Colegio de
San Francisco de Paula

Tema 1. Biología Molecular

1.3 Glúcidos[DP/PAU]

Germán Tenorio
Biología NS-Diploma BI

International Baccalaureate

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

Programación

2.3 Glúcidos y lípidos	
Naturaleza de las ciencias:	
Comprensión: • Los monómeros de monosacáridos se unen entre sí por reacciones de condensación para formar disacáridos y polímeros de polisacáridos. **Aplicaciones y habilidades:** • Aplicación: Estructura y función de la celulosa y del almidón en las plantas y del glucógeno en los seres humanos. • Habilidad: Uso de un software de visualización molecular para comparar celulosa, almidón y glucógeno.	

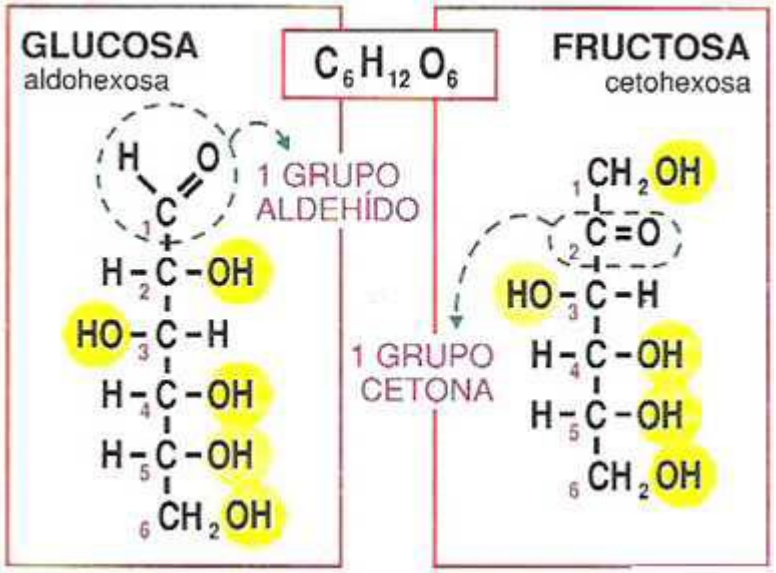
7. El alumnado debe poder definir los glúcidos y clasificarlos, así como diferenciar monosacáridos, disacáridos y polisacáridos.
8. En relación con la clasificación de los monosacáridos, se sugiere que el alumnado realice esta clasificación en función del número de átomos de carbono. También debe reconocer y escribir las fórmulas lineal y cíclica desarrolladas de los siguientes monosacáridos: glucosa, fructosa y ribosa, así como destacar la importancia biológica de los monosacáridos.
9. Se recomienda describir el enlace O-glucosídico como característico de los disacáridos y polisacáridos.
10. No será necesario que el alumnado explique la clasificación de los polisacáridos. Se sugiere utilizar como ejemplos de polisacáridos el almidón, el glucógeno y la celulosa.
11. Se debe destacar la función estructural y de reserva energética de los polisacáridos.

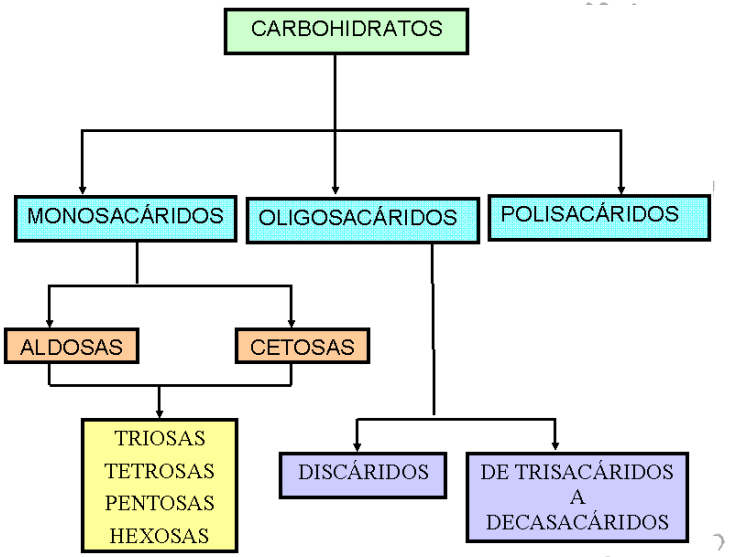
Concepto de Glúcido[DP/PAU]

- 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.

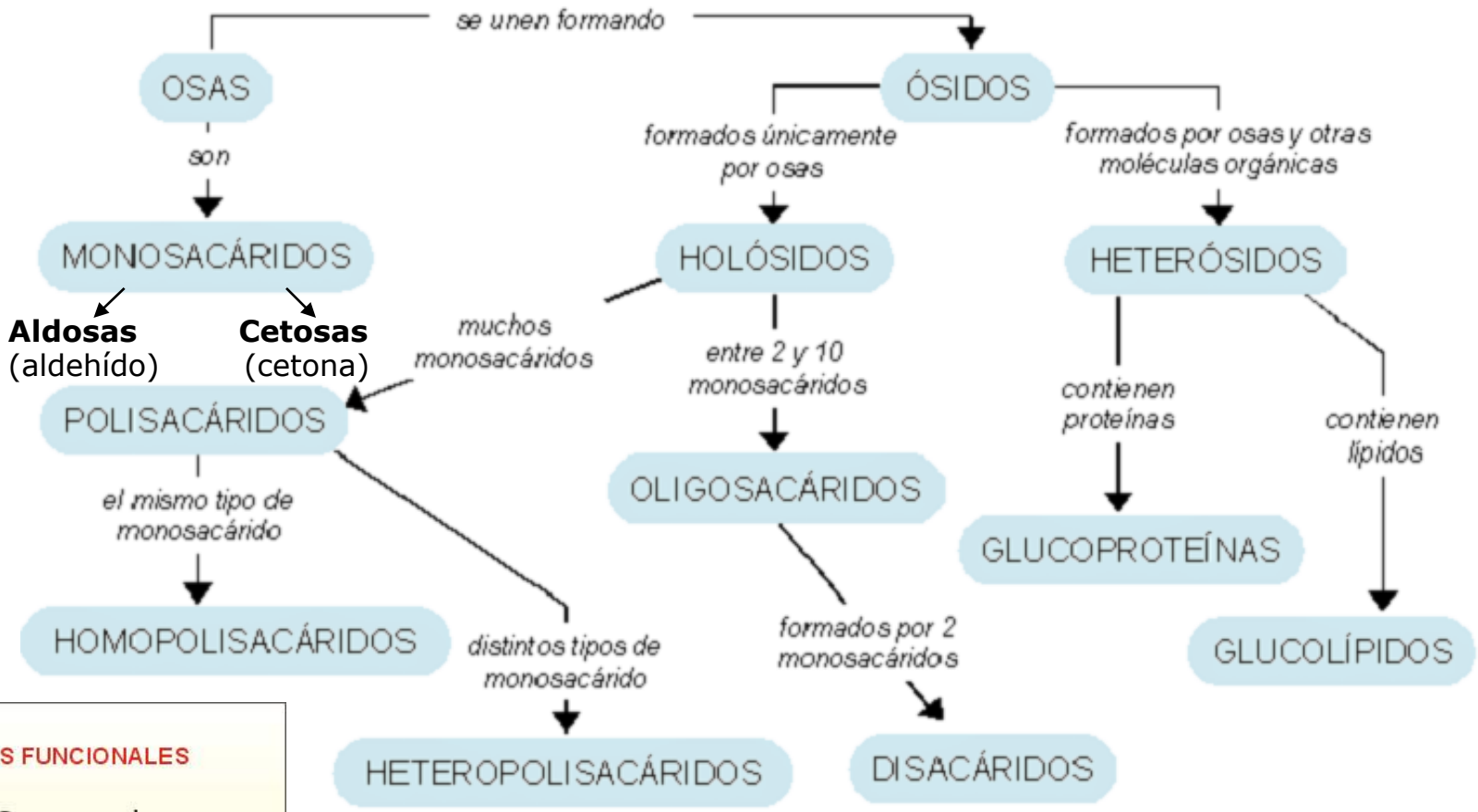
Concepto de Glúcido[PAU]

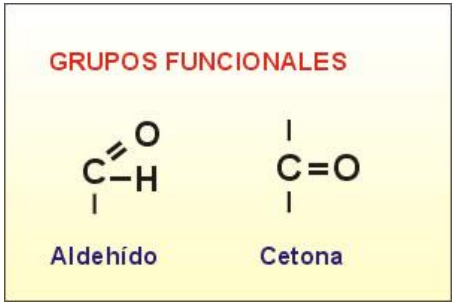
- Desde un punto de vista químico, son un **grupo de moléculas orgánicas que incluye polihidroxialdehídos y polihidroxicetonas**, sus derivados simples y los productos formados por la condensación de estos compuestos entre sí, y con otros, mediante enlaces.
- Los glúcidos más sencillos se denominan **osas** 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[PAU]

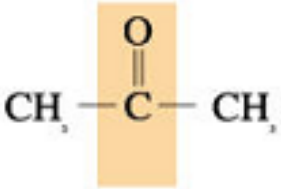




Grupo Carbonilo: Grupo formado por un átomo de carbono unido por un doble enlace a otro de oxígeno, que constituye el **grupo funcional** de aldehídos y cetona.

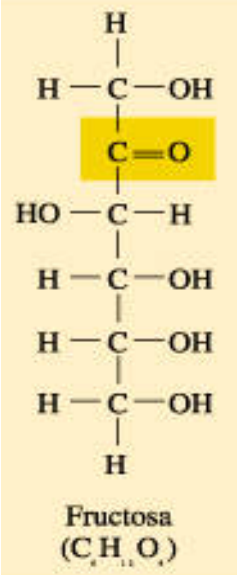
Monosacáridos: Estructura[PAU]

- 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.

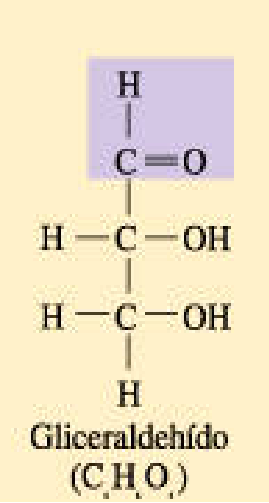


Cetona

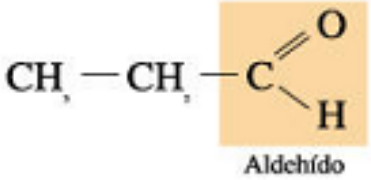
- Se **clasifican** según el número de átomos de carbono: Triosas, tetrosas, pentosas, hexosas y heptosas, y el grupo carbonilo que presenten (cetopentosas, aldotriosa).



Fructosa
($C_6H_{12}O_6$)



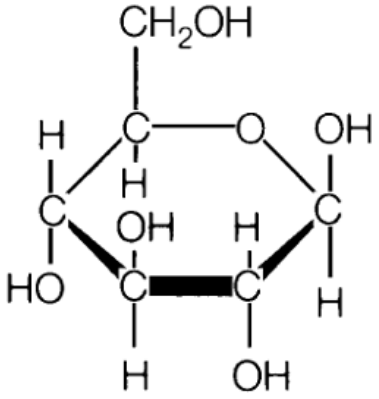
Gliceraldehído
($C_3H_6O_3$)

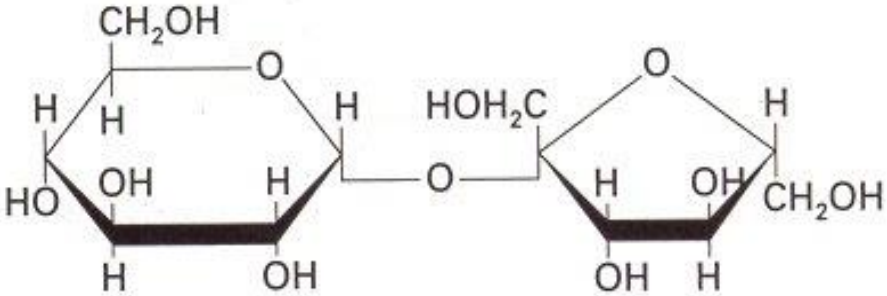


Aldehído

Monosacáridos: Propiedades[PAU]

- 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.

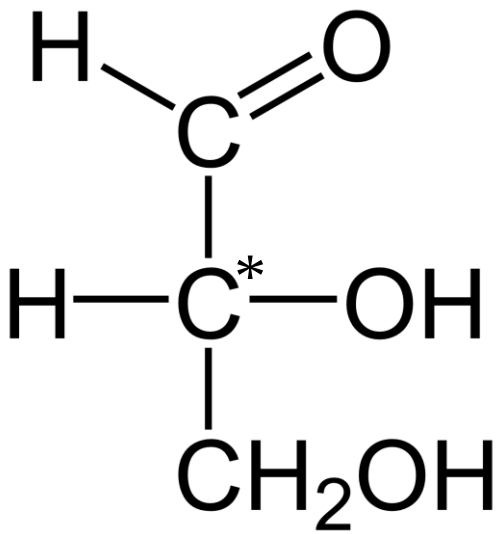




Sacarosa

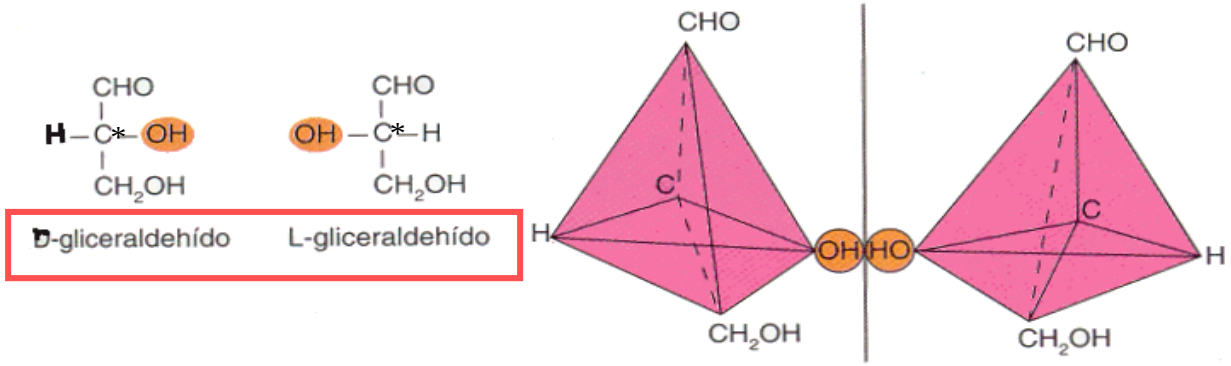
Estereoisomería o isómeros opticos[PAU]

- 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[PAU]

- 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:



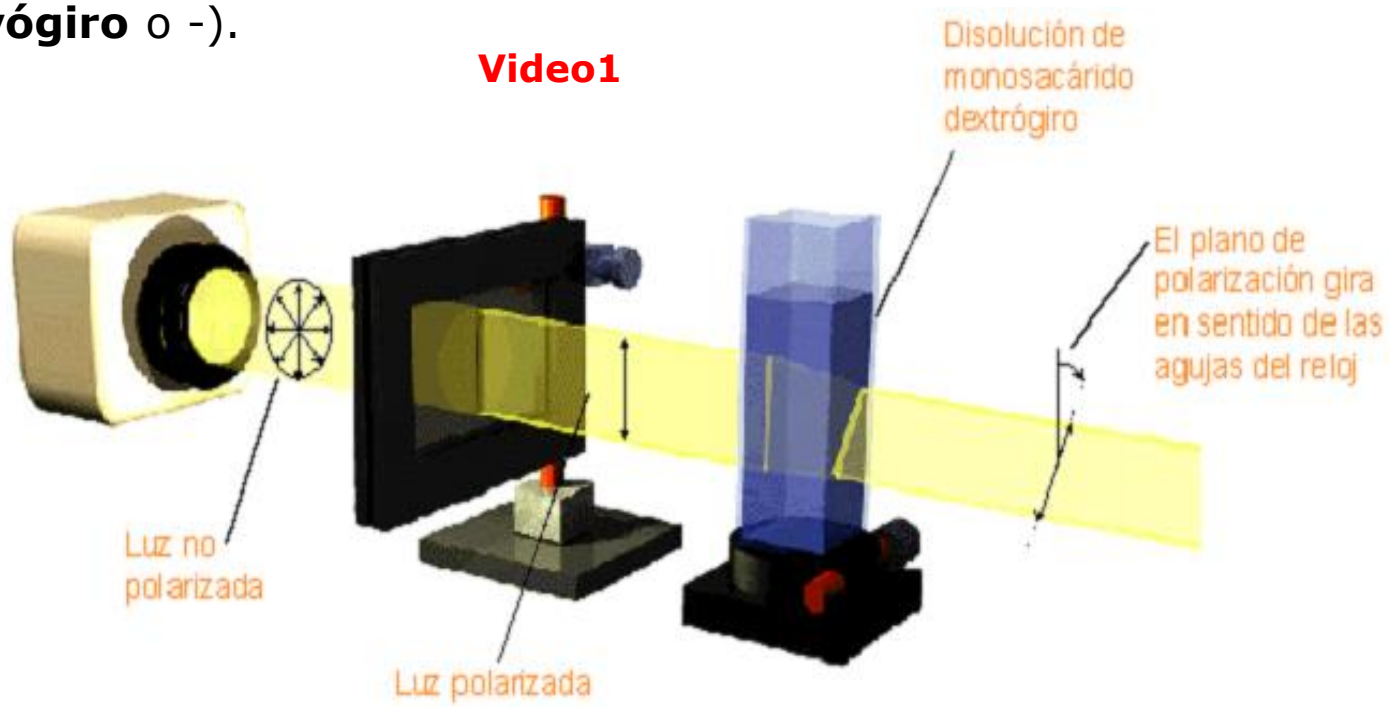
Simetría espacial del gliceraldehído, único monosacárido que presenta un solo carbono asimétrico. **(Imagen de Biología 2 - McGraw Hill)**

- 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[PAU]

- 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 -).

Video1

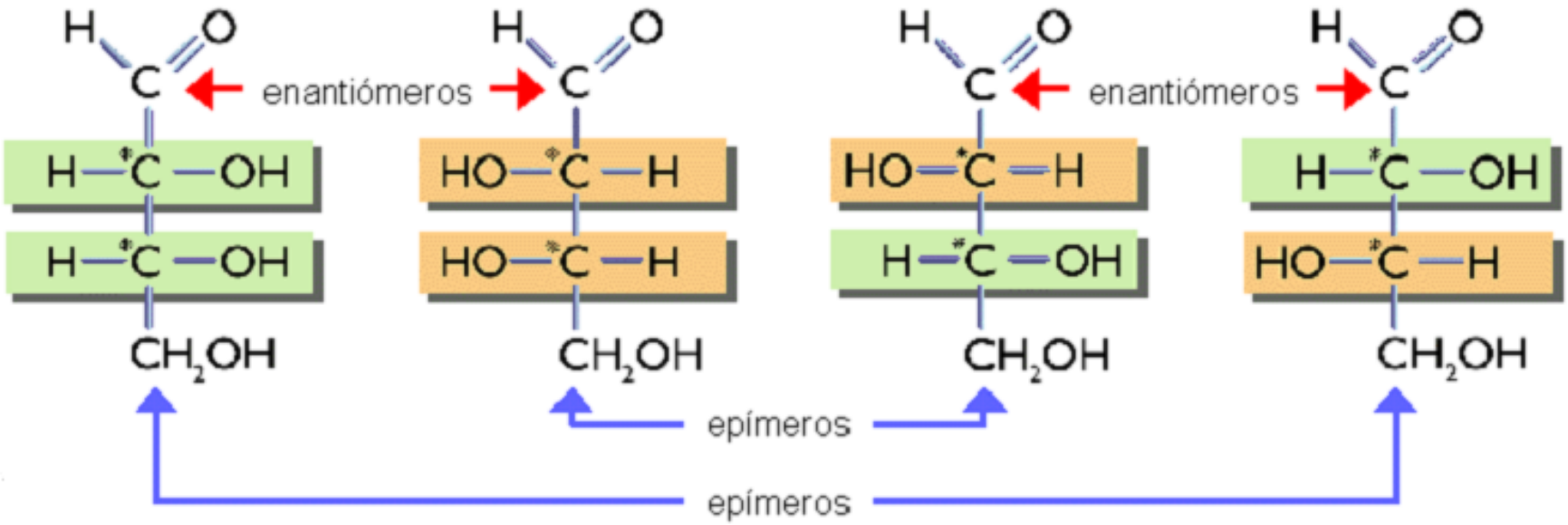


- Si la rotación se produce en el sentido de las agujas del reloj los monosacáridos son **dextrógiros** o **(+)**.
- Si la rotación es contraria a las agujas del reloj, son **levógiros** o **(-)**.

Estereoisomería o isómeros opticos[PAU]

- 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 DP/PAU

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

TRIOSAS

GLICERALDEHÍDO y DIHIDROXIACETONA

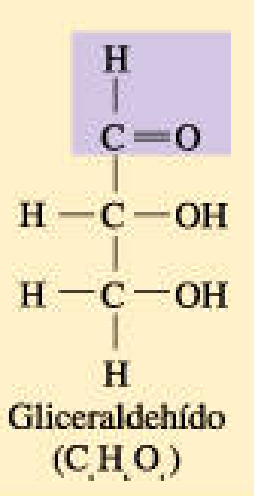
Intermediarios del metabolismo de la glucosa.

TETROSAS

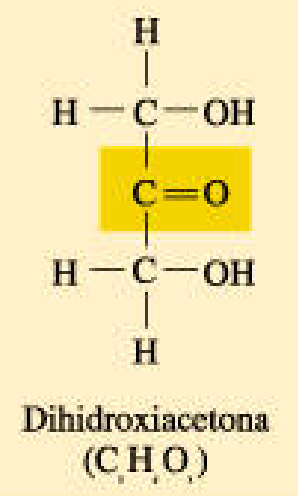
ERITROSA

Intermediario en procesos de nutrición autótrofa.

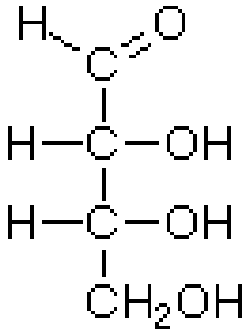
Aldotriosa



Cetotriosa



No tiene C*



D-Eritrosa

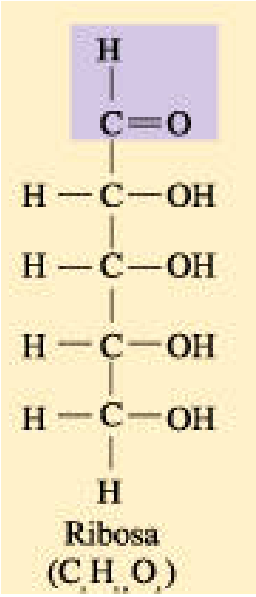
- Según el grupo carbonilo pueden ser cetosas (grupo cetona) o aldosas (aldehído). Así, una cetopentosa será un monosacárido de 5C y con el grupo cetona.

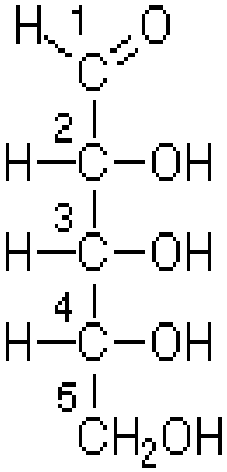
Principales monosacáridos: Estructura y función biológica DP/PAU

PENTOSAS

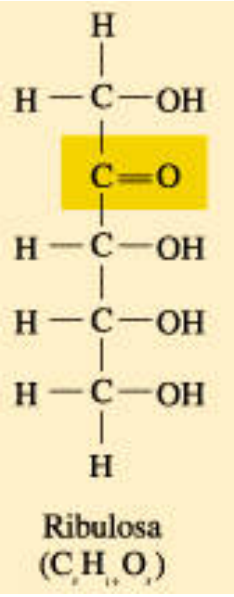
- No se encuentran libres en la naturaleza. La **D-ribosa** y la **D-desoxirribosa** (aldopentosas) forman parte de los nucleótidos y de los ácidos nucleicos (ARN y ADN). La D-ribulosa (cetopentosa) interviene en la fotosíntesis.

Aldosa





Cetosa

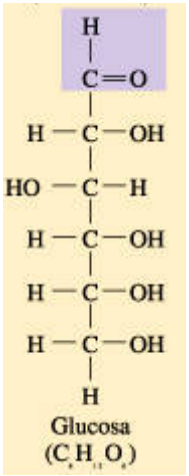


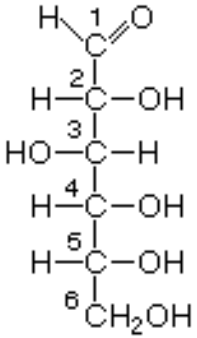
Principales monosacáridos: Estructura y función biológica DP/PAU

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.

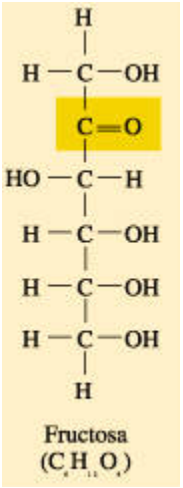
Aldosa

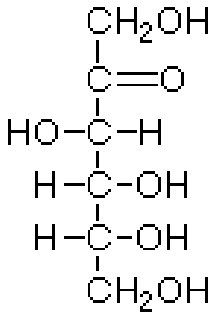




D-Glucosa

Cetosa



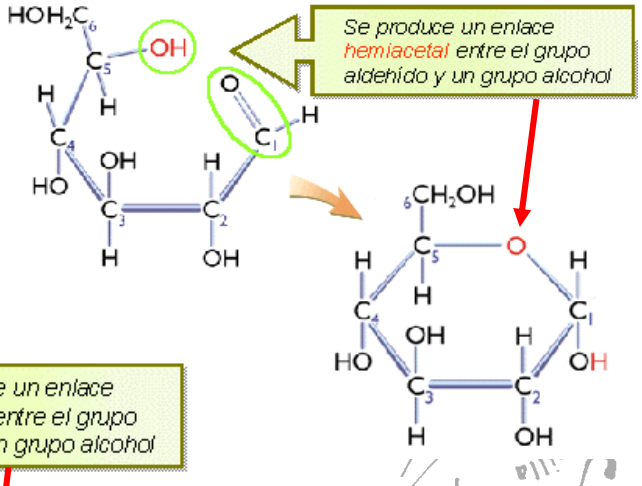


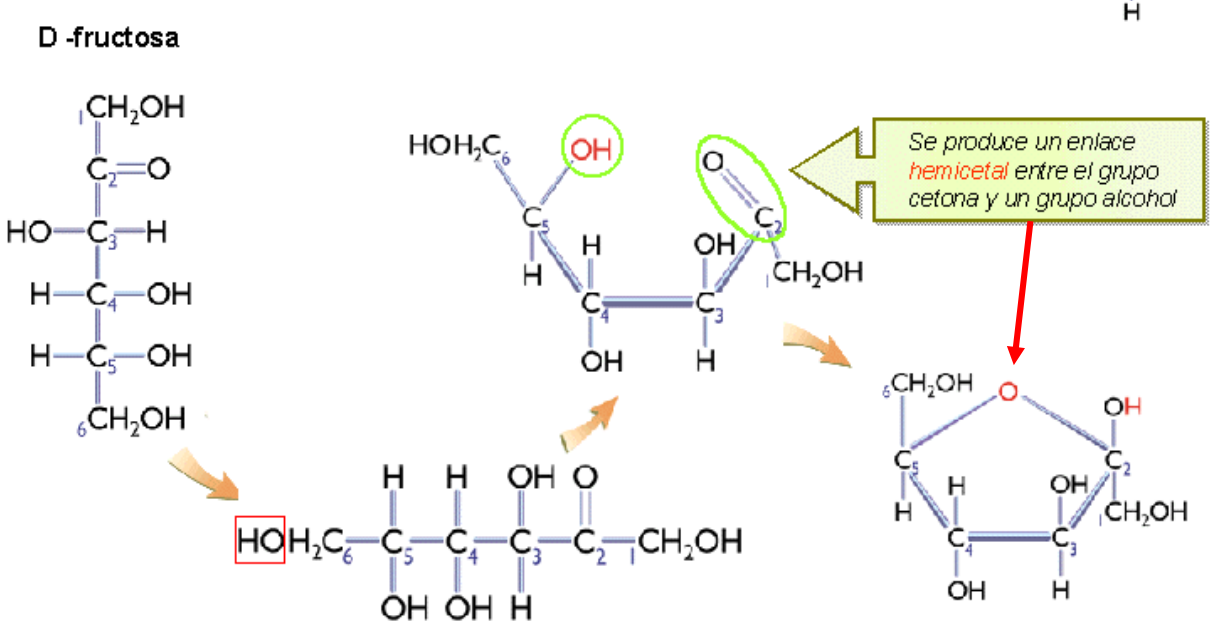
D-Fructosa

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

Estructura monosacáridos en disolución[PAU]

- 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.

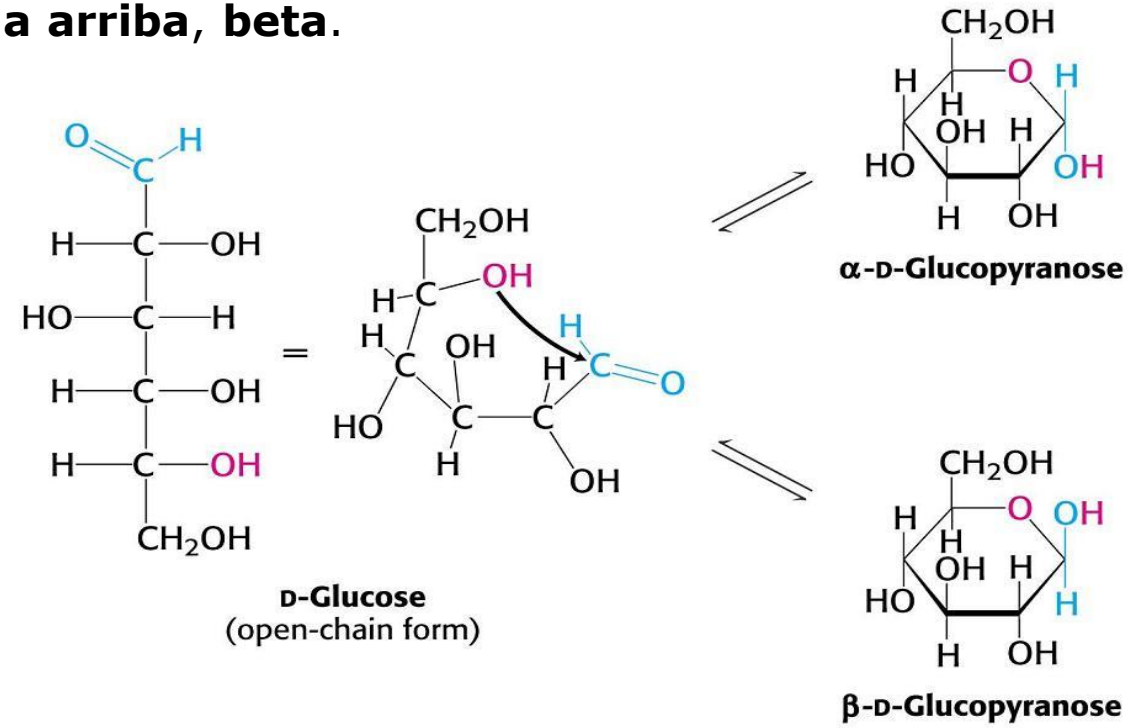




Animación1 y 2

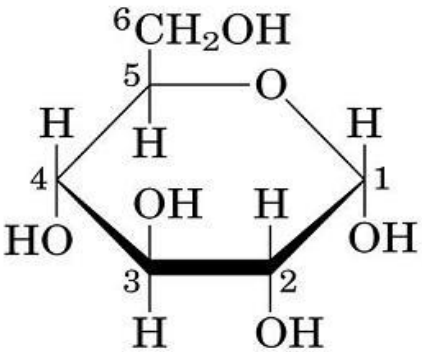
Estructura monosacáridos en disolución[PAU]

- 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**.

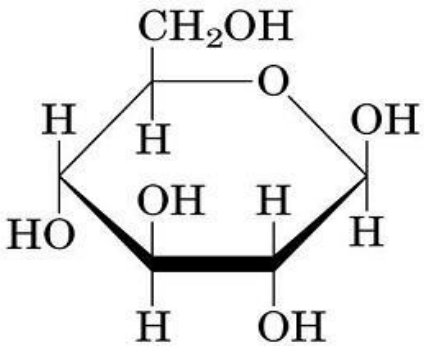


Estructura monosacáridos en disolución[PAU]

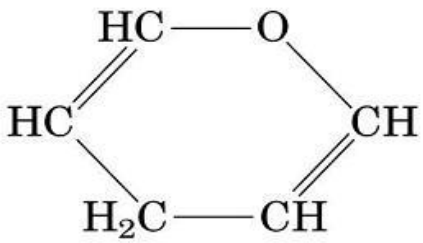
- Sólo los anillos de 5 y 6 átomos de carbono son estables, denominándose **furanosas** (pentagonales) y **piranosas** (hexagonales).



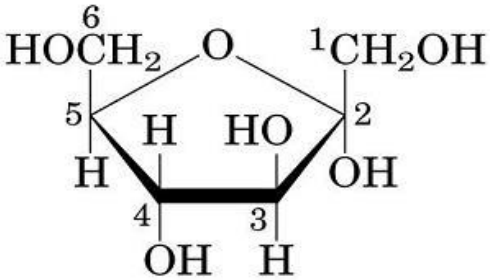
α-D-Glucopyranose



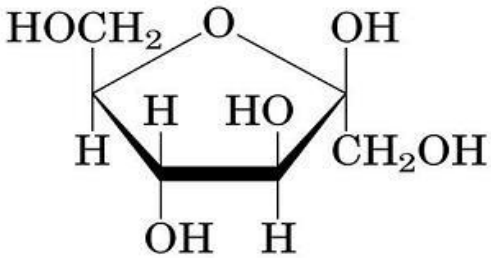
β-D-Glucopyranose



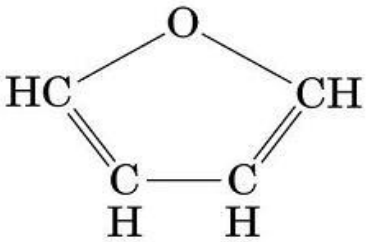
Pyran



α-D-Fructofuranose

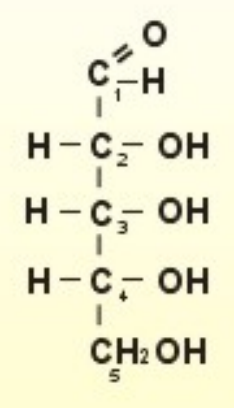


β-D-Fructofuranose

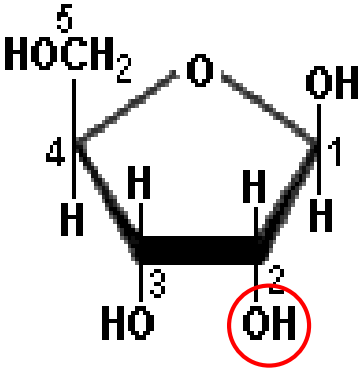


Furan

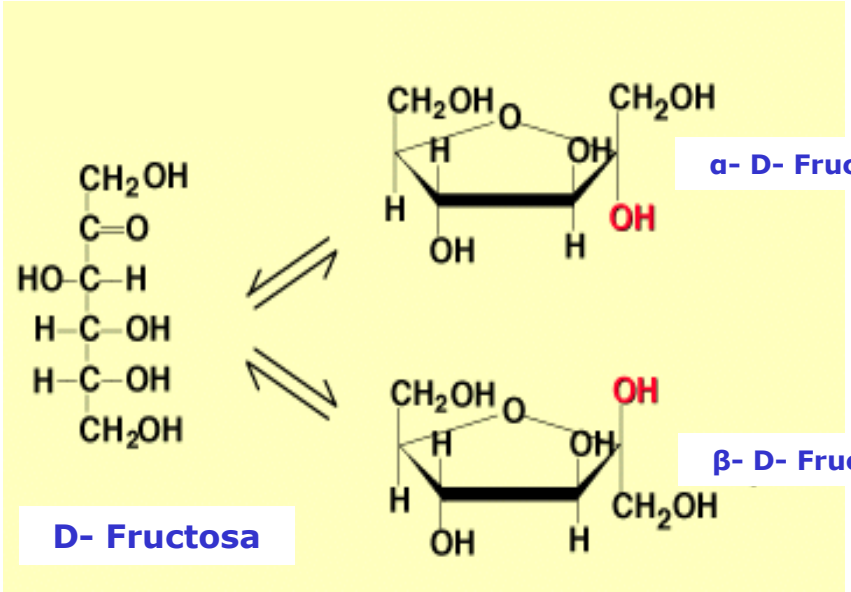
Dibujo fórmulas lineal y cíclica monosacáridos importantes DP/PAU

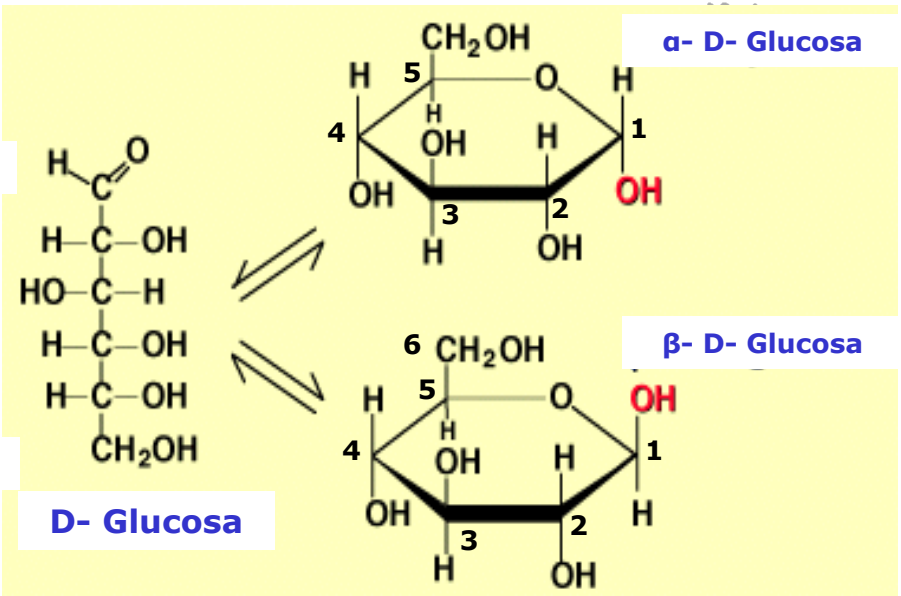


D- Ribosa



B- D- Ribosa

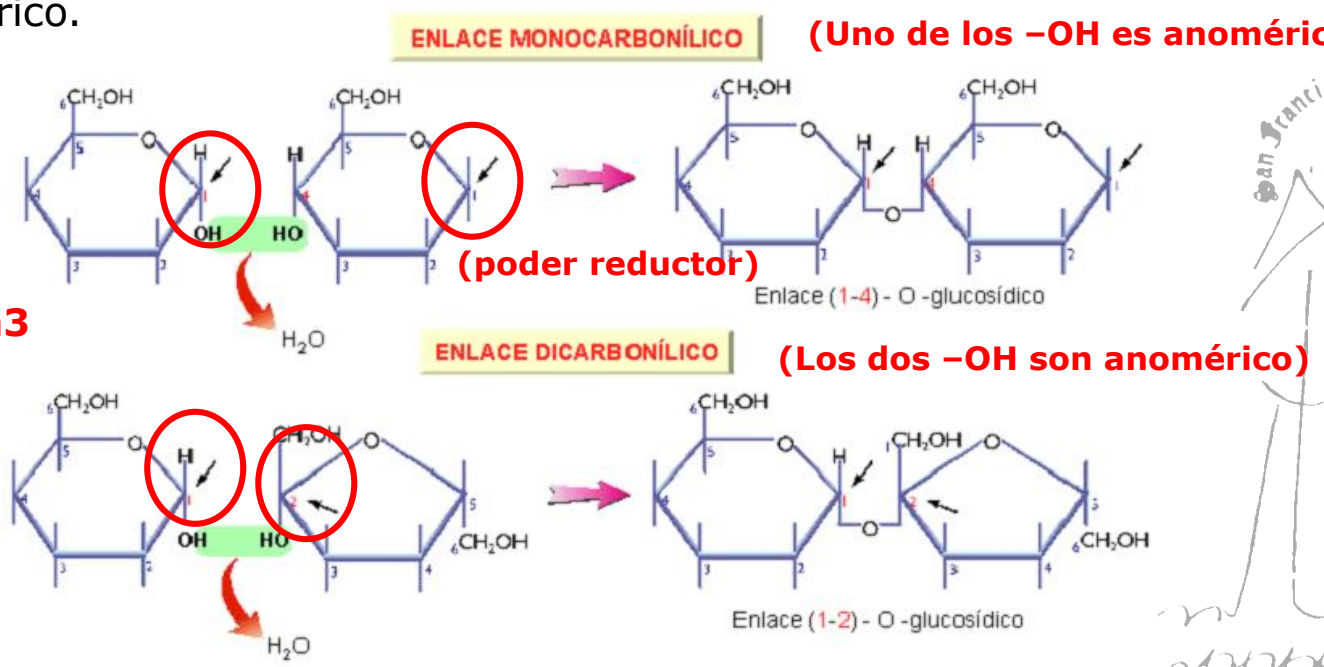




Enlace O-glucosídico[DP/PAU]

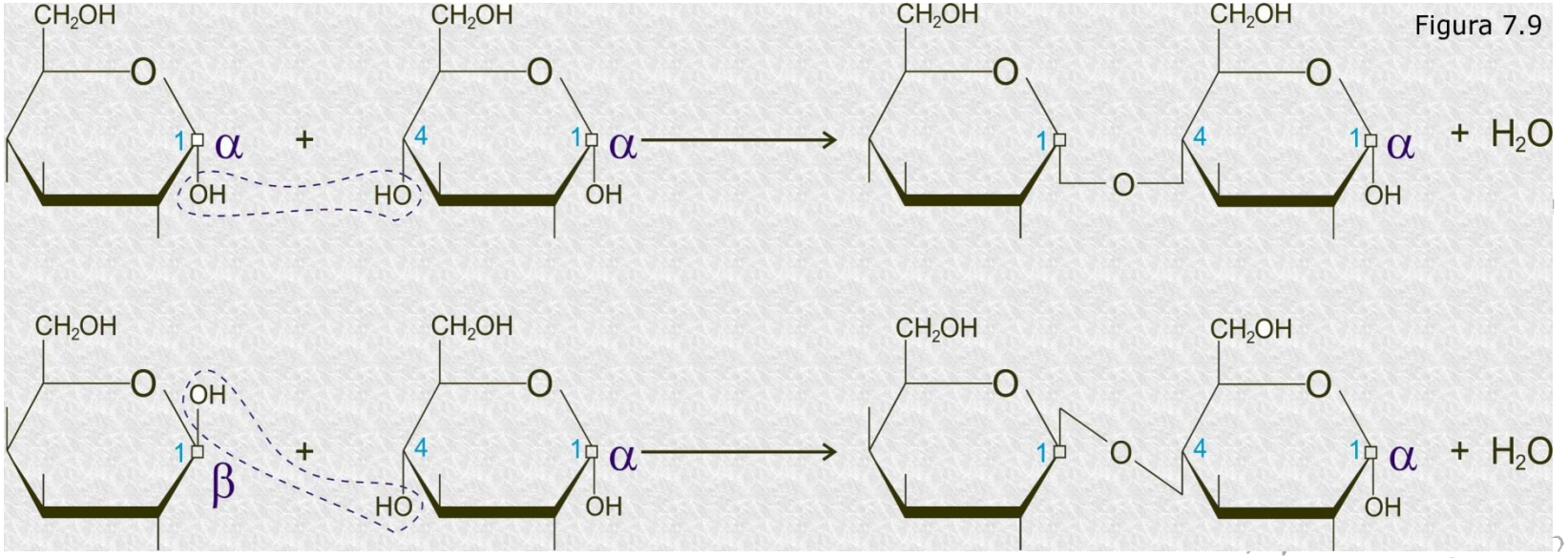
- Los monosacáridos se unen entre sí para formar glúcidos complejos (**ósidos**).
- Esta unión es una reacción de **condensación** donde **interaccionan** el **grupo hidroxilo del carbono anomérico** de un monosacárido y un **grupo hidroxilo** de un carbono de otro monosacárido, quedando unidos por el 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.

Animación3



Enlace O-glucosídico[DP/PAU]

- 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)**.



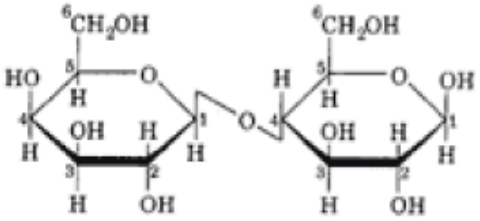
Enlace O-glucosídico[DP/PAU]

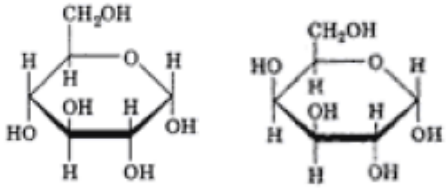
- La reacción inversa es la **hidrólisis**, en la que mediante la adición de una molécula de agua, se rompe el enlace O-glucosídico y se regeneran los dos grupos hidroxilos, quedando separados ambos por monosacáridos.

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

Lactosa + agua ⇌ glucosa + galactosa

condensación





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

almidón + agua ⇌ maltosa

condensación

Animación4

Condensación e hidrólisis DP/PAU

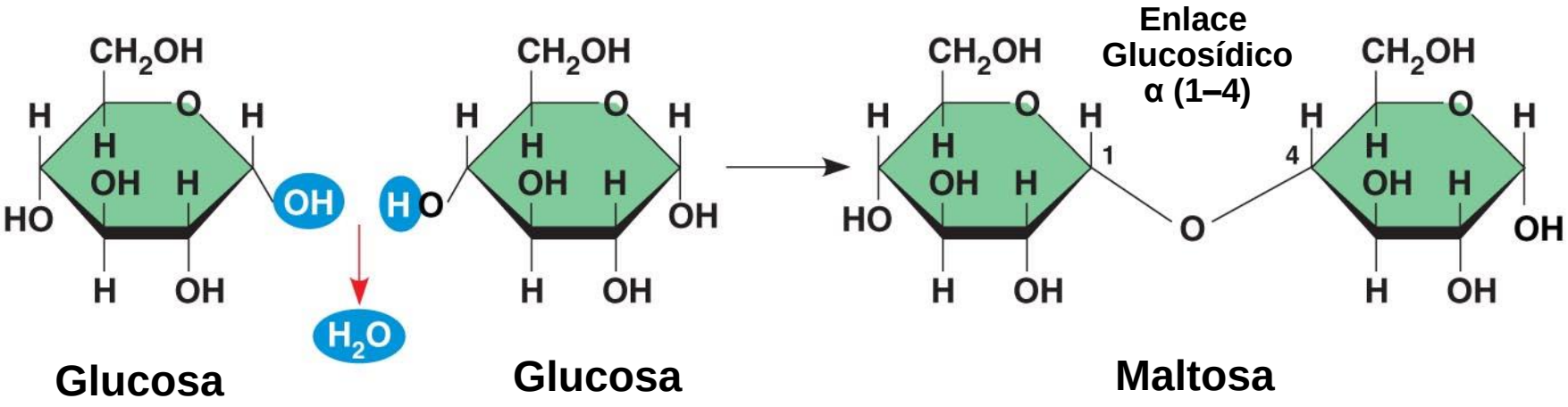
- Las reacciones de condensación e hidrólisis son frecuentes en la formación de las macromoléculas orgánicas (polímeros) a partir de sus unidades básicas (monómeros):

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 DP/PAU

- 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.

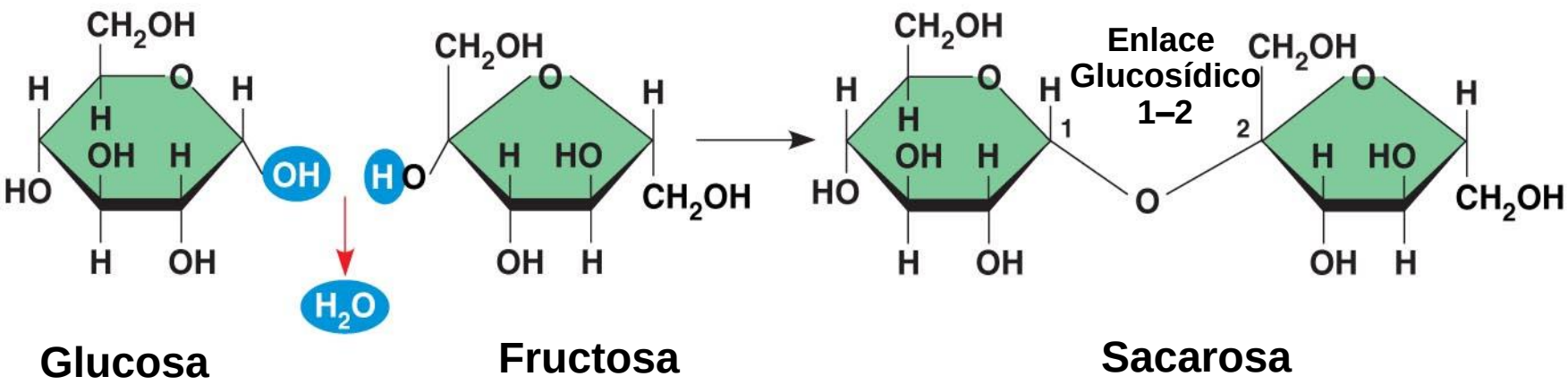


Reacción de condensación en la síntesis de maltosa

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

Disacáridos[DP/PAU]

- La **sacarosa** se origina por la unión de una alfa-D-glucosa y una beta-D-fructosa mediante enlace enlace alfa (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.

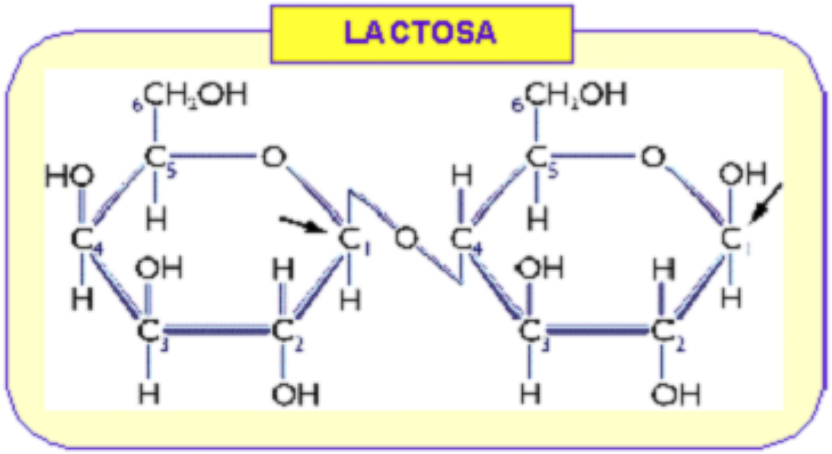


Reacción de condensación en la síntesis de sacarosa

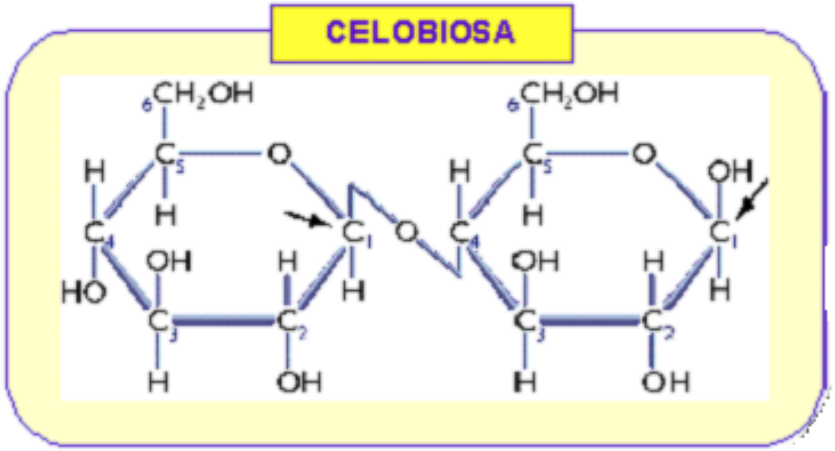
Copyright © 2005 Pearson Education, Inc. Publishing as Pearson Benjamin Cummings. All rights reserved.

Disacáridos[DP/PAU]

- 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.

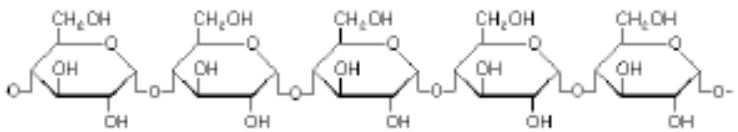


- La **celobiosa** no se encuentra libre sino que procede de la hidrólisis de la celulosa por la enzima celulasa. Su enlace beta (1-4) es difícilmente hidrolizable. Está formado por dos moléculas de beta-D-glucosa, pero una invertida respecto a la otra. Posee carácter reductor.

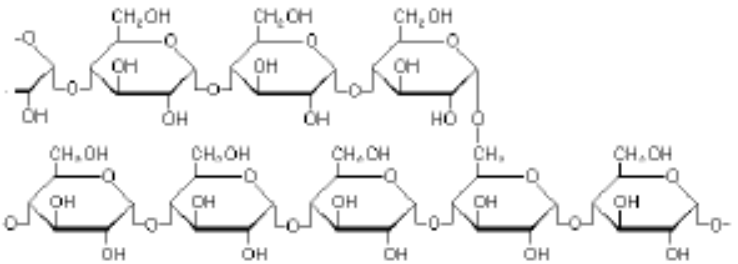


Polisacáridos DP/PAU

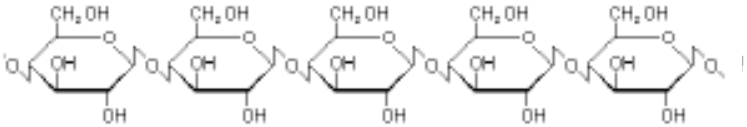
- **Concepto**: Carbohidratos de elevado peso molecular, es decir, macromoléculas resultantes de la polimerización de muchos monosacáridos, o sus derivados, unidos por enlaces O-glucosídicos con la liberación de una molécula de agua por cada enlace.
- Constituyen el grupo de sustancias más abundantes 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.



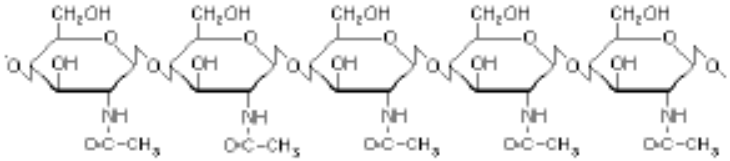
Amilosa - D-glucopiranosilo (1→4)



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



Celulosa D-glucopiranosil β(1→4)

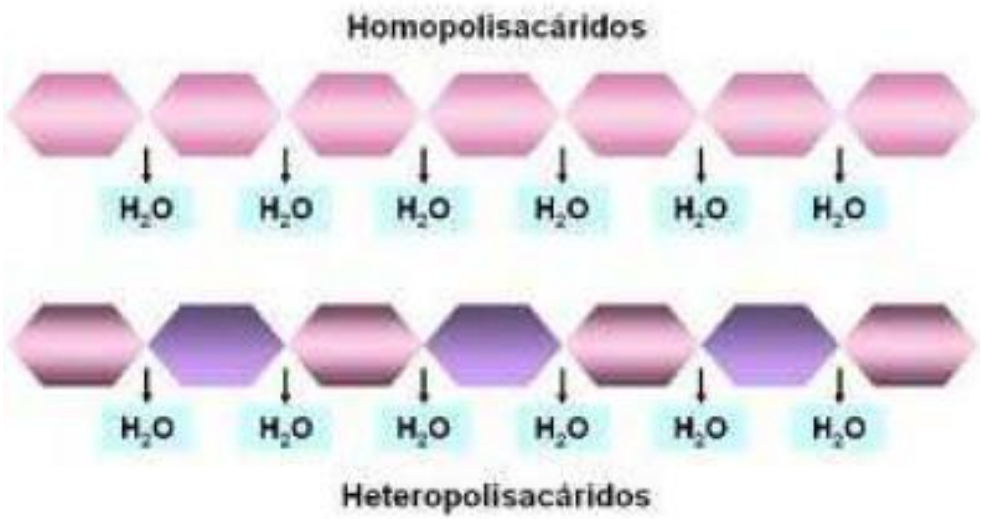


Quitina N-acetil-D-glucopiranosil β(1→4)

Web3

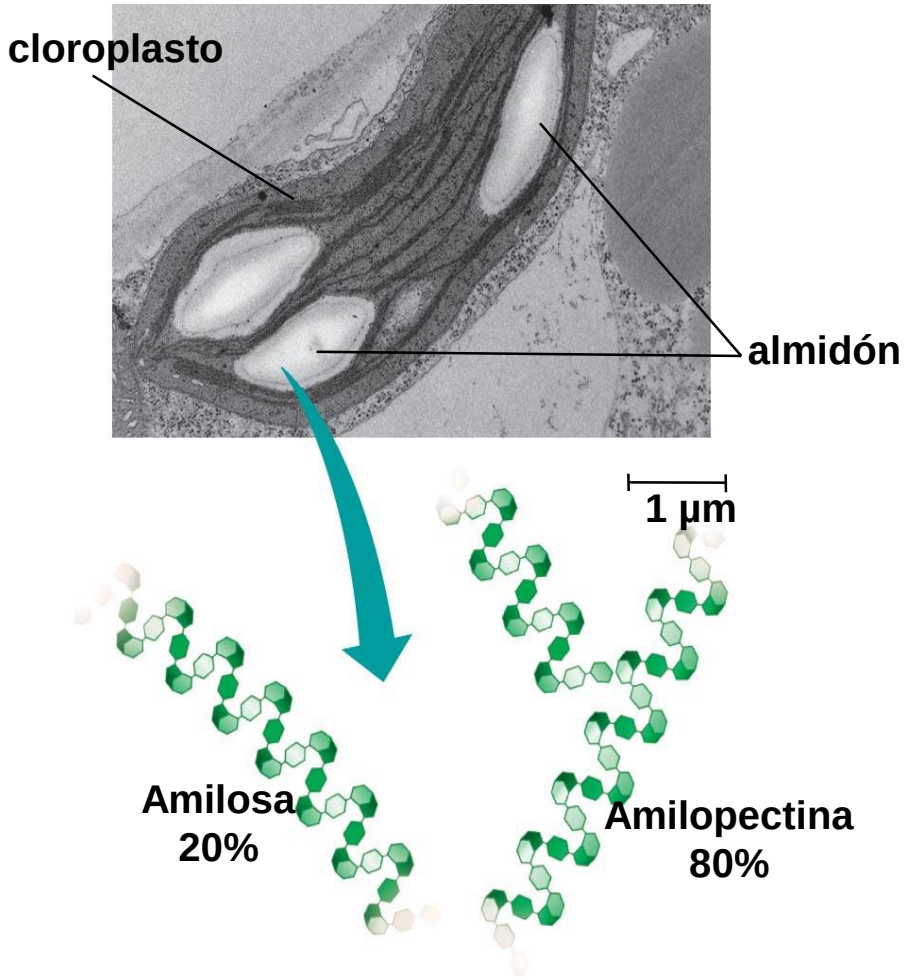
Polisacáridos[PAU]

- Los **homopolisacáridos** son polímeros formado 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**.

APLICACIÓN: Estructura y función almidón[DP/PAU]

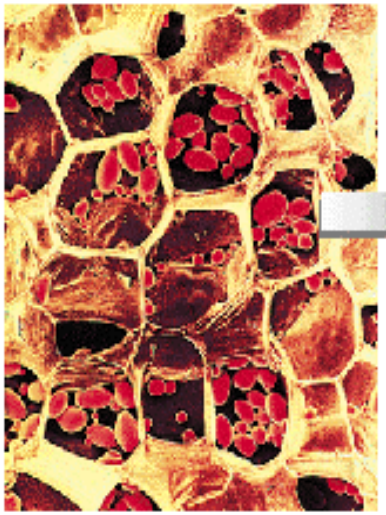


- Homopolisacárido que constituye el principal polímero de **reserva energética en los vegetales**.
- Se almacena en forma de gránulos en el cloroplasto o en los amiloplastos, orgánulos especilizados de reserva.
- Formado por muchas unidades de **alfa-D-glucosa** mediante **enlaces alfa (1-4)**.
- Forma 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.

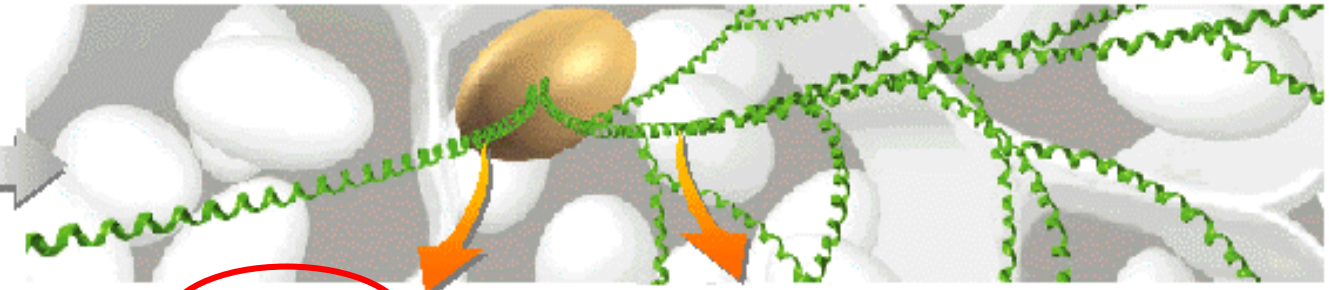
Copyright © 2005 Pearson Education, Inc. Publishing as Pearson Benjamin Cummings. All rights reserved.

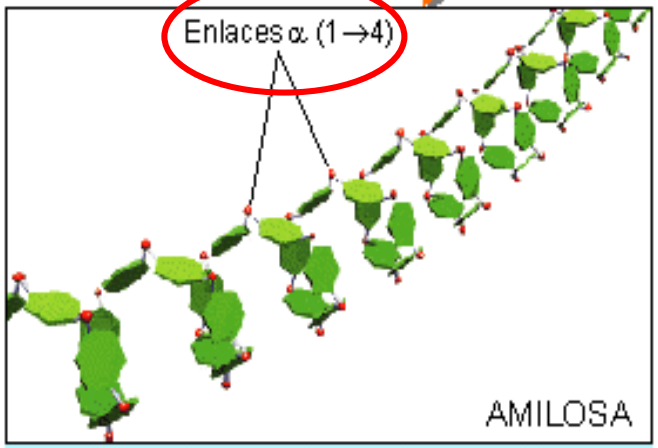
APLICACIÓN: Estructura y función almidón[DP/PAU]

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



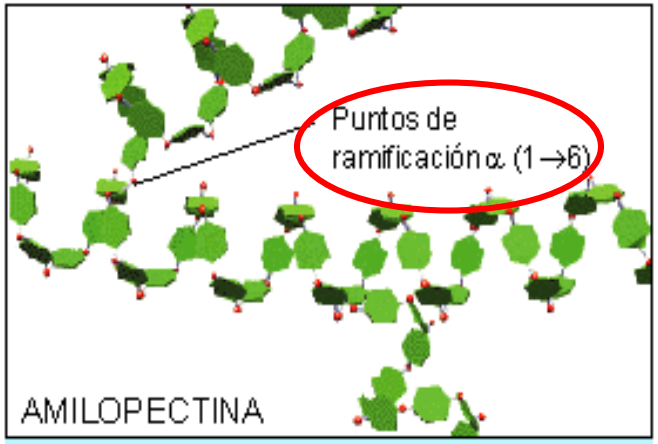
Fotografía al MEB de gránulos de almidón.





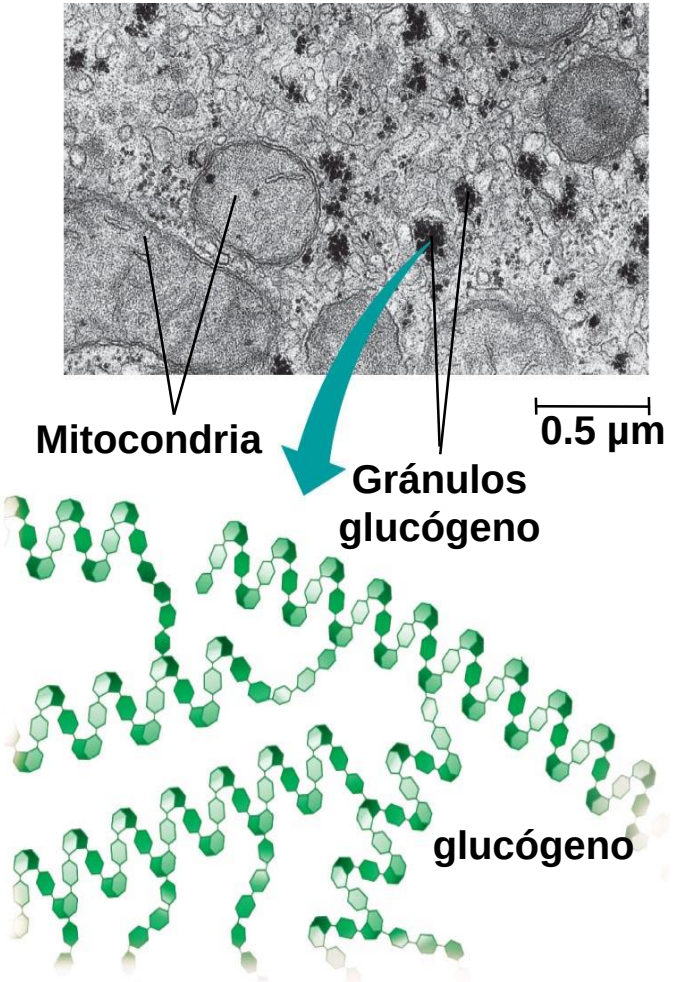
Formada por moléculas de α-D-glucosa que adoptan un arrollamiento helicoidal.

No está ramificada.



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

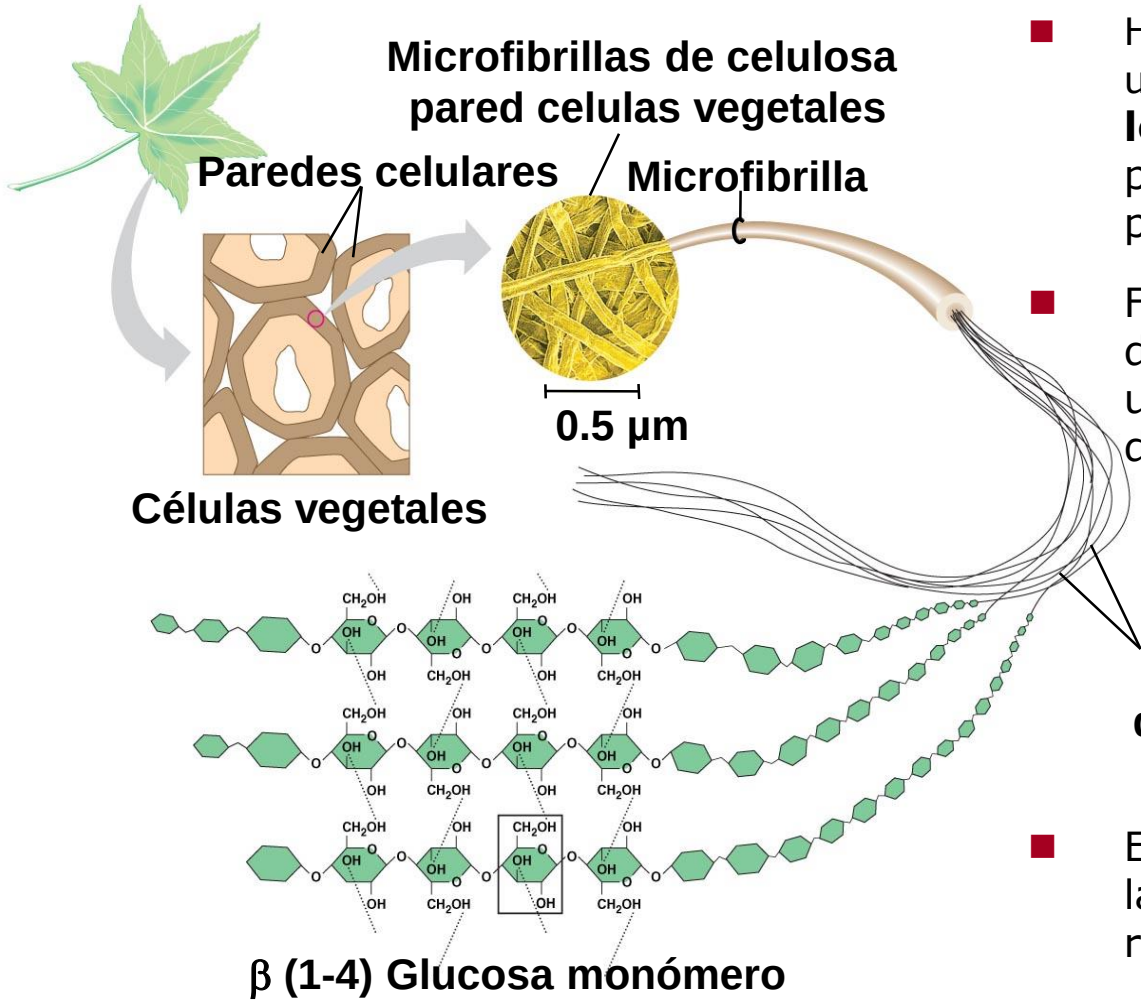
APLICACIÓN: Estructura y función glucógeno[DP/PAU]



- Homopolisacárido que constituye 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** mediante **enlaces alfa (1-4).**
- 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.

APLICACIÓN: Estructura y función celulosa[DP/PAU]

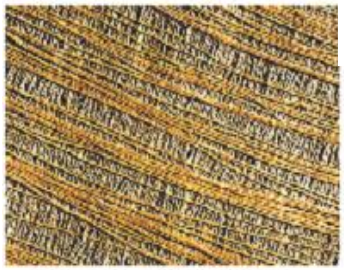


- Homopolisacárido que consituye un **polímero estructural en los vegetales**, siendo el principal componente de su pared celular.
- Formado por muchas unidades de **beta-D-glucosa**, donde la unidad que se repite es el disacárido celobiosa.
- El **enlace beta (1-4)** hace que las cadenas sean lineales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

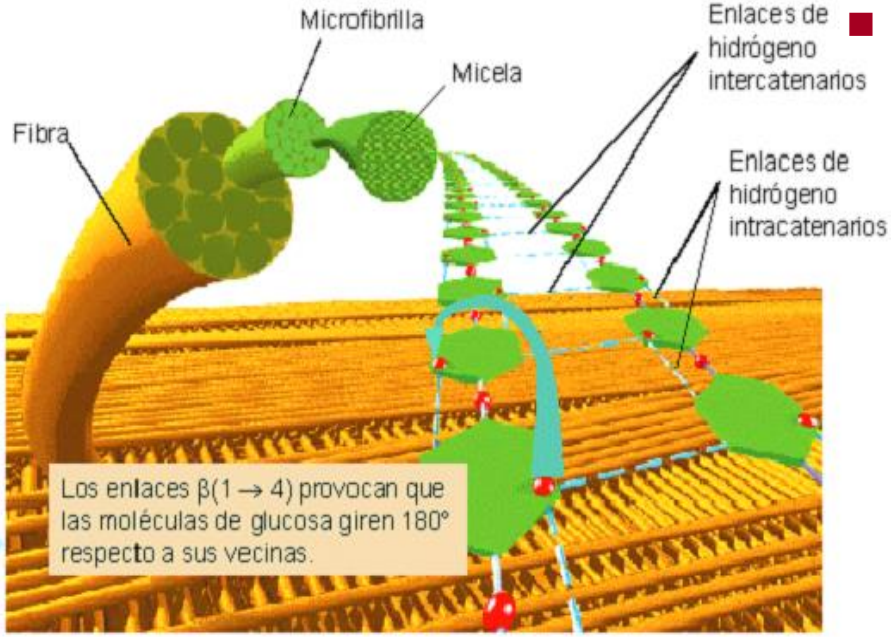
Copyright © 2005 Pearson Education, Inc. Publishing as Pearson Benjamin Cummings. All rights reserved.

APLICACIÓN: Estructura y función celulosa[DP/PAU]

- 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.

Web4

- 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.

HABILIDAD: Uso de software de visualización molecular[DP]

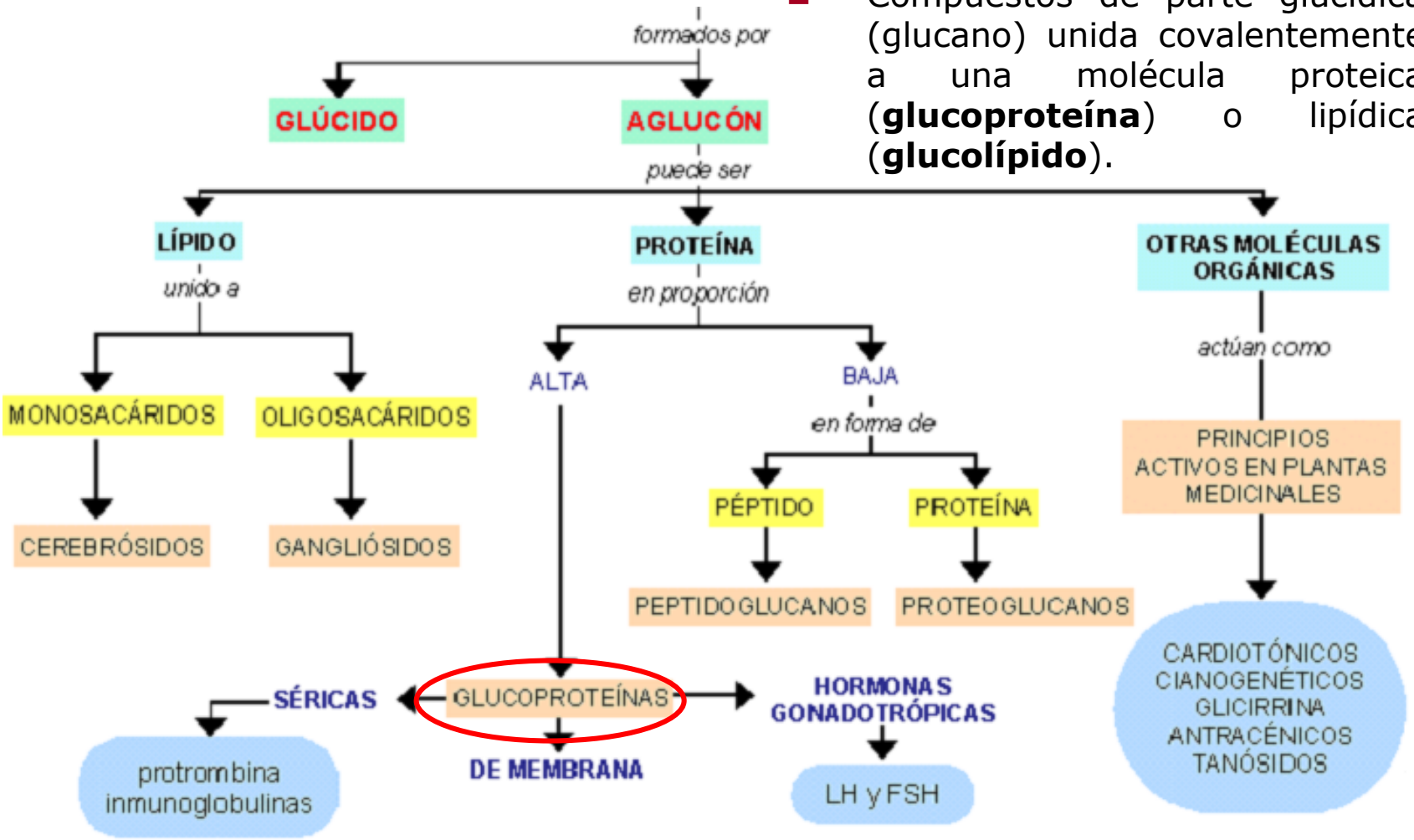
- Existe una amplia variedad de programas que permiten la visualización de moléculas, y entre ellos, **Jmol**.
- Este programa está presente en muchas webs en internet, como biotopics.co.uk.

ACTIVIDAD

1) Visualiza la molécula de glucosa y de ribosa. ¿Cuáles de los colores (rojo, gris y blanco) representa a los átomos de C, H y O?
2) Visualiza la sacarosa. Señala con el cursor el enlace O-glucosídico, así como el carbono 2 de la glucosa y de la fructosa.
3) Visualiza la amilosa. Selecciona un fondo blanco. ¿Qué forma tiene la molécula?
4) Visualiza la amilopectina y el glucógeno. Localiza el enlace alfa(1-6) por donde se ramifica la molécula en cada uno de ellos.
5) Visualiza la celulosa. ¿Cuál es la principal diferencia respecto a los anterioriores polisacáridos?

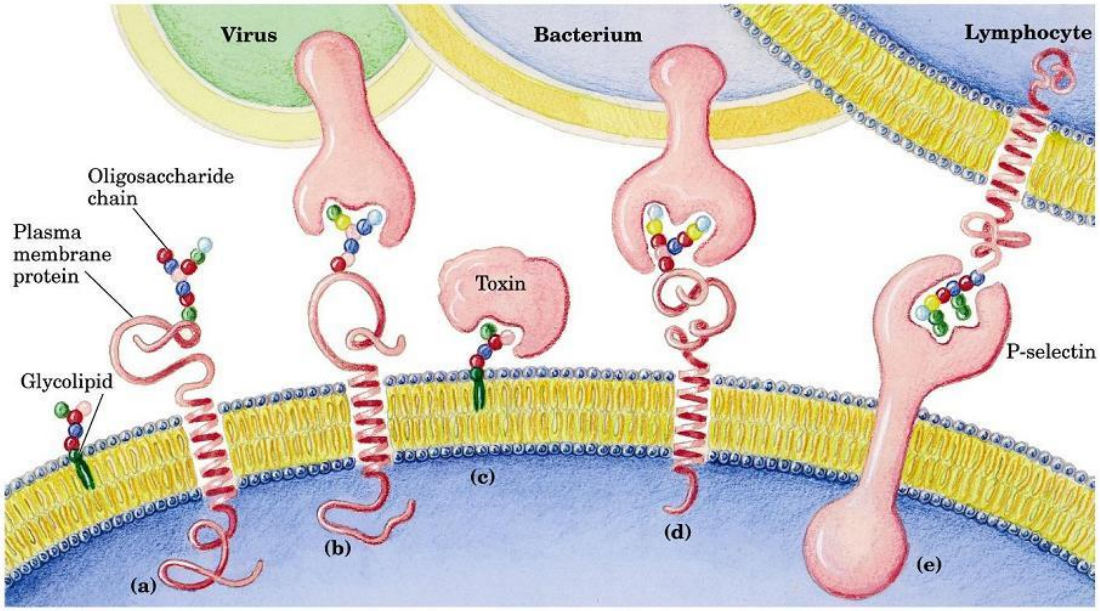
Heterósidos[PAU]

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



Heterósidos: Glucoproteínas[PAU]

- **Peptidoglucanos** que forman la pared bacteriana.
- **Mucinas** que forman el mucus, sustancia lubricante y defensiva en los tractos digestivo, respiratorio y urogenital.
- **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 DP/PAU

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 estructura 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.

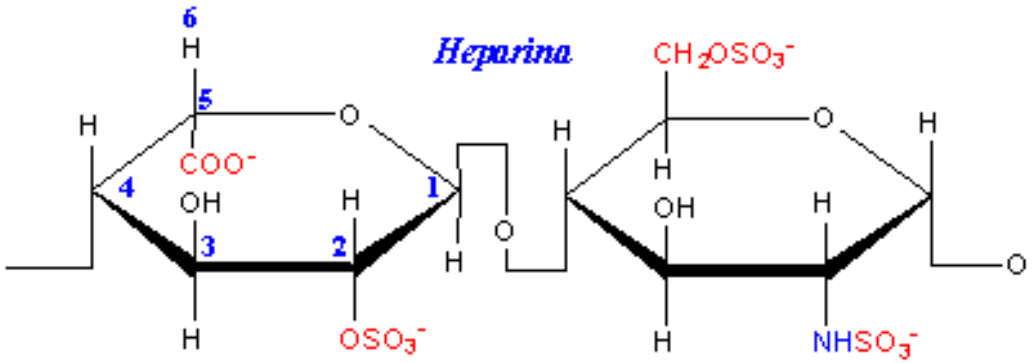
- Las mucinas forman la matriz extracelular de los tejidos conjuntivo, cartilaginoso y óseo.

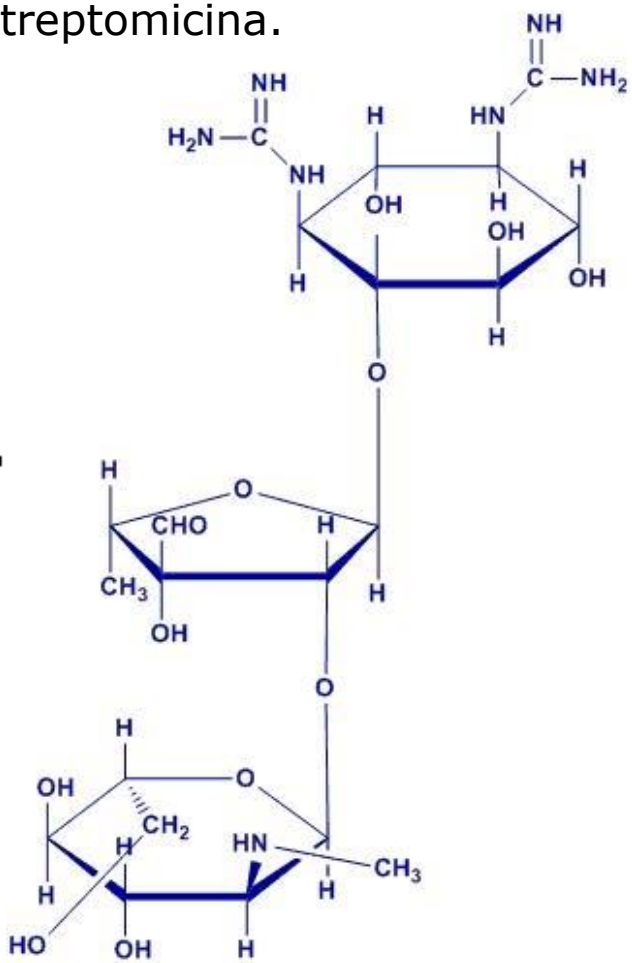
- El ácido hialurónico forma la cubierta de los ovocitos.

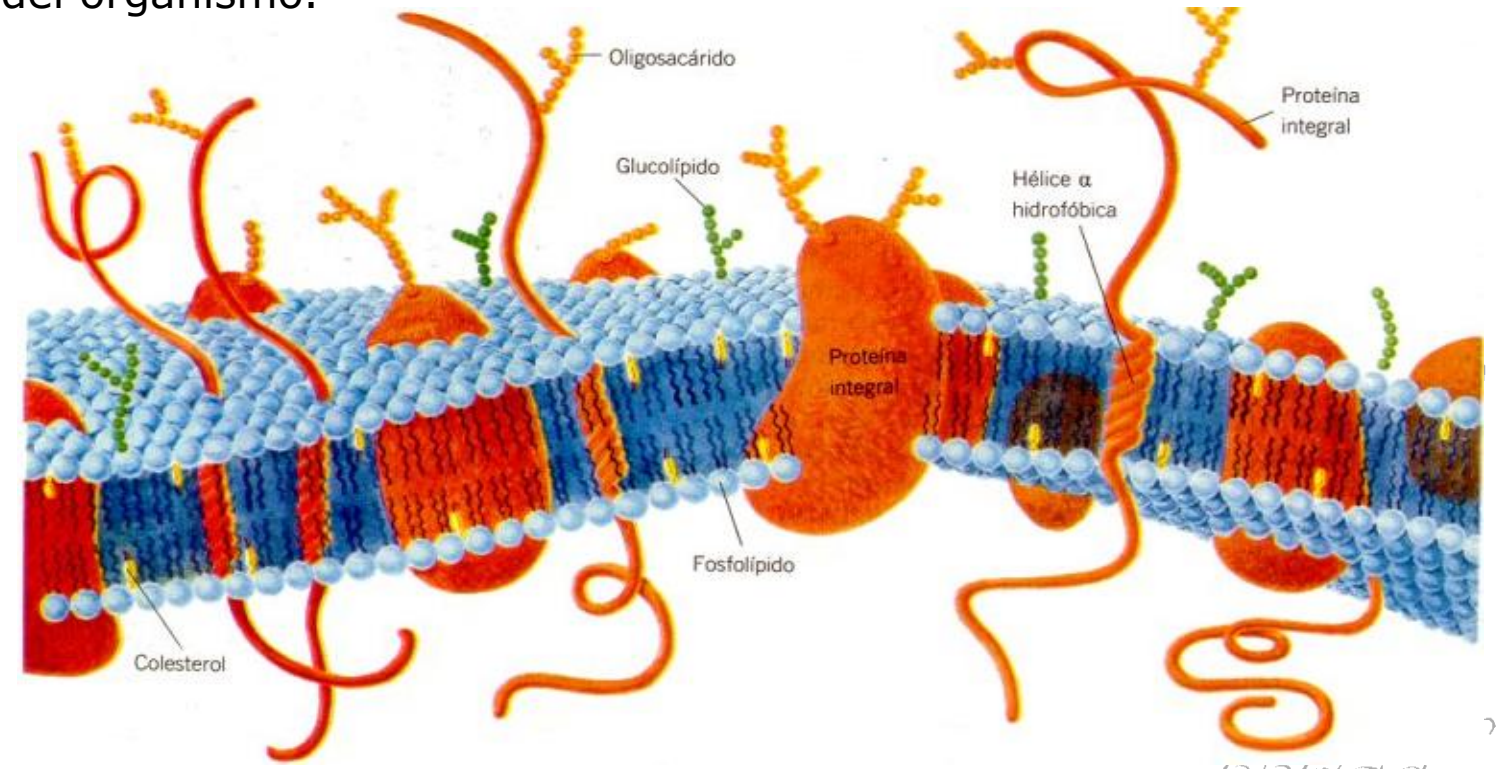
Resumen de funciones biológicas de los glúcidos DP/PAU

3. Antibióticos y antitumorales. Como la estreptomicina.

4. Anticoagulantes. Como la heparina.





Resumen de funciones biológicas de los glúcidos DP/PAU

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.