

## Introducción

Son las principales moléculas que almacenan energía en la mayoría de los seres vivos y también son constituyentes estructurales de las paredes celulares. Por otro lado, ellos son importantes en procesos de reconocimiento celular, incluyendo la adhesión de células vecinas y el transporte de proteínas a su destino intracelular final (modificaciones de la cadena glucosídica en su paso por el Aparato de Golgi).

Químicamente, los carbohidratos están compuestos por C, H y O. La fórmula básica de estas moléculas es  $(CH_2O)_n$  de la cual deriva su nombre: C, carbo;  $H_2O$ , hidrato. Se clasifican según el número de monómeros: monosacáridos, disacáridos y polisacáridos.

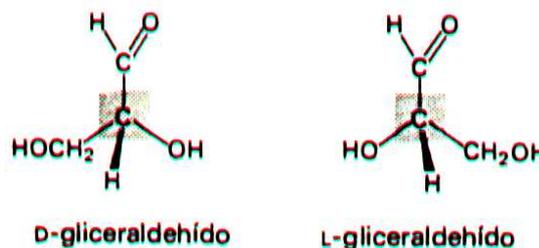
## Monosacáridos

Se caracterizan por tener grupos hidroxilos y un grupo aldehído o cetona, de aquí que puedan clasificarse como aldosas o cetosas, respectivamente. Según el número de átomos de C pueden clasificarse en triosas (3 C), pentosas (5 C) y hexosas (6 C). El siguiente cuadro muestra ejemplos de monosacáridos clasificados químicamente.

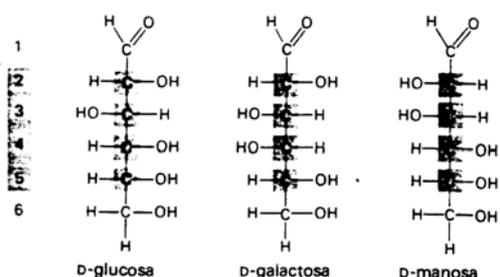
	Aldosas	Cetosas
Triosas	Gliceroaldehído	Dihidroxiacetona
Pentosas	Ribosa	Ribulosa
Hexosas	Glucosa	Fructuosa

## Estereoisomería de los monosacáridos

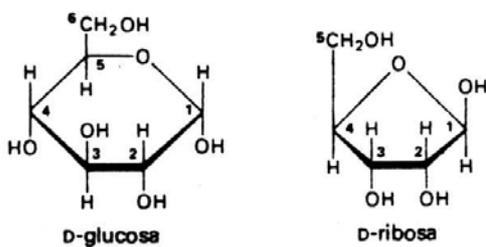
Todos los monosacáridos poseen uno o más átomos de C asimétricos, es decir, por un lado presentan un H y por el otro lado un OH; por tanto, pueden mostrar actividad óptica: **dextro** (D), rota la luz polarizada hacia la derecha ó **levo** (L) hacia la izquierda.



Es dextro cuando el o los grupos hidroxilos unidos al C asimétrico están hacia la derecha. Levo, hacia la izquierda. Además, dentro de un mismo tipo (D ó L) de compuestos pueden presentarse variaciones llamadas **isómeros**. Por ejemplo :



Por último, en el caso de azúcares de 5 y 6 carbonos, pueden presentarse en solución formas en anillos y estar en equilibrio con formas lineales. Ejemplo :



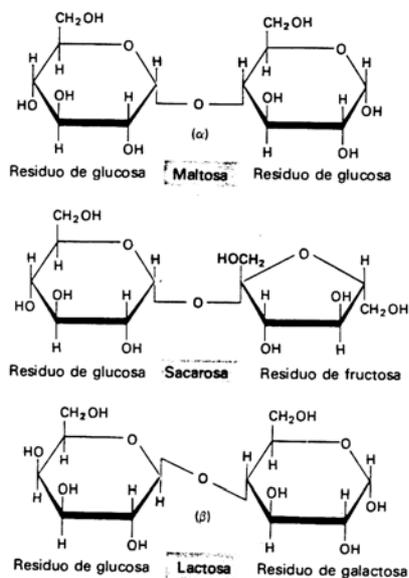
hexosa

pentosa

**Fórmulas de Haworth**

## Disacáridos

Son carbohidratos formados por la condensación de 2 monómeros de hexosa. **Condensación** es el proceso químico por el cual se pierde una molécula de agua por aporte de sus elementos desde las dos moléculas de monómeros : uno aporta el H y el otro el OH. El enlace producido de esta manera se denomina **glucosídico**. Ejemplos : condensación de una molécula de glucosa con una de fructuosa produce sacarosa (azúcar común).



Otras condensaciones :

glucosa + glucosa = maltosa

glucosa + galactosa = lactosa

El proceso químico inverso, es decir, añadir agua a un disacárido se llama **hidrólisis**. Es lo que sucede a la molécula de sacarosa cuando al agregar agua origina glucosa y fructuosa, siendo la glucosa la molécula utilizada por el organismo como principal fuente de energía.

### Polisacáridos

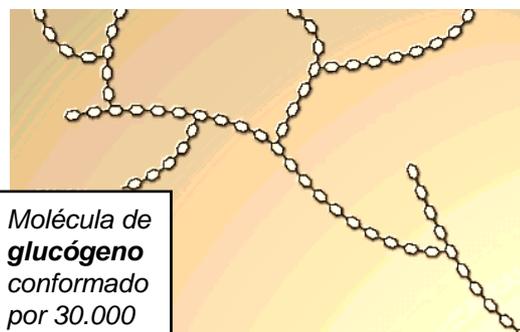
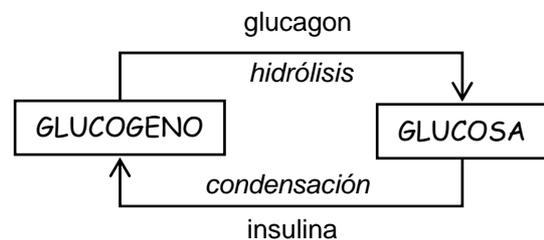
En general, a los compuestos carbohidratos que contienen 2 a 6 unidades de monómeros se les denomina **oligosacáridos**. Los **polisacáridos** son monosacáridos unidos entre sí por enlaces glucosídicos formando largas cadenas que pueden presentar ramas.

Las principales funciones de los polisacáridos en los sistemas vivos se relacionan con la reserva alimenticia (almidón en vegetales y glucógeno en animales) y la estructura (celulosa en vegetales y quitina en animales).

El **almidón** es la forma principal de almacenamiento de alimento en la mayoría de las plantas. Se deposita como grandes gránulos en los cloroplastos de algunas plantas verdes o en leucoplastos incoloros de raíz, tallo y otros tejidos vegetales.

Los gránulos se pueden identificar al MO tiñéndolos con una solución de yodo. La papa, por ejemplo, contiene almidón producido a partir del azúcar formado en las hojas verdes de la planta mediante el proceso de la fotosíntesis.

El **glucógeno** es la forma de almacenamiento de alimento en los animales. Está formado por cerca de 30.000 unidades de glucosa unidas formando un esqueleto lineal del cual se originan ramas. En vertebrados, el glucógeno se encuentra almacenado principalmente en el hígado y el tejido muscular. El depósito y remoción desde las células tiene un control hormonal, como lo detalla el siguiente esquema :



Molécula de **glucógeno** conformado por 30.000 glucosas

## Carbohidratos

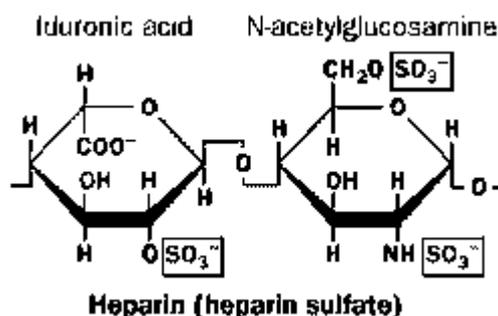
---

La **celulosa** es la molécula estructural más importante de las plantas. Está conformada por muchas moléculas de glucosa que constituyen una estructura larga no ramificada. La madera es casi un 50 % celulosa y el algodón es celulosa pura. Las moléculas de celulosa forman la parte fibrosa de la pared exterior de las células vegetales. Para esto, moléculas de celulosa forman haces de cadenas paralelas estableciendo enlaces de H con OH de cadenas vecinas. La celulosa es resistente a las enzimas que normalmente desdoblan a los polisacáridos de reserva; sin embargo, existen bacterias que son capaces de hidrolizar la celulosa (flora bacteriana del intestino).

La **quitina** es un polisacárido nitrogenado no ramificado formado por residuos de N-acetil glucosamina, un derivado de la glucosa. La quitina se encuentra en paredes celulares de hongos y en el exoesqueleto de los invertebrados (insectos, crustáceos, etc).

Existen polisacáridos complejos que poseen en su molécula grupos ácidos, caso de los mucopolisacáridos ácidos, llamados glucosaminoglucanos. Estos pueden contener grupos ácidos sulfatados. Ejemplos : el condroitinsulfato presente en el cartílago, piel, córnea

cordón umbilical, etc; heparina, sustancia anticoagulante; ácido hialurónico, en piel.



## Glucoproteínas

Muchas proteínas de membrana y proteínas séricas contienen cadenas de carbohidratos, las cuales contribuyen al plegamiento y estabilidad de las proteínas; además, aumentan la solubilidad de las glucoproteínas en agua.

Entre los carbohidratos que con más frecuencia se encuentran en las cadenas glucosídicas de las glucoproteínas, están :

- ◇ manosa (Man) : igual a la glucosa con la excepción de la orientación de los radicales unidos al carbono 2.
- ◇ galactosa (Gal) : igual a glucosa, excepto la orientación del OH en el carbono 4.

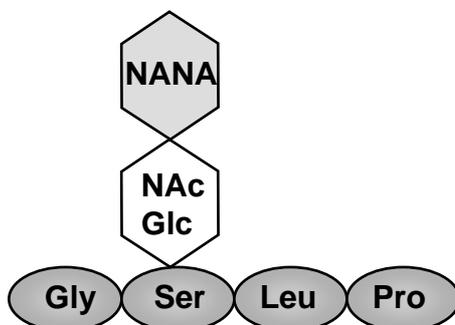
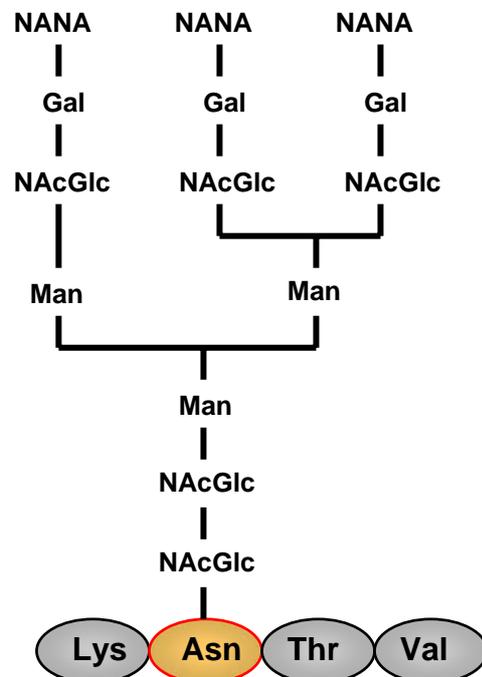
◊ N-acetilglucosamina (NAcGlc) y N-acetilgalactosamina (NAcGal) : son moléculas de glucosa y galactosa en las cuales se encuentra el grupo acetamida en lugar del OH en el carbono 2.

◊ ácido N-acetilneuramínico (NANA) ó ácido siálico : contiene un grupo —COO— en el carbono 1, un grupo acetamida en el carbono 5 y tres carbonos extras en el carbono 6

Estos residuos glucosídicos están unidos a dos clases de aminoácidos en las cadenas polipeptídicas; así, los residuos se clasifican como los ligados al O ó los ligados al N, siendo su estructura diferente debido al contenido de los residuos glucosídicos.

Los **ligados al O** se refieren a los residuos ligados al O del OH de la serina o treonina. Poseen pocos residuos glucosídicos y no son ramificados. Ejemplo : la mucoproteína de la saliva producida por la glándula submaxilar.

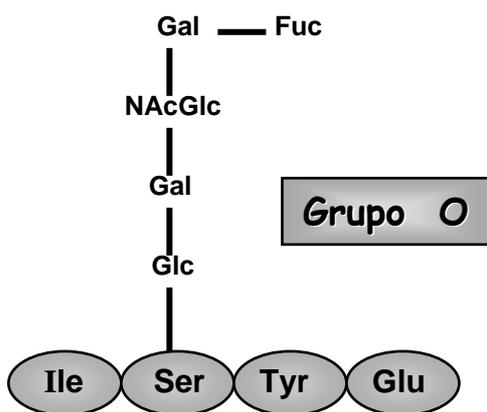
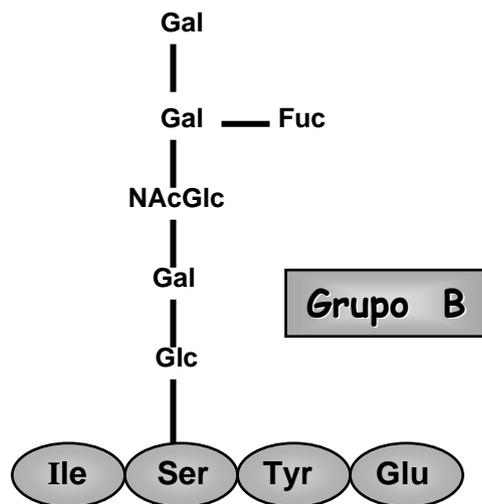
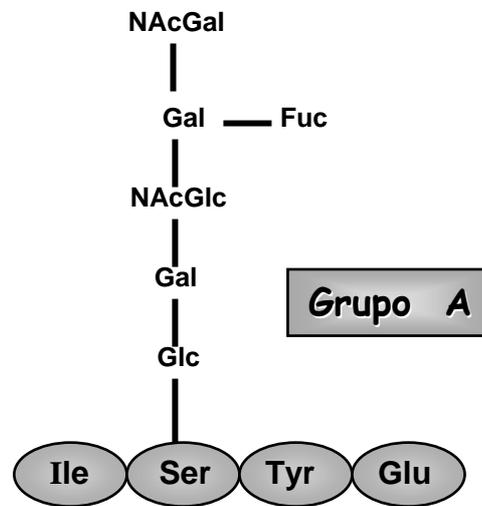
Los **ligados al N** se refiere a su unión al N de la asparagina (Asn), son más largos y ramificados y se encuentran en muchas proteínas de membrana y proteínas de secreción. Ejemplo: la estructura de algunos anticuerpos es la siguiente:





### Importancia Médica

Un ejemplo de gran interés médico es la presencia de ciertos residuos glucosídicos unidos a proteínas o lípidos de la membrana del errocito (glóbulo rojo ó hematíe) que determinan los grupos sanguíneos diferentes en los humanos. Un contenido esquemático de carbohidratos en cada grupo sanguíneo se muestra a continuación:



Otra aplicación médica de los carbohidratos son los que se incluyen en la dieta, cuya mayoría son hexosas y, dentro de ellas, las más importantes son la galactosa. La mayor parte de los monosacáridos que existen en el organismo son los D-isómeros.

El principal producto de la digestión de los carbohidratos y el principal glúcido circulante en el plasma sanguíneo es la **glucosa**. El nivel normal de glucosa sanguínea (glicemia) en ayunas varía entre los 60 a 110 mg/dl. Este rango es mantenido gracias a la acción de dos hormonas : la insulina, que tiende a bajar la glicemia y el glucagon que tiende a aumentarla.

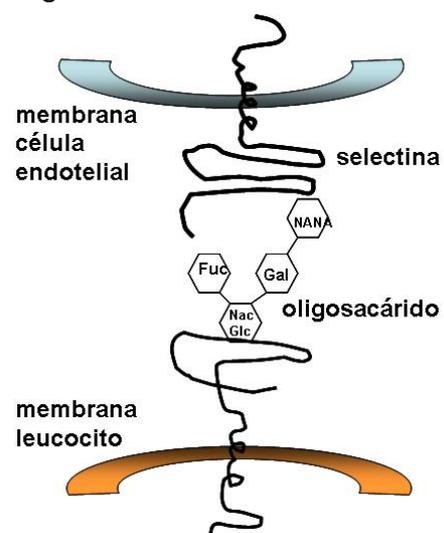
La insulina actúa solamente en las células que poseen receptores para esta hormona en su superficie. Si existe un defecto en el funcionamiento del receptor de insulina, así como un defecto en la síntesis de la insulina a nivel pancreático, se produce la enfermedad denominada **diabetes mellitus**.

Aunque los efectos producidos por la insulina están bien determinados, el mecanismo preciso de acción de ésta no está aún totalmente aclarada. Según los conocimientos actuales, el receptor de membrana para la insulina es un tetrámero compuesto por dos cadenas alfa y dos cadenas beta. La subunidad alfa está localizada en la superficie externa de la membrana plasmática y contiene un dominio para la unión con la insulina. La subunidad beta se extiende intracelularmente a través de la membrana y contiene sitios para la fosforilación y una tirosin kinasa intrínseca.

Los carbohidratos son importantes también en los procesos de reconocimiento celular. Uno de estos casos se da en los leucocitos (glóbulos blancos), células sanguíneas que deben atravesar las paredes de los vasos sanguíneos para combatir los procesos inflamatorios originados en el tejido conectivo adyacente a los vasos.

Los pasos iniciales en este proceso es la adhesión del leucocito con las células endoteliales. Esta adhesión está mediada por una familia de proteínas transmembranas en la célula endotelial llamada selectinas, que reconocen carbohidratos específicos en la superficie de los leucocitos.

Estos carbohidratos están ubicados en la porción final de una proteína transmembrana y son NAcGlc, Fuc, Gal y NANA. Así, estos carbohidratos ayudan a identificar los distintos tipos celulares de organismos multicelulares.



# **D**efiniciones de términos

**Glucogénesis** : conversión de glucosa en glucógeno.

**Glucogenólisis** : rompimiento del glucógeno para formar glucosa.

**Gluconeogénesis** : formación de glucosa a partir de compuestos no carbohidratos (aminoácidos, glicerol, etc)

**Glucólisis** : conversión de glucosa en piruvato.

**Hipoglucemiante** : hormona que tiende a bajar los niveles de glucosa sanguínea (insulina)

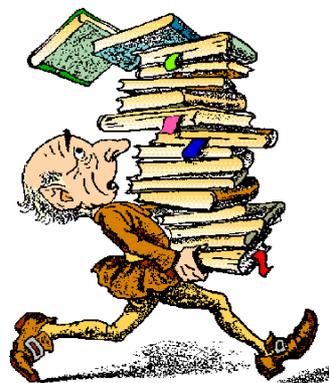
**Hiperglucemiante** : hormona que tiende a elevar los niveles de glucosa sanguínea (glucagon)

**Glucoproteína** : una proteína unida a una cadena de carbohidratos.

**Enlace glucosídico** : enlace formado entre los residuos de una cadena de carbohidratos

**Glucosilación** : adición de carbohidratos a las proteínas.

# Autoevaluación



1. Utilizando las fórmulas de Haworth, dibuje una molécula de ribosa y de una de glucosa.
2. ¿Qué significa que un monosacárido sea Dextro o Levo?
3. Dibuje los tres isómeros de la D—glucosa. Nómbralos.
4. Defina condensación e hidrólisis.
5. ¿A qué llama Ud. un oligosacárido y un polisacárido?
6. Nombre un polisacárido estructural en animal y en vegetal.
7. Nombre un polisacárido de reserva energética en animal y en vegetal.
8. Si la celulosa es resistente a las enzimas digestivas, ¿de qué manera el organismo humano obtiene los nutrientes de los tejidos vegetales?
9. Dibuje una molécula de NAcGlc y una de ácido siálico.
10. ¿Cuándo un residuo glucosídico se dice que está unido al O? ¿al N?
11. ¿Cuál es la molécula terminal de la cadena glucosídica en el grupo sanguíneo A y en B?
12. Averigue los conceptos de diabetes insulino dependiente y diabetes insulino independiente.