

- Los glúcidos en general, y los monosacáridos en particular, presentan esta propiedad consistente en la **exitencia de moléculas con la misma fórmula plana pero distinta estructura espacial**.
- Esta propiedad se debe a la existencia de un **carbono asimétrico (C*)**, es decir, un carbono unido a cuatro grupos distintos.
- El **gliceraldehído**, es una aldotriosa cuyo carbono nº 2 es asimétrico, al estar unido a cuatro grupos diferentes.



Estereoisomería o isómeros opticos

- Para representar en el plano del papel estas moléculas se utiliza la **proyección de Fischer**, con la cadena carbonada dispuesta en vertical y los grupos unidos a los carbonos asimétricos se situan a la izquierda y a la derecha de éste. Los estereoisómeros del gliceraldehído son:



Simetría espacial del gliceraldehído, único monosacárido que presenta un solo carbono asimétrico. **(Imagen de Biología 2 - McGraw Hill)**

- Por convenio, si el **grupo –OH del carbono asimétrico** queda **a la derecha** y el –H a la izquierda, se le **denomina D**. Si el **grupo –OH del carbono asimétrico** queda **a la izquierda** y el –H a la derecha, se le **denomina L**. En la Naturaleza, casi la totalidad de los monosacáridos pertenecen a la serie D.
- Aunque presenten iguales propiedades físico-químicas, son moléculas distintas, ya que es imposible superponerlas, y ambas presentan un comportamiento distinto frente a la luz polarizada, lo que demuestra que no son idénticas.

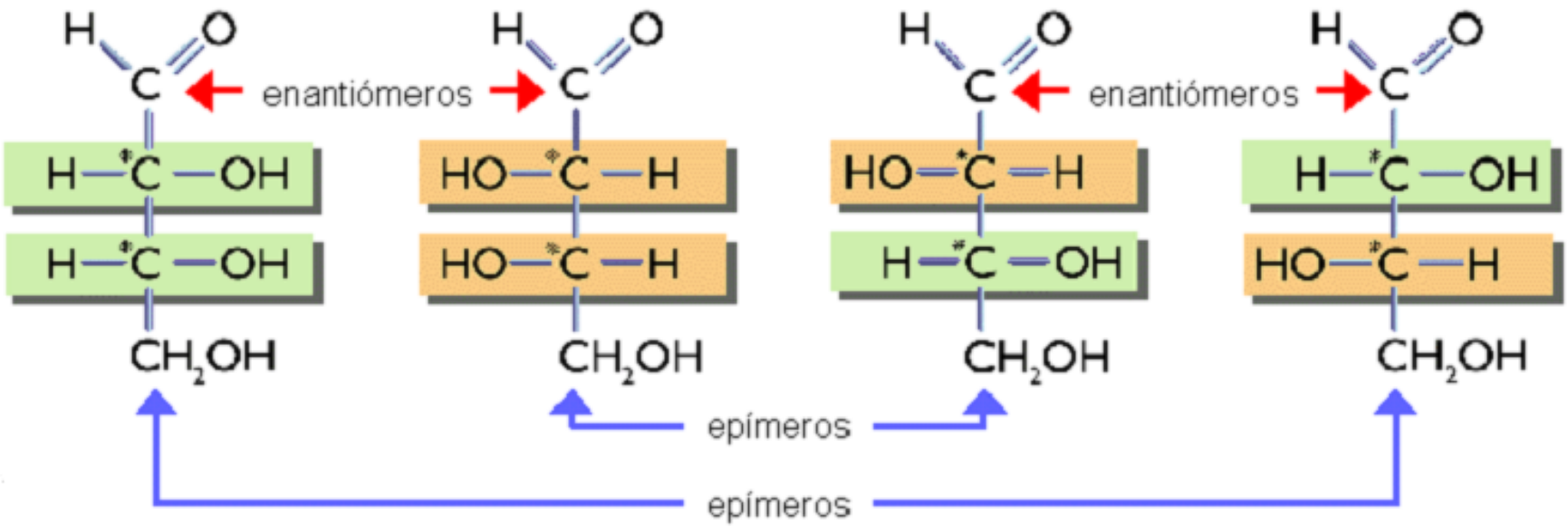
Estereoisomería o isómeros opticos

- Las disoluciones de estereoisómeros son capaces de desviar el plano de polarización de un haz de luz polarizada (vibración electromagnética en un solo plano) a la derecha (isómero **dextrógiro** o +) o a la izquierdas (**levógiro** o -).

Estereoisomería o isómeros opticos

- Como en cada C* aparecen dos estereoisómeros, el número total de estereoisómeros en una molécula con n C* es 2^n.
- La **denominación D o L** se establece **según la posición del –OH del último C*, el más alejado del carbono carbonilo**.
- Hay dos tipos de estereoisómeros: los enantiómeros y los epímeros.

(Cuando dos isómeros ópticos se diferencian en la posición de todos los –OH)



(Cuando dos isómeros ópticos se diferencian en la posición de un único -OH en un carbono asimétrico)

Principales monosacáridos: Estructura y función biológica

- Se nombran según el número de átomos de carbono: Triosas (3C), tetrosas (4C), pentosas (5C), hexosas (6C) y heptosas (7C).

TRIOSAS

GLICERALDEHÍDO y DIHIDROXIACETONA

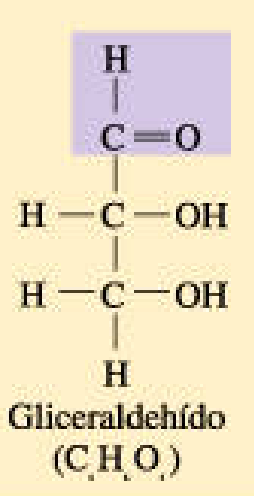
Intermediarios del metabolismo de la glucosa.

TETROSAS

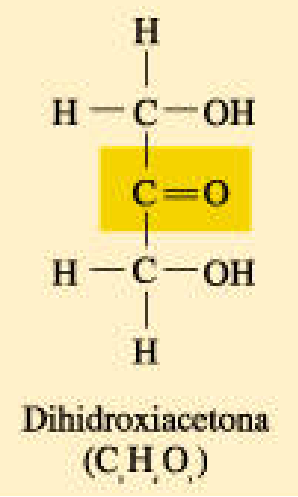
ERITROSA

Intermediario en procesos de nutrición autótrofa.

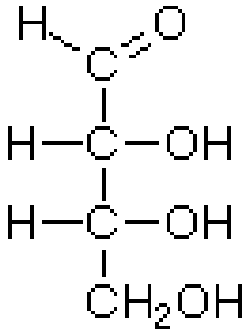
Aldotriosa



Cetotriosa



No tiene C*



D-Eritrosa

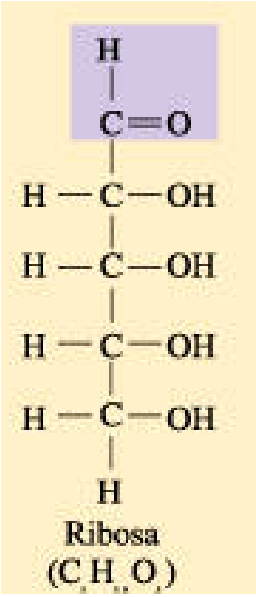
- Según el grupo carbonilo pueden ser cetosas (grupo cetona) o aldosas (aldehído). Así, una cetopentosa será un monosacárido de 5C y con el grupo cetona.

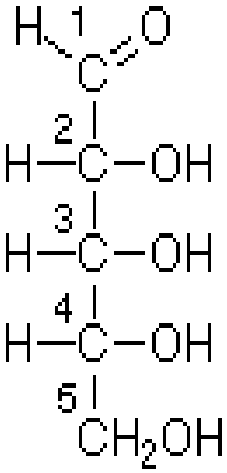
Principales monosacáridos: Estructura y función biológica

PENTOSAS

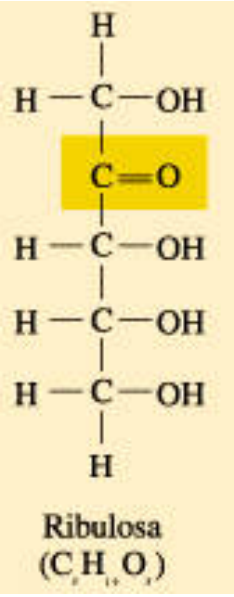
- No se encuentran libres en la naturaleza. La **D-ribosa** y la **D-desoxirribosa** (aldopentosas) forman parte de los nucleótidos y de los ácidos nucleicos (ARN y ADN). La D-ribulosa (cetopentosa) interviene en la fotosíntesis.

Aldosa





Cetosa

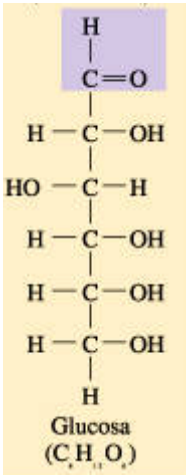


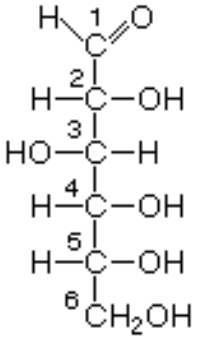
Principales monosacáridos: Estructura y función biológica

HEXOSAS

- Entre las aldohexosas destaca la **glucosa***, molécula energética más utilizada por los seres vivos, localizada en el citoplasma celular, plasma sanguíneo y en algunos frutos. Constituye también la unidad o monómero componente de los principales disacáridos y polisacáridos.
- La **fructosa*** (cetohexosa) se encuentra libre en las frutas, lo que las hace dulces, en la miel y el semen.

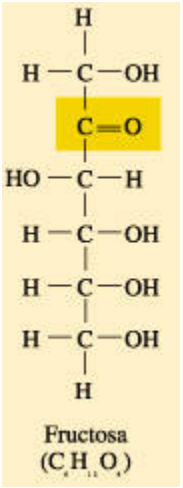
Aldosa

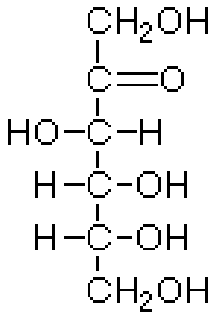




D-Glucosa

Cetosa



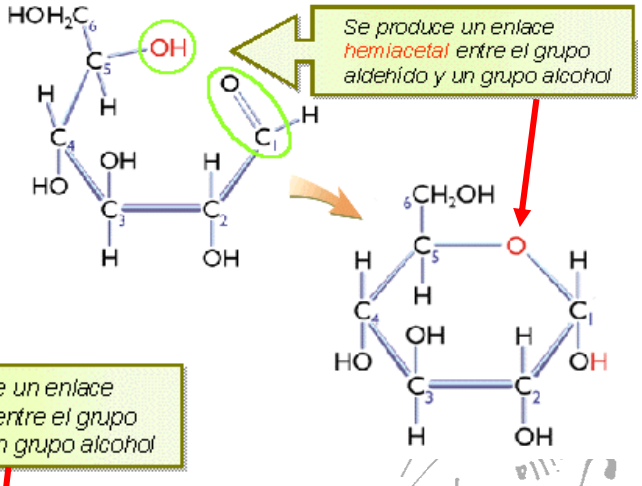


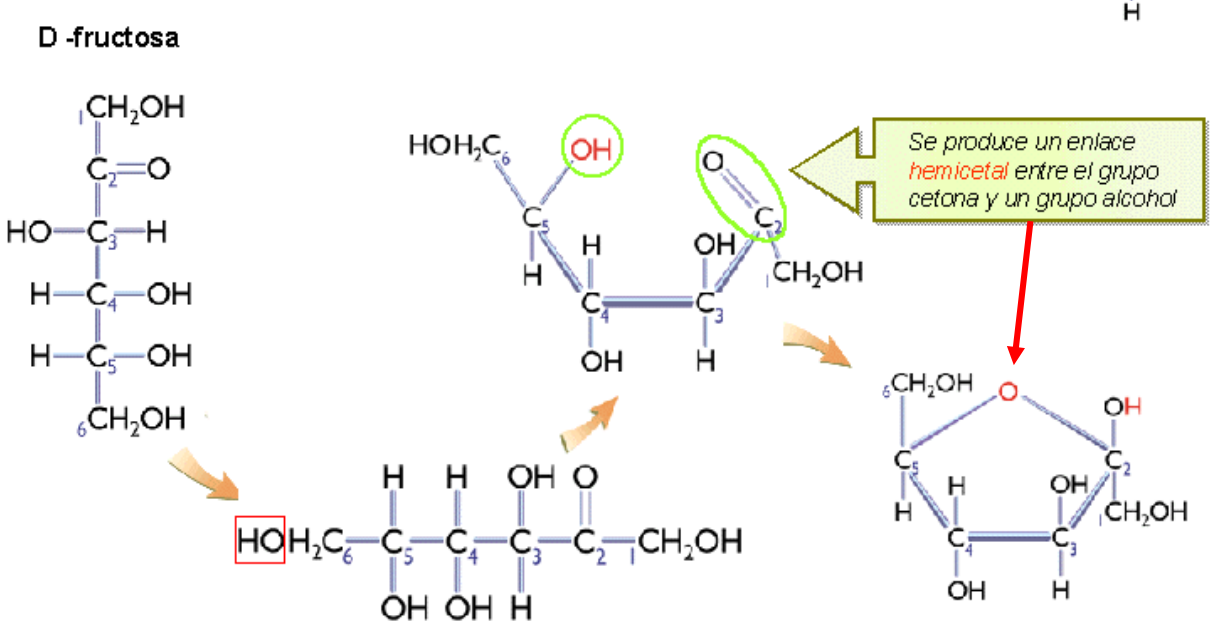
D-Fructosa

- La **galactosa*** (aldohexosa) se encuentra libre en la leche y formando la lactosa disacárido también presente en la leche.

Estructura monosacáridos en disolución

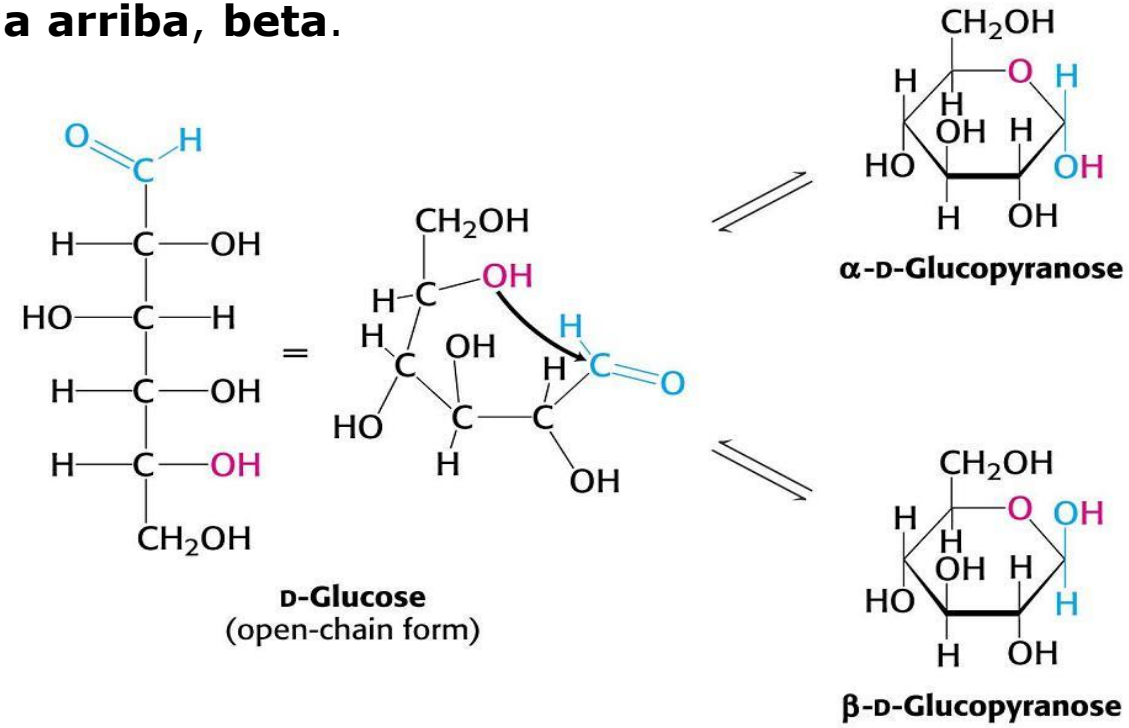
- Cuando los monosacáridos de 5 ó más carbonos se encuentran en disolución, la mayoría se presentan constituyendo moléculas cíclicas con anillos de 5 ó 6 átomos (**Proyección de Haworth**).
- Dichas estructuras cíclicas se forman al reaccionar el grupo carbonilo con uno de los grupos hidroxilos, originándose un **hemiacetal** o **hemicetal** intramolecular.





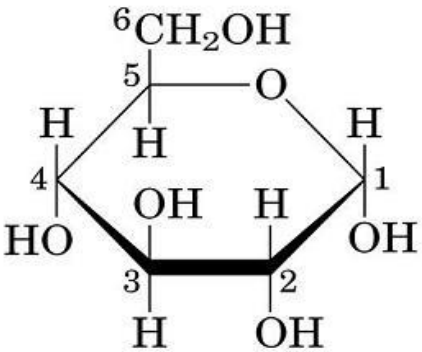
Estructura monosacáridos en disolución

- Como resultado de la ciclación, el carbono del grupo carbonilo, llamado ahora **anomérico**, pasa a ser asimétrico, por lo que se originan dos nuevos estereoisómeros, denominados **anómeros**.
- Los anómeros **se diferencian en la posición del -OH unido al carbono anomérico**. Si está **hacia abajo** ese denomina **alfa**, y si está **hacia arriba**, **beta**.

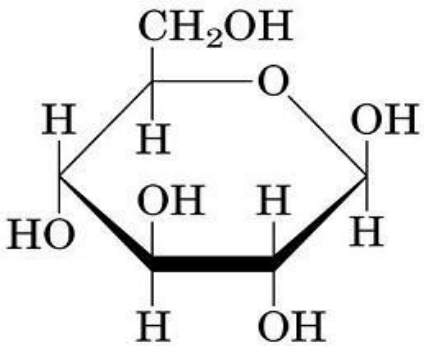


Estructura monosacáridos en disolución

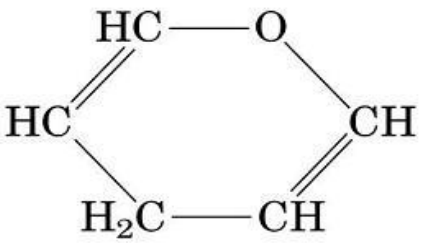
- Sólo los anillos de 5 y 6 átomos de carbono son estables, denominándose **furanosas** (pentagonales) y **piranosas** (hexagonales).



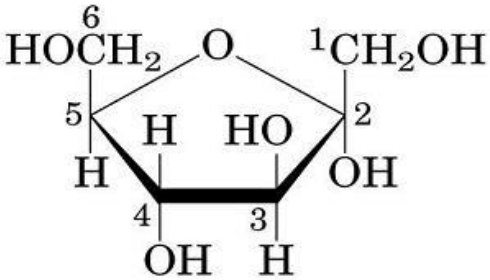
α-D-Glucopyranose



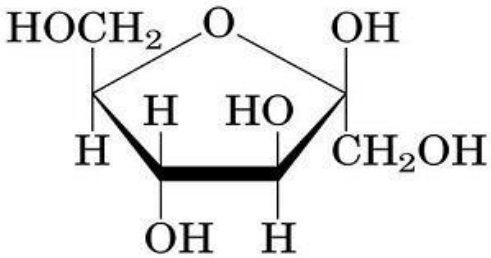
β-D-Glucopyranose



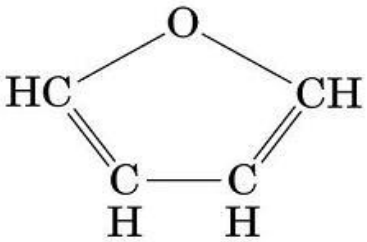
Pyran



α-D-Fructofuranose

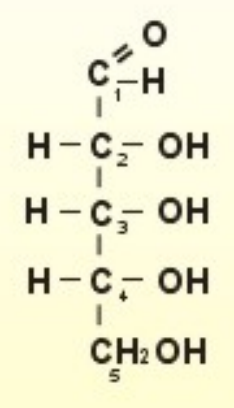


β-D-Fructofuranose

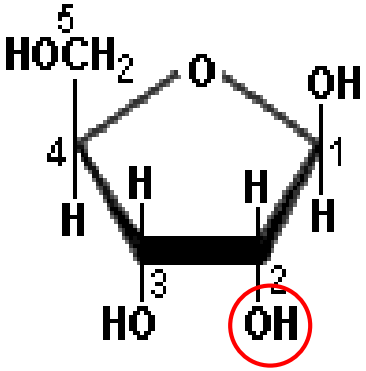


Furan

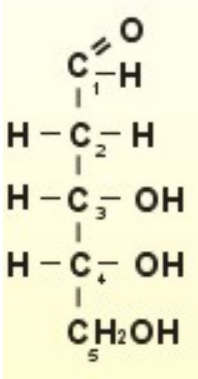
Dibujo fórmulas lineal y cíclica monosacáridos importantes



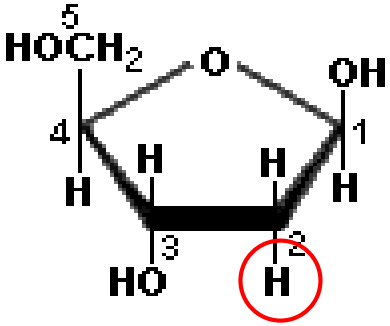
D- Ribosa



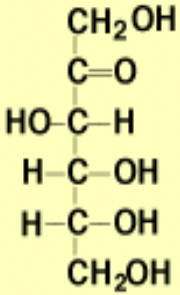
B- D- Ribosa



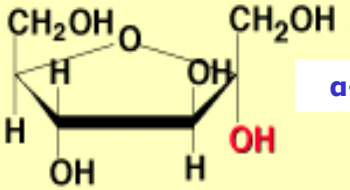
D- Desoxirribosa



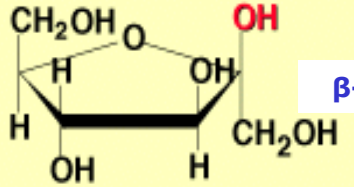
B- D- Desoxirribosa



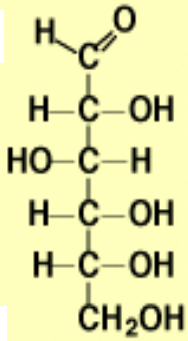
D- Fructosa



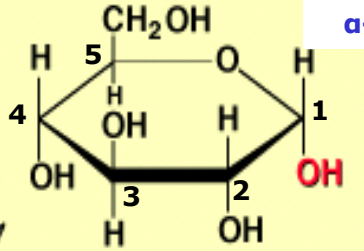
α- D- Fructosa



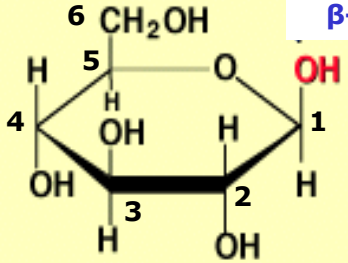
β- D- Fructosa



D- Glucosa



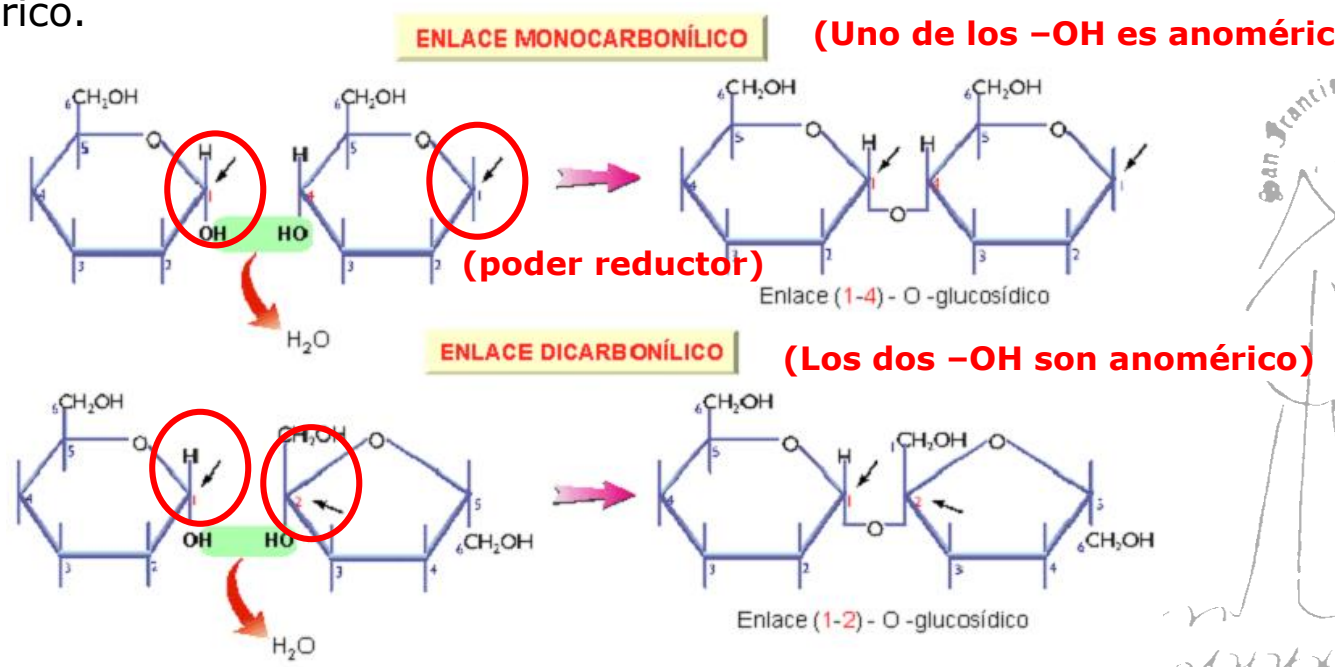
α- D- Glucosa



β- D- Glucosa

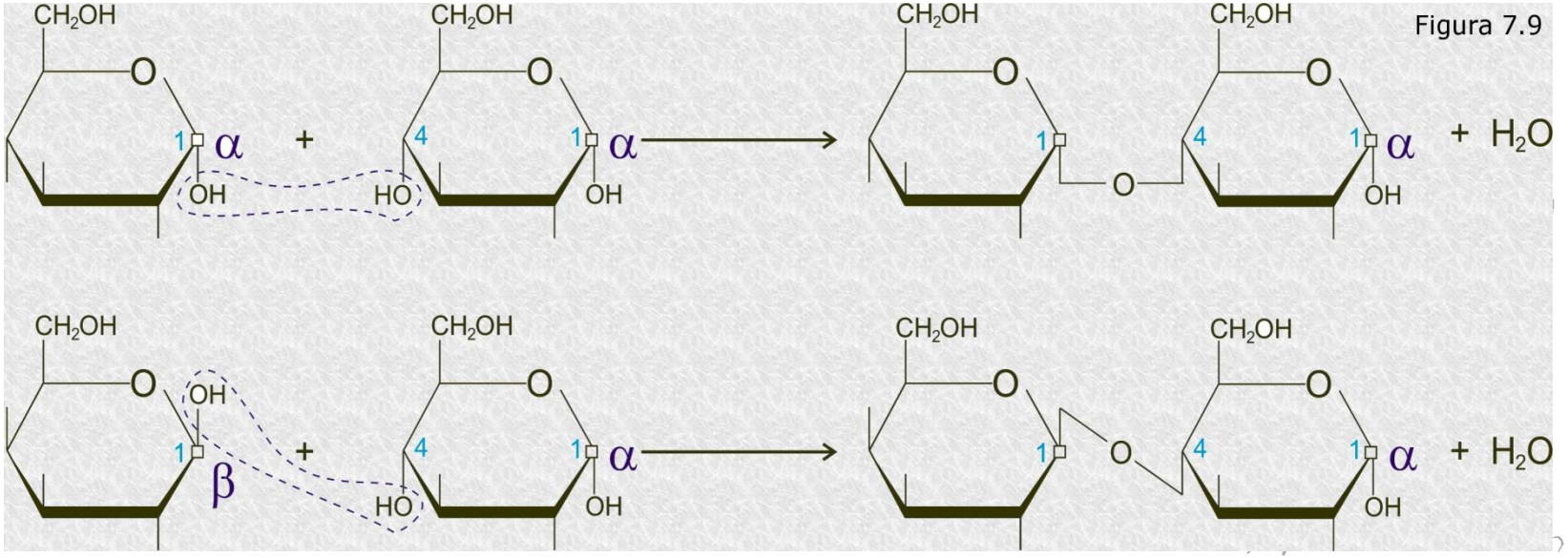
Enlace O-glucosídico

- Los monosacáridos se unen entre sí para formar glúcidos complejos (**ósidos**).
- Esta unión es una reacción de **condensación** donde **interaccionan** el **grupo hidroxilo del carbono anomérico** de un monosacárido y un **grupo hidroxilo** de un carbono de otro monosacárido, quedando unidos por el oxígeno de uno de los dos grupos -OH y **liberándose una molécula de agua**. El enlace covalente así creado se denomina **O-glucosídico** y puede ser de dos tipos, **α** o **β**, según sea α o β la configuración del monosacárido que aporta al enlace el carbono anomérico.



Enlace O-glucosídico

- La estructura de un enlace glucosídico se suele especificar escribiendo el tipo de enlace, α o β, seguido entre paréntesis por los números de los átomos de carbono implicados en él; el número que se escribe en primer lugar corresponde al átomo de carbono carbonílico.
- Puesto que los monosacáridos tienen muchos grupos hidroxilo, la variedad de enlaces glucosídicos posibles es enorme; no obstante, los más abundantes en la naturaleza son los **α(1—›4)** y los **β(1—›4)**.



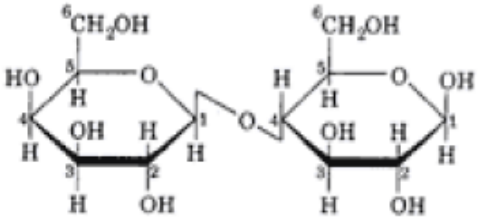
Enlace O-glucosídico

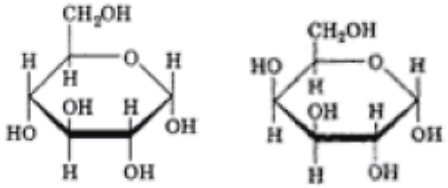
- La reacción inversa es la **hidrólisis**, en la que mediante la adición de una molécula de agua, se rompe el enlace O-glucosídico y se regeneran los dos grupos hidroxilos, quedando separados ambos por monosacáridos.

disacárido — **hidrólisis** — **monosacárido**

Lactosa + agua $\rightleftharpoons$ glucosa + galactosa

condensación





polisacárido — **hidrólisis** — **disacárido**

almidón + agua $\rightleftharpoons$ maltosa

condensación

Condensación e hidrólisis

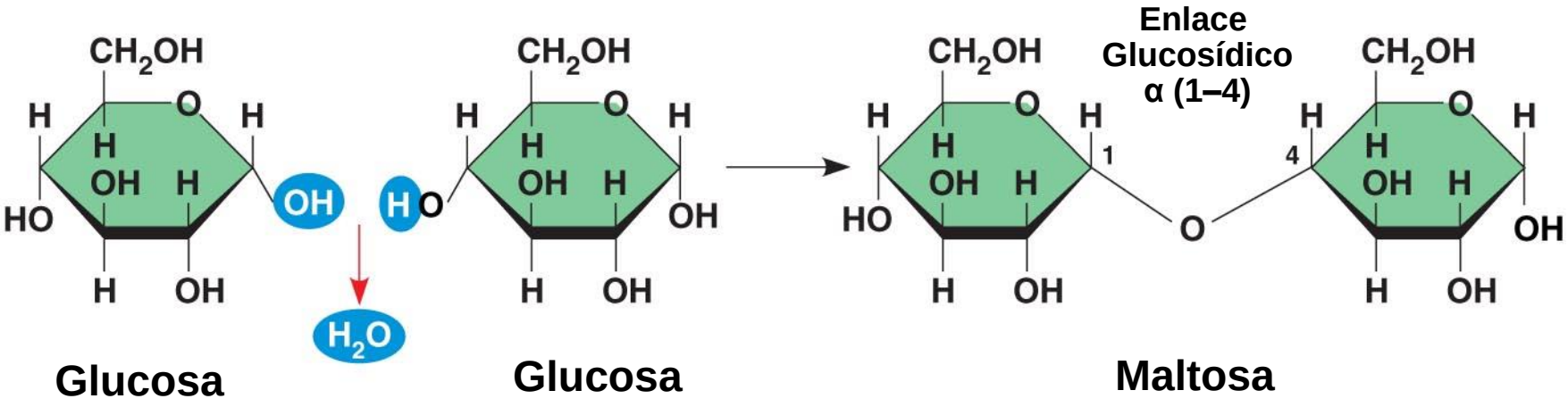
- Las reacciones de condensación e hidrólisis son frecuentes en la formación de las macromoléculas orgánicas (polímeros) a partir de sus unidades básicas (monómeros):

polímero		**monómeros**
Polipétido + agua	**hidrólisis** ⇀ / ↽ **condensación**	aminoácidos
Triglicéridos + agua	**hidrólisis** ⇀ / ↽ **condensación**	glicerol + ácidos grasos

- Las reacciones de condensación, como la formación del enlace glucosídico entre monosacáridos, es un proceso anabólico que conlleva el consumo de energía en forma de ATP.

Disacáridos

- Oligosacáridos formados a partir de la unión de dos monosacáridos.
- La **maltosa** se origina al unirse dos moléculas de alfa-D-glucosa. No se encuentra libre en la naturaleza, sino a partir de la hidrólisis del almidón y del glucógeno, ya que el enlace α (1-4) es fácilmente hidrolizable por el enzima maltasa. Es un disacárido reductor.

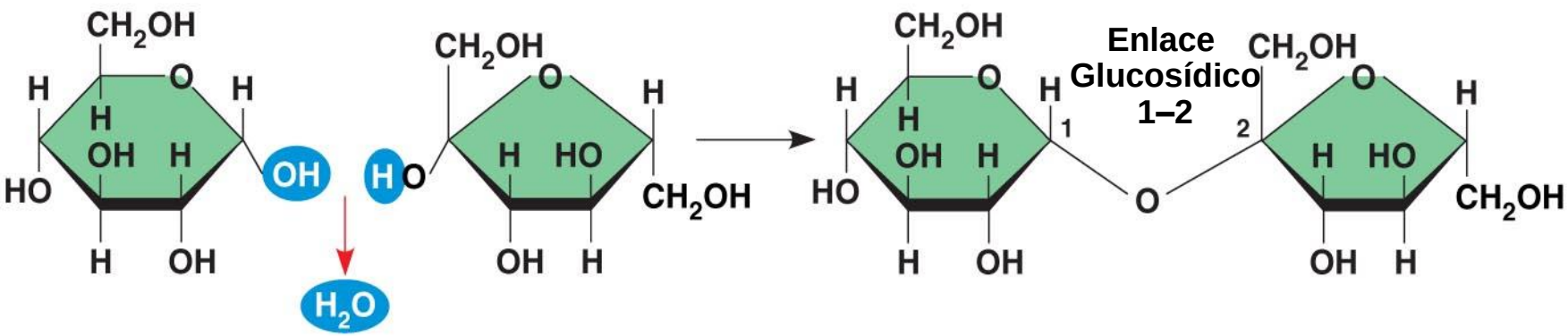


Reacción de condensación en la síntesis de maltosa

Copyright © 2005 Pearson Education, Inc. Publishing as Pearson Benjamin Cummings. All rights reserved.

Disacáridos

- La **sacarosa** se origina por la unión de una alfa-D-glucosa y una beta-D-fructose mediante enlace enlace β (1-2). Es el azúcar de caña o de mesa, de consumo habitual y principal componente de la savia elaborada de los vegetales. No posee carácter reductor al ser un enlace dicarbonílico. La hidroliza la enzima sacarasa.

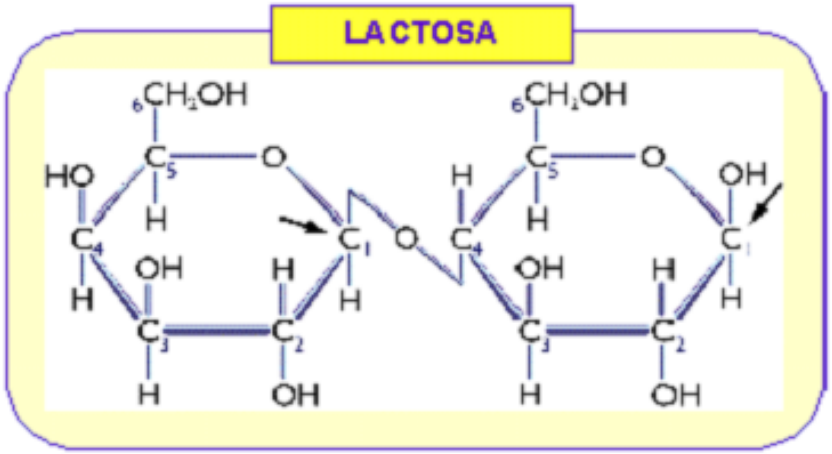


Reacción de condensación en la síntesis de maltosa

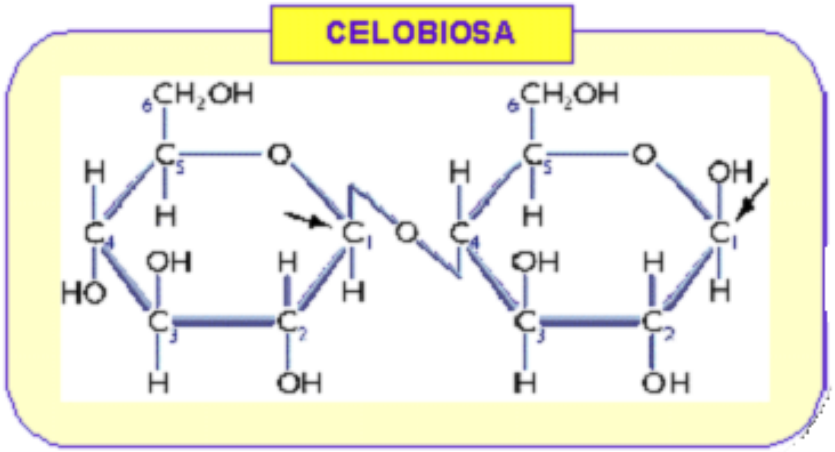
Copyright © 2005 Pearson Education, Inc. Publishing as Pearson Benjamin Cummings. All rights reserved.

Disacáridos

- La **lactosa** se origina por la unión de una beta-D-galactosa y una beta-D-glucosa. Se encuentra libre en la leche de los mamíferos, constituyendo una fuente nutritiva. Posee carácter reductor. Su enlace beta (1-4) es hidrolizado por la enzima lactasa.

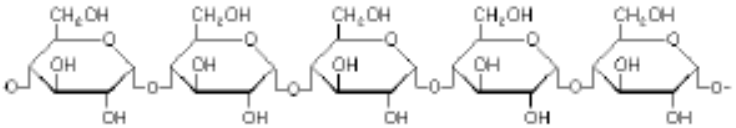


- La **celobiosa*** no se encuentra libre sino que procede de la hidrólisis de la celulosa por la enzima celulasa. Su enlace beta (1-4) es difícilmente hidrolizable. Está formado por dos moléculas de beta-D-glucosa, pero una invertida respecto a la otra. Posee carácter reductor.

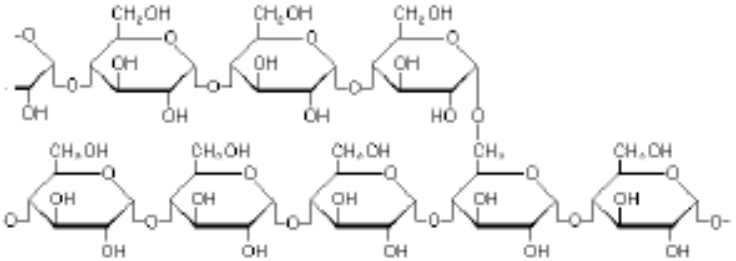


Polisacáridos

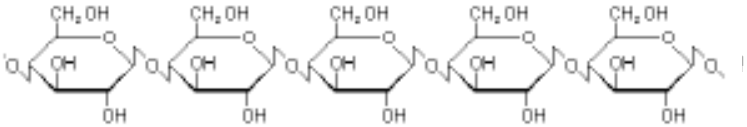
- **Concepto**: Carbohidratos de elevado peso molecular, es decir, macromoléculas resultantes de la polimerización de muchos monosacáridos, o sus derivados, unidos por enlaces O-glucosídicos con la liberación de una molécula de agua por cada enlace.
- Constituyen el grupo de sustancias más abundantes en la biosfera.
- Son insolubles en agua, pero la presencia de numerosos -OH posibilita que interaccionen con el agua mediante enlaces de hidrógeno, por lo que retiene agua.
- No presentan carácter reductor, pues la mayoría de los grupos -OH hemiacetálicos están formando los enlaces O-glucosídico.



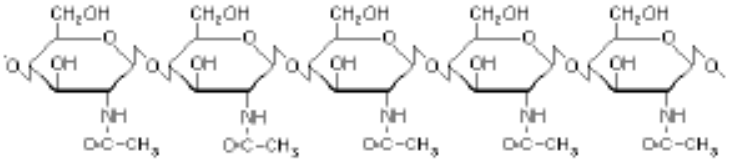
Amilosa - D-glucopiranosilo (1→4)



Amilopectina o Glucógeno D-glucopiranosilo α(1→4), α(1→6)



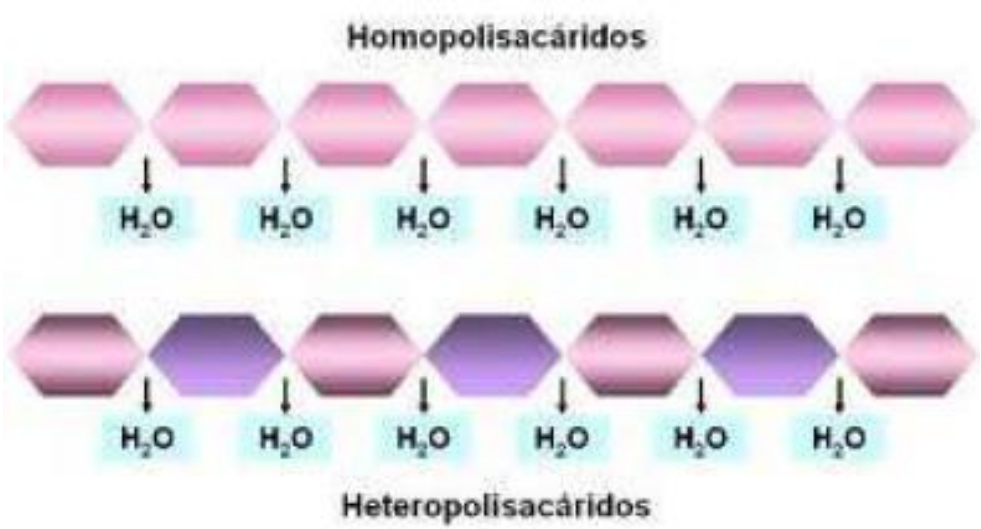
Celulosa D-glucopiranosil β(1→4)



Quitina N-acetil-D-glucopiranosil β(1→4)

Polisacáridos (holósidos)

- Los **homopolisacáridos** son polímeros formados por la repetición de un único tipo de monosacárido (monómero) que da lugar a largas cadenas, ramificadas o no. Los de mayor interés son los polímeros de hexosas (almidón, glucógeno y celulosa).



- Los **heteropolisacáridos** son polímeros formado por la unión de dos o más clases de monosacáridos. En plantas destaca la **hemicelulosa, agar-agar** y los **mucílagos**. En animales destacan los mucopolisacáridos, como el **ácido hialurónico** y la **heparina**.

Polisacáridos

son

Polímeros de monosacáridos unidos por enlaces O-glucosídicos.

según su composición

HOMOPOLISACÁRIDOS

Formados por el mismo tipo de monosacárido.

- ALMIDÓN
- GLUCÓGENO
- DEXTRANOS
- CELULOSA
- QUITINA

HETEROPOLISACÁRIDOS

Formados por monosacáridos diferentes.

- PECTINAS
- HEMICELULOSAS
- AGAR - AGAR
- GOMAS
- MUCÍLAGOS
- PEPTIDOGLUCANOS
- GLUCOSAMINOGLUCANOS

según su función

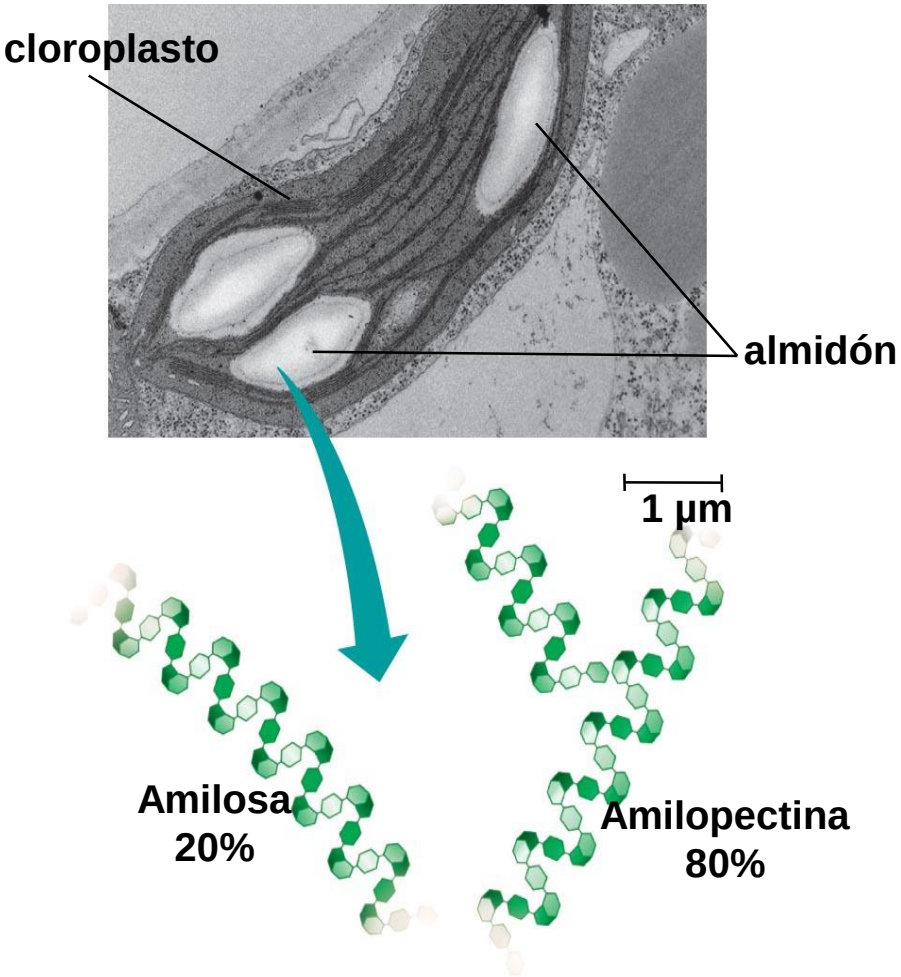
DE RESERVA

Proporcionan energía.

ESTRUCTURAL

Proporcionan soporte y protección.

Estructura y función almidón

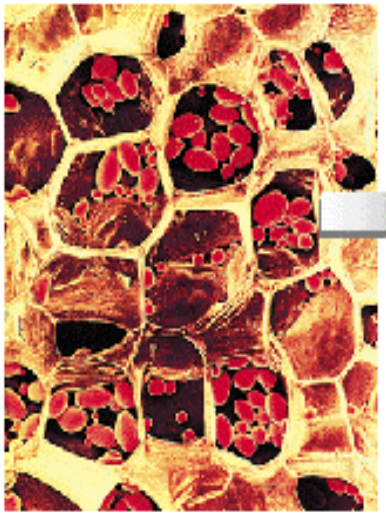


- Homopolisacárido que consituye el principal polímero de reserva energética en los vegetales.
- Se almacena en forma de gránulos en el cloroplasto o en los amiloplastos, orgánulos especilizados de reserva.
- Formado por muchas unidades de alfa-D-glucosa, por lo que presenta forma curvada.
- Forma eficaz de almacenar glucosa, ya que al ser insoluble en agua no contribuye al aumento de la presión osmótica en el interior celular.
- Los productos de su hidrólisis son la maltosa e isomaltosa.

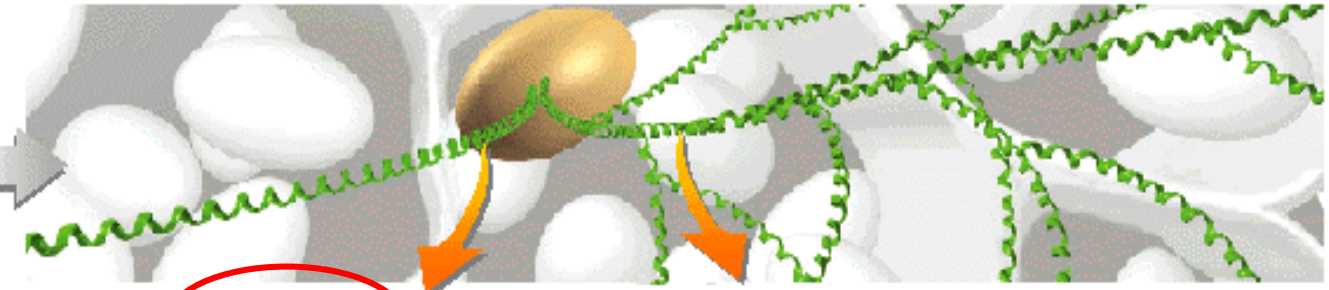
Copyright © 2005 Pearson Education, Inc. Publishing as Pearson Benjamin Cummings. All rights reserved.

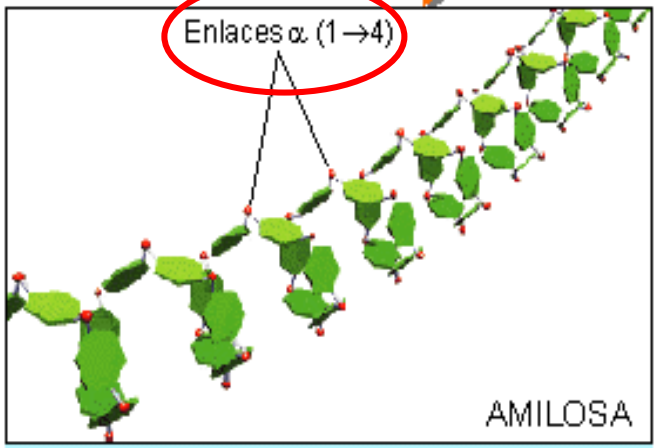
Estructura y función almidón

- Presenta dos componentes, la amilosa de cadena lineal y la amilopectina de cadena ramificada.



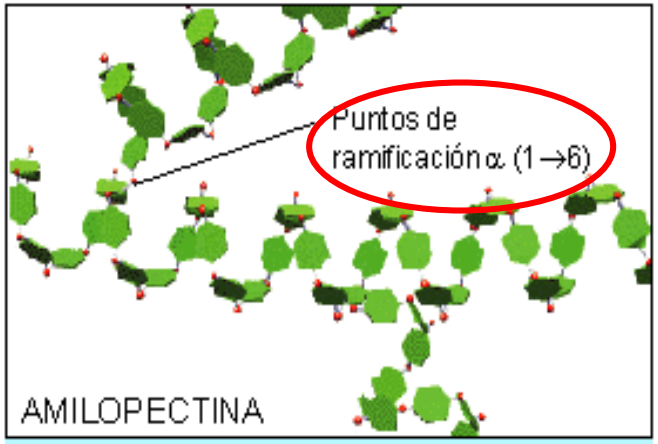
Fotografía al MEB de gránulos de almidón.





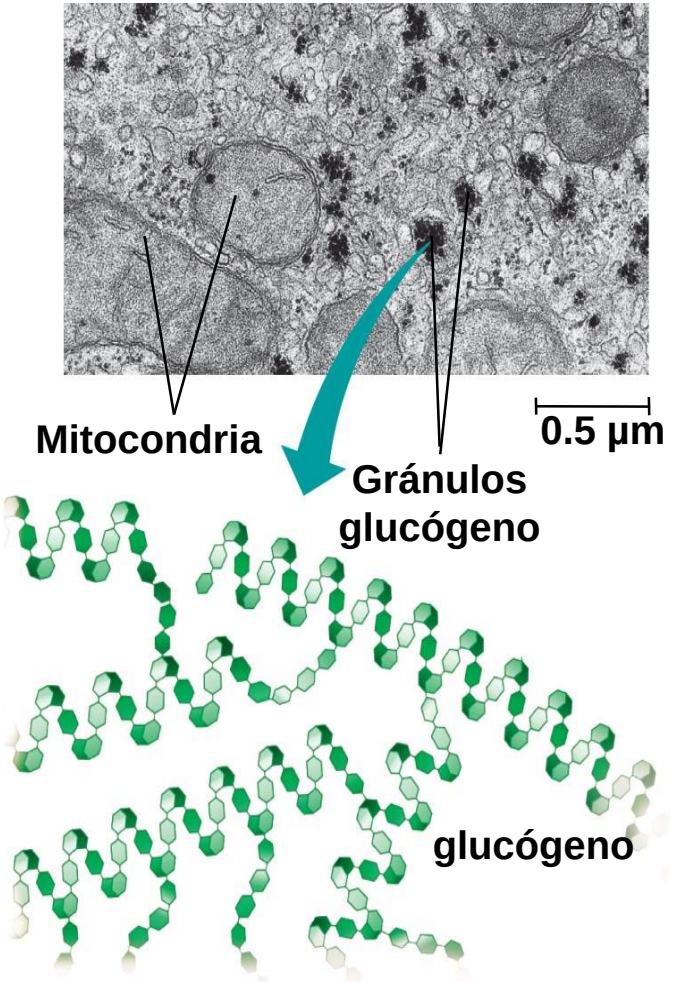
Formada por moléculas de α-D-glucosa que adoptan un arrollamiento helicoidal.

No está ramificada.



Formada por moléculas de α-D-glucosa con ramificaciones cada 15 o 30 monosacáridos.

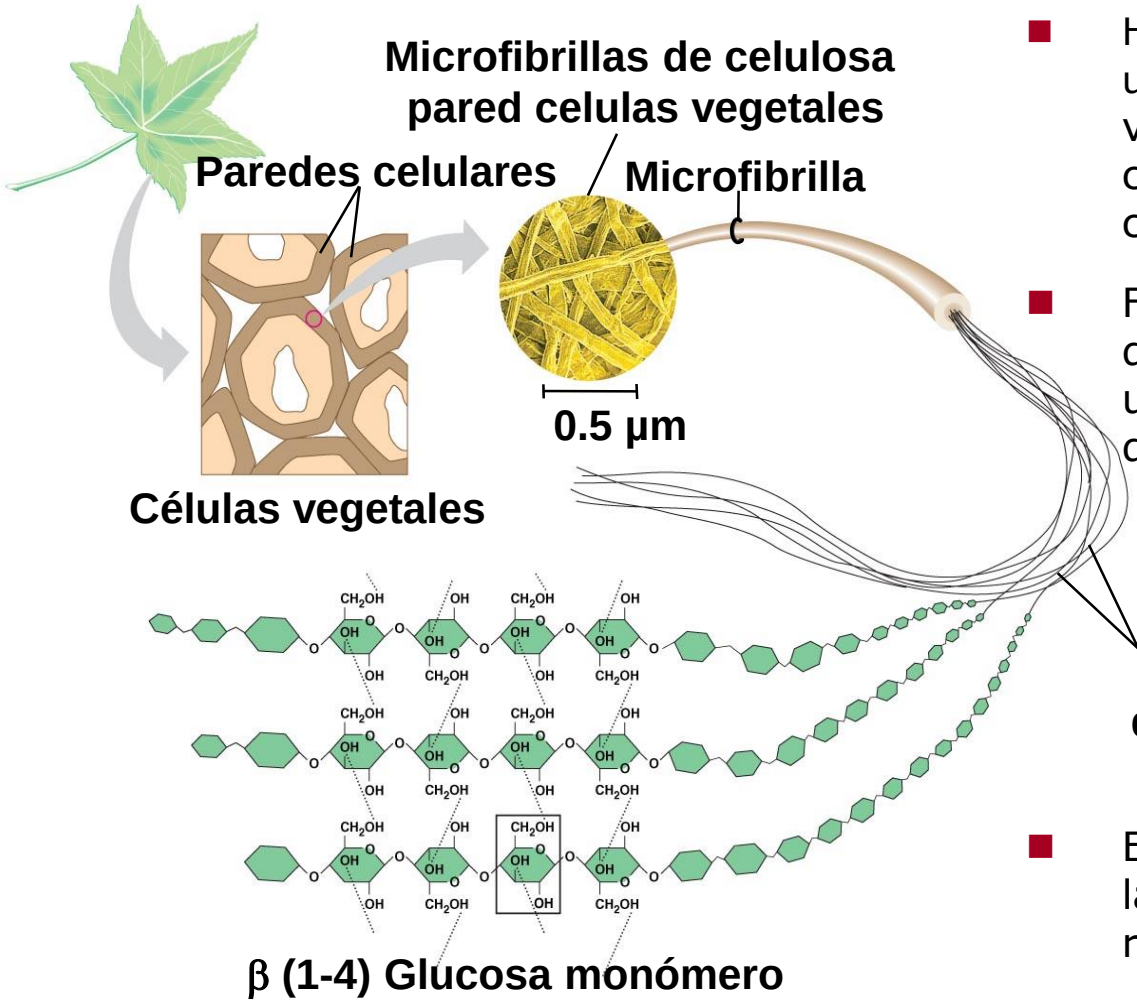
Estructura y función glucógeno



- Homopolisacárido que consituye el principal polímero de reserva energética en los animales.
- Se almacena en forma de gránulos insolubles en el músculo estriado y en el hígado.
- Formado por muchas unidades de alfa-D-glucosa.
- Se encuentra muy ramificado (muy similar a la amilopectina), lo que lo hace idóneo para su función en los animales, ya que los enzimas hidrolíticos empiezan a romperlo por los extremos de las ramificaciones.
- Los productos de su hidrólisis son la maltosa e isomaltosa.

Copyright © 2005 Pearson Education, Inc. Publishing as Pearson Benjamin Cummings. All rights reserved.

Estructura y función celulosa

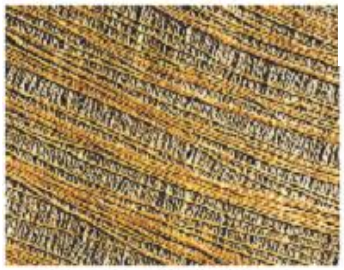


- Homopolisacárido que consituye un polímero estructural en los vegetales, siendo el principal componente de su pared celular.
- Formado por muchas unidades de beta-D-glucosa, donde la unidad que se repite es el disacárido celobiosa.
- El enlace beta (1-4) hace que las cadenas sean lineales no ramificadas.

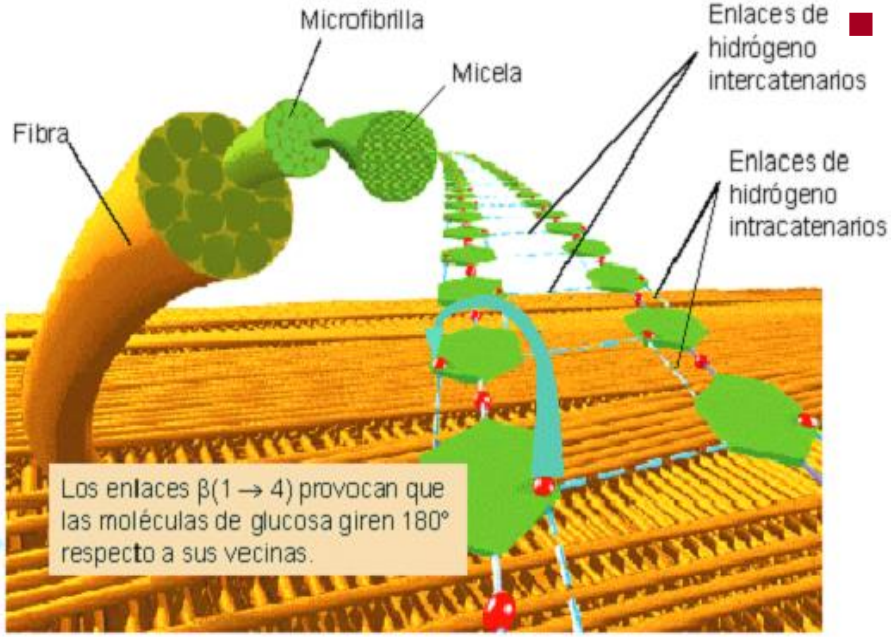
Copyright © 2005 Pearson Education, Inc. Publishing as Pearson Benjamin Cummings. All rights reserved.

Estructura y función celulosa

- Muy insoluble en agua y difícilmente hidrolizable, al formar enlaces de hidrógeno intra e intercatenarios, originando una molécula muy empaquetada que protege los enlaces O-glucosídicos de los reactivos y convirtiendo la celulosa en una molécula inerte y resistente.



Fotografía al MEB de fibras de celulosa.



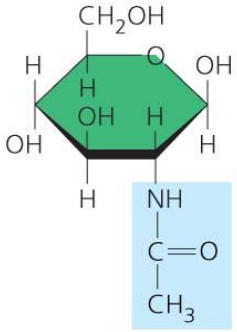
Las fibras forman capas o láminas en dirección alternante, constituyendo el entramado de la pared celular.

- Solo es hidrolizable por ciertas enzimas segregadas por ciertos protozoos y bacterias simbiontes que se alojan en el intestino animales herbívoros y de insectos xilófagos.

- Para el resto de animales, la celulosa no es un nutriente al no digerirse, ya que facilita en tránsito de las heces fecales e impide el estreñimiento.

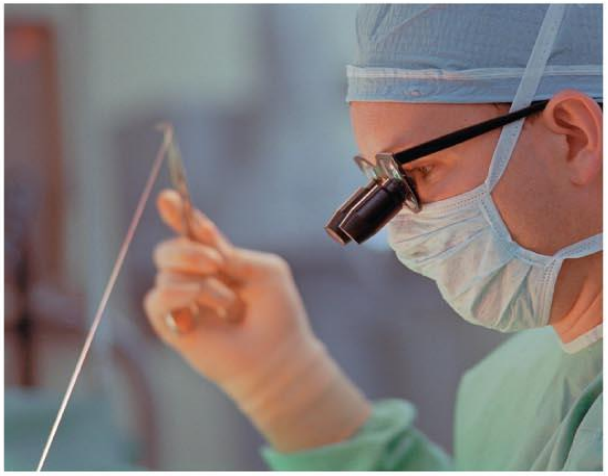
Otro homopolisacárido: Quitina

- Polímero estructural no ramificado.
- Constituye el principal componente de la pared celular de los hongos y del exoesqueleto de los artrópodos.
- Formado por la unión de muchas unidades de **N-acetil-beta-D-glucosamina** mediante enlaces beta (1-4).
- Insoluble en agua y muy resistente, idóneo para su función estructural.



(a) **Estructura quitina.**

(b) **Exoesqueleto de los insectos.**



(c) **Se usa para hacer material quirúrgico resistente y flexible, que se descompone tras la cicatrización.**

Copyright © 2005 Pearson Education, Inc. Publishing as Pearson Benjamin Cummings. All rights reserved.

Heteropolisacáridos

- Polisacáridos con dos o más clases de monosacáridos o sus derivados.
- En **plantas** destacan:

  - Las **hemicelulosas** que forman la pared celular de vegetales.

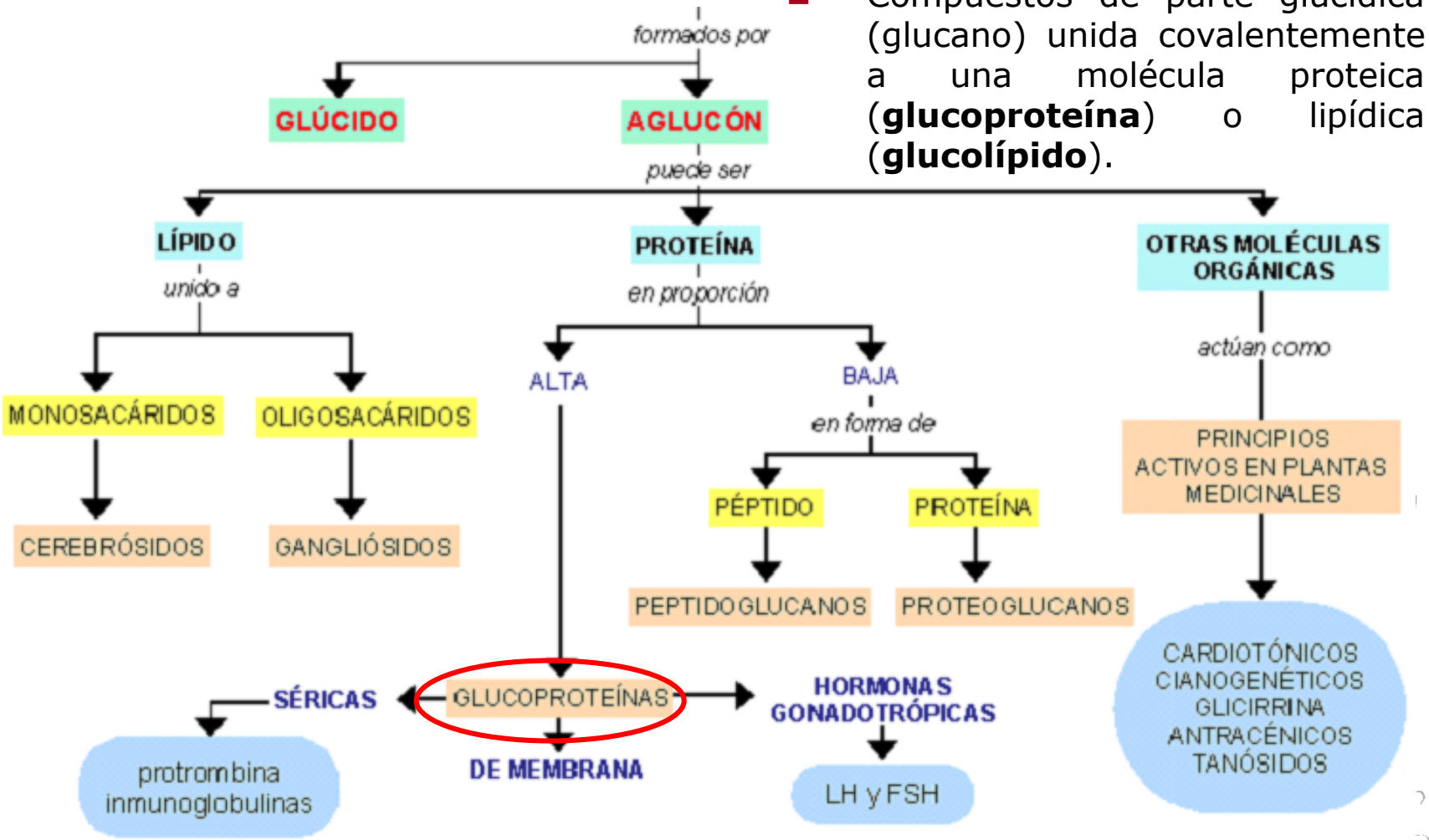
  - El **agar-agar** que se extrae de algas y se usa como espesante.

  - Los **mucílagos**, que se hinchan con el agua y evitan el estreñimiento.
- En **animales** destacan:

  - Los **mucopolisacáridos**, como el **ácido hialurónico** (cubierta de ovocitos con función protectora) y la **heparina** (en la saliva de animales hematófogos con función anticoagulante).

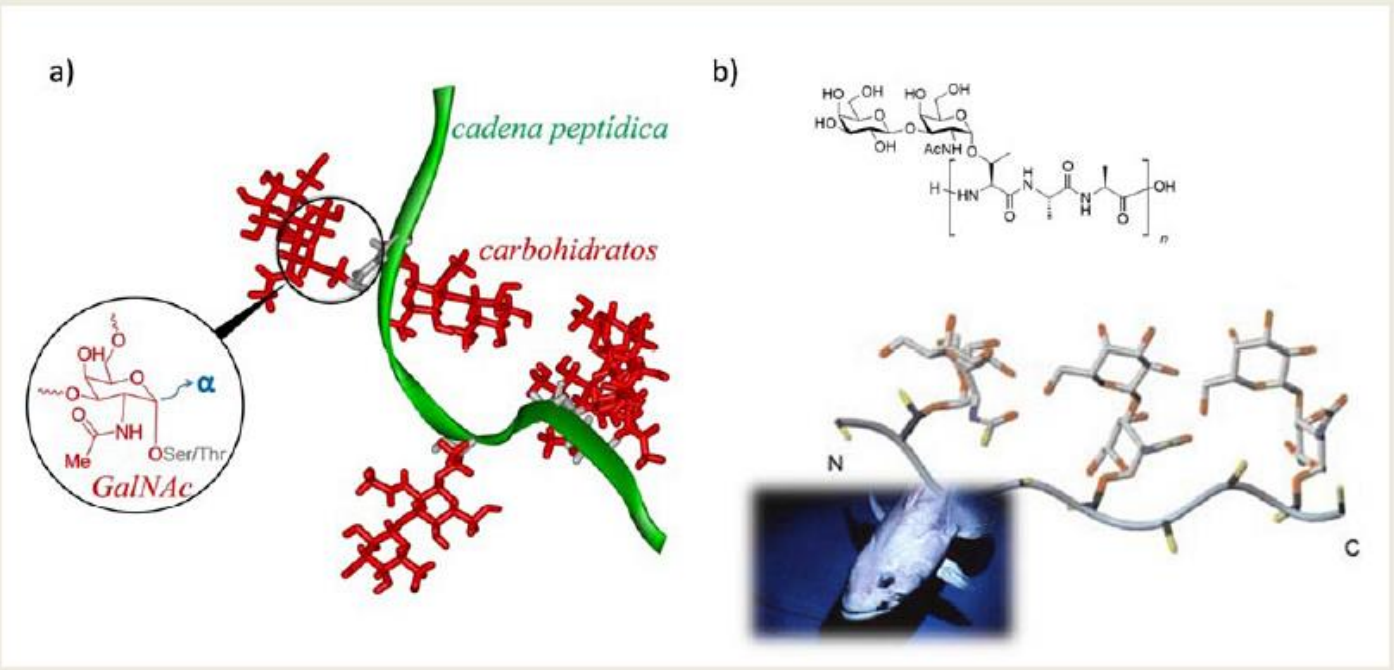
Heterósidos

- Compuestos de parte glucídica (glucano) unida covalentemente a una molécula proteica (**glucoproteína**) o lipídica (**glucolípido**).



Heterósidos: Glucoproteínas

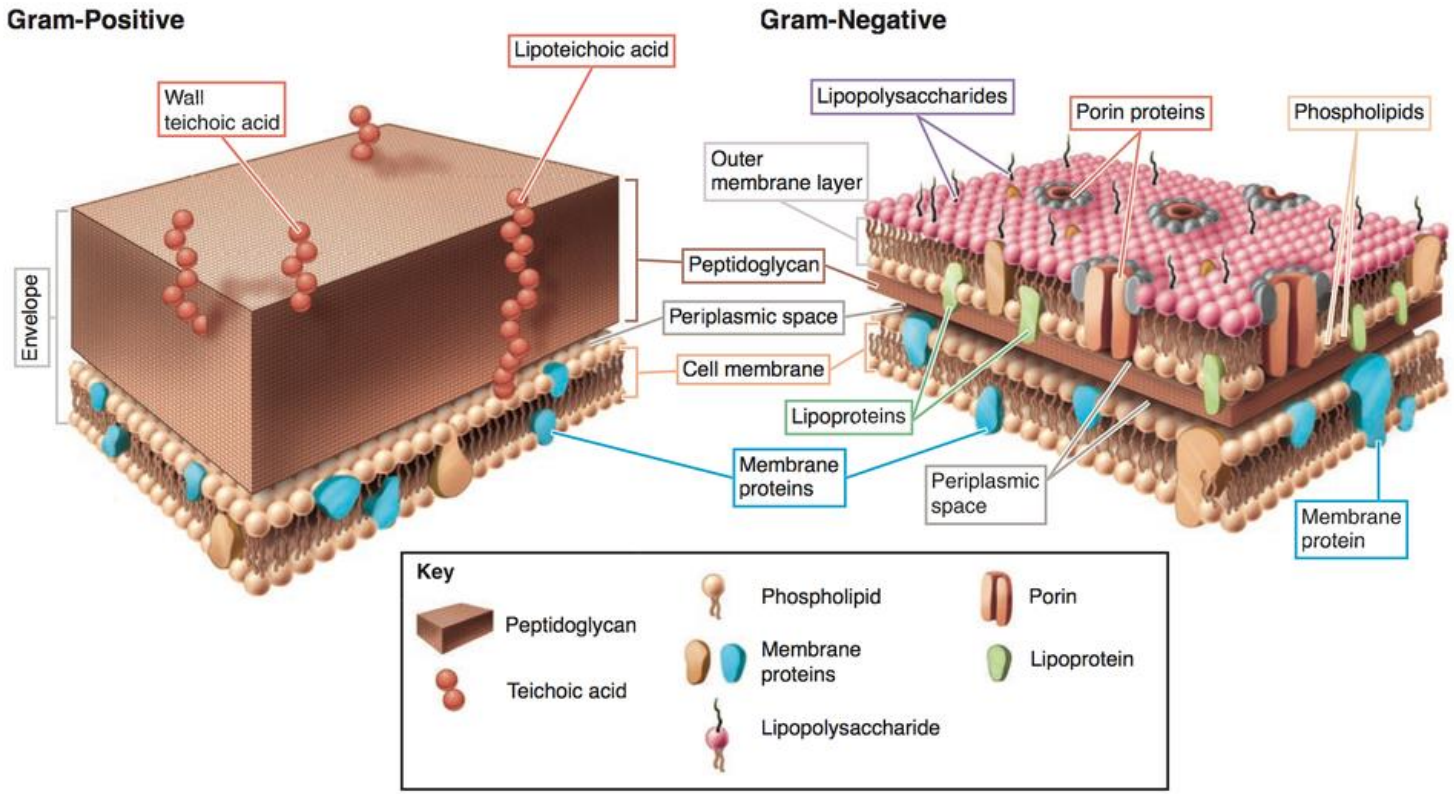
- **Mucinas** que forman el mucus, sustancia lubricante y defensiva en los tractos digestivo, respiratorio y urogenital. Tanto la parte glucídica (mucopolisacárido) como la proteica son ambas de gran tamaño. Otro ejemplo lo constituyen los anticongelantes biológicos de los peces de zonas polares.



a) Estructura de las mucinas. b) Estructura general de las proteínas anticongelantes

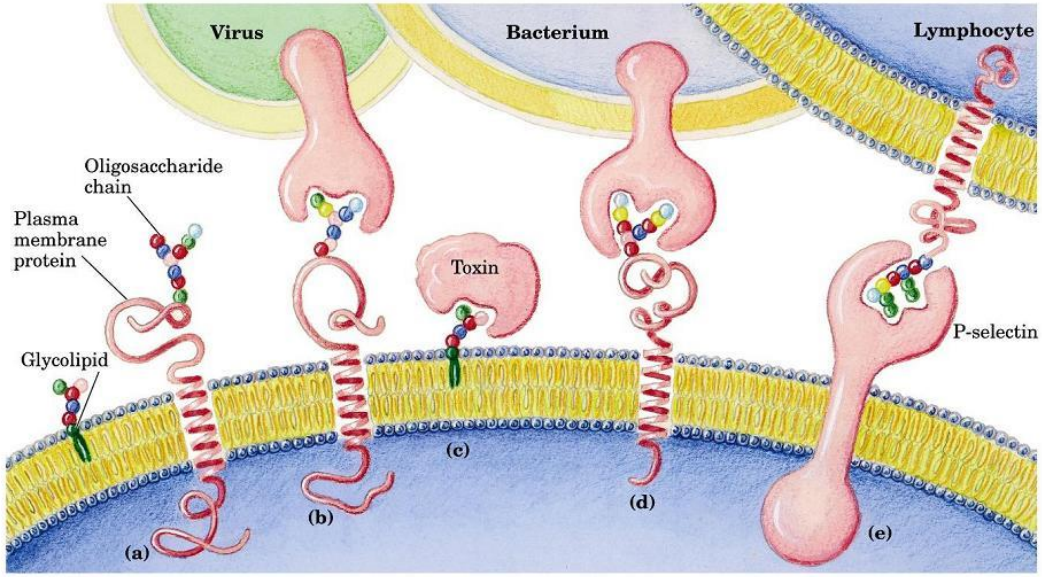
Heterósidos: Glucoproteínas

- **Peptidoglucanos** que forman la pared bacteriana. Parte proteica pequeña y glucídica grande. Los antibióticos bacteriostáticos (penicilinas) inhiben la síntesis de peptidoglucanos, por lo que impiden la formación de la pared. Las G- sólo tienen una capa de peptidoglucanos. Las G+ tienen varias.



Heterósidos: Glucoproteínas

- **Glucoproteínas de membrana**. La superficie externa de la membrana plasmática está cubierta de glucoproteínas y glucolípidos (constituyen el glucocálix).
- Cada oligosacárido presenta una secuencia de monosacáridos específica, que puede variar de unas células a otras. Estas secuencias monosacarídicas actúan como portadores de **información biológica**, actuando como marcadores biológicos, antígenos de superficie y lugares de reconocimiento celular para hormonas, patógenos, toxinas, etc.



Resumen de funciones biológicas de los glúcidos

1. Reserva energética. Los monosacáridos son combustibles metabólicos que la celula usa para extarer energía de sus enlaces en la respiración celular. Los disacáridos son una fuente rápida de monosacáridos. Los polisacáridos son reserva energética a largo plazo.

2. Estructural.

- La ribosa y desoxirribosa forman parte de la estrcutura de los ácidos nucleicos.

- La celulosa forma la pared celular de los vegetales.

- La quitina forma la pared celular de los hongos y exoesqueleto de artrópodos.

- Los peptidoglucanos intervienen en la formación de la pared bacteriana.

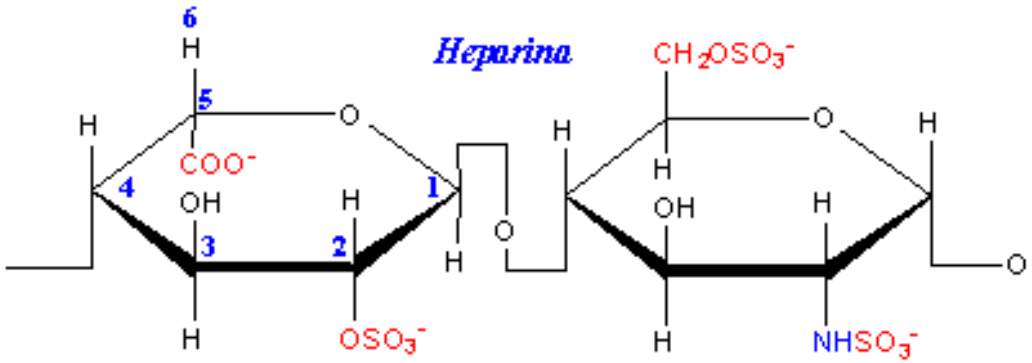
- Las mucinas forman la matriz extracelular de los tejidos conjuntivo, cartilaginoso y óseo.

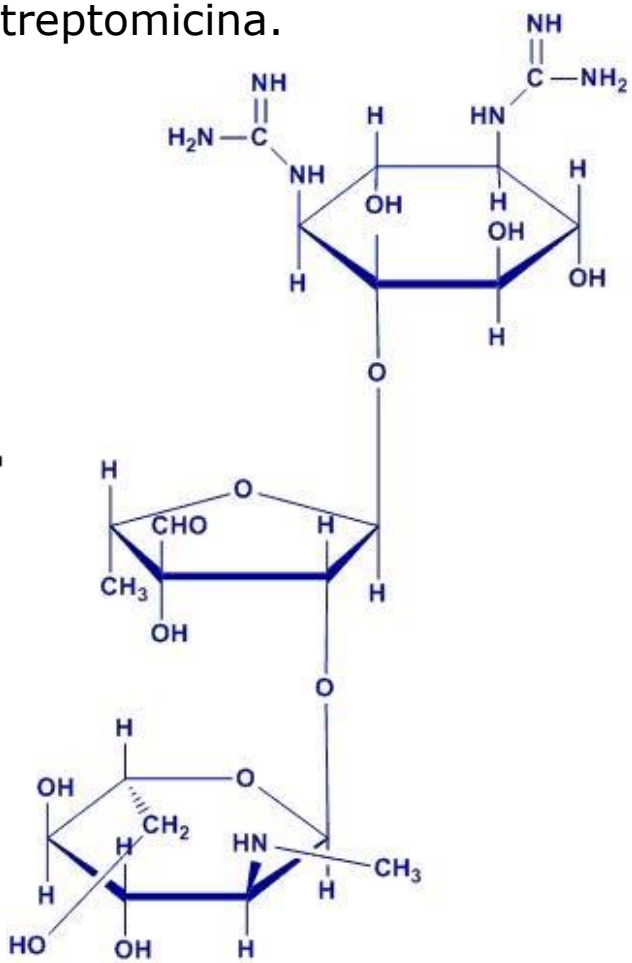
- El ácido hialurónico forma la cubierta de los ovocitos.

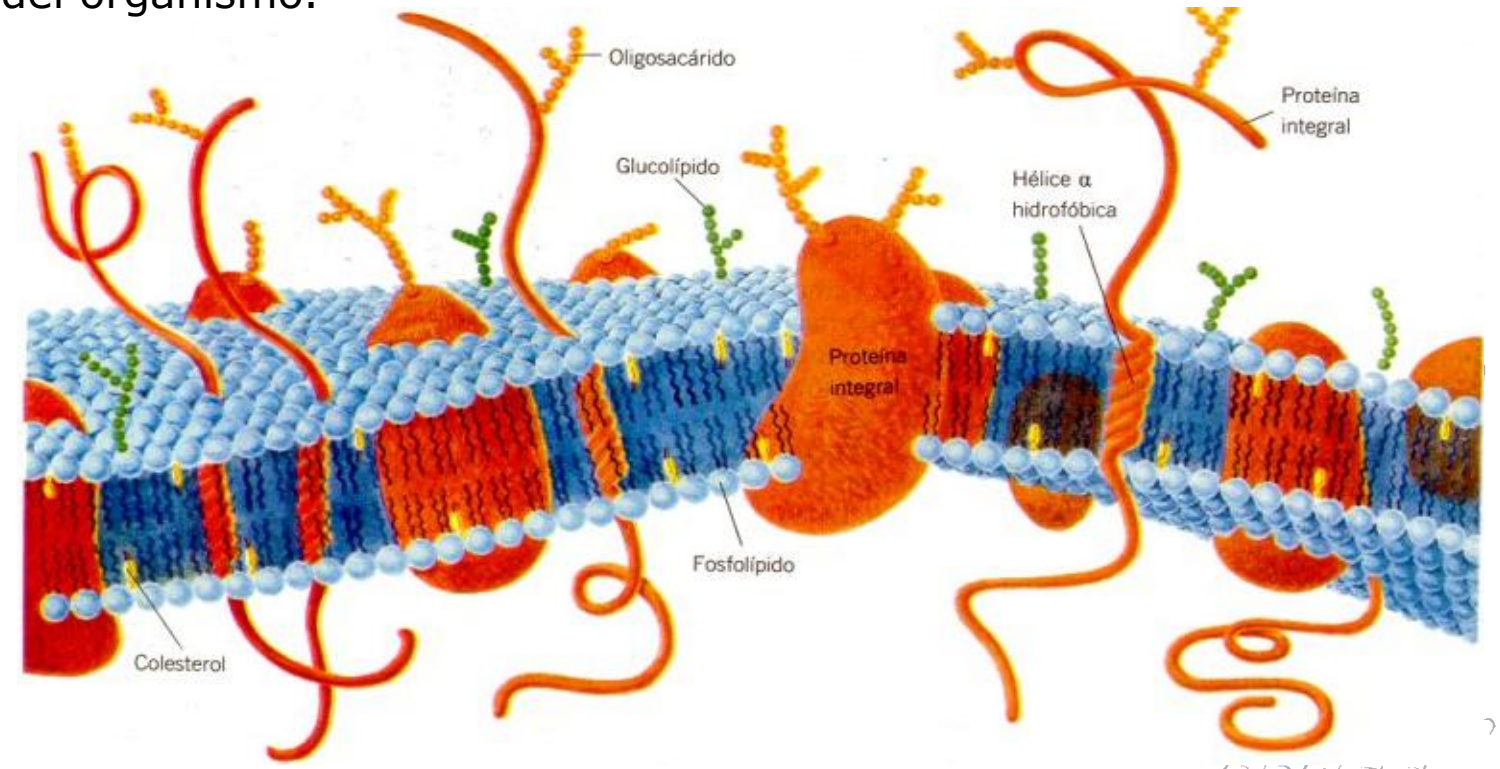
Resumen de funciones biológicas de los glúcidos

3. Antibióticos y antitumorales. Como la estreptomicina.

4. Anticoagulantes. Como la heparina.





Resumen de funciones biológicas de los glúcidos

5. Marcadores biológicos y lugares de reconocimiento celular. La fracción glucídica de los heterósidos se comportan como antenas moleculares portadoras de mensajes, y son capaces de reconocer otras moléculas. Sirven como tarjetas de identidad para diferenciar distintas células del organismo.