

## **TEMA 32. LOS GLÚCIDOS: CARACTERÍSTICAS Y CLASIFICACIÓN. LOS MONOSACÁRIDOS: COMPOSICIÓN, ESTRUCTURA Y PROPIEDADES. LOS GLÚCIDOS COMPLEJOS. FUNCIONES E IMPORTANCIA BIOLÓGICA DE LOS GLÚCIDOS. LOS GLÚCIDOS Y LA NUTRICIÓN.**

### **0. INTRODUCCIÓN.**

La importancia biológica principal de este tipo de moléculas es que actúan como reserva de energía o pueden conferir estructura, tanto a nivel molecular (forman nucleótidos), como a nivel celular (pared vegetal) o tisular (tejidos vegetales de sostén, con celulosa).

A lo largo de este tema analizaremos en el primer apartado las principales características de los glúcidos y su clasificación, continuamos en un segundo apartado hablando de la composición, estructura y propiedades de los monosacáridos, en el tercer apartado estudiaremos los glúcidos complejos, en el cuarto apartado veremos la importancia biológica de los glúcidos, terminando el tema con el quinto y último apartado donde veremos la importancia de los glúcidos en la nutrición del ser humano.

Hecha esta breve introducción, comenzaremos con el desarrollo del primer epígrafe del tema titulado....

### **1. GLÚCIDOS: CARACTERÍSTICAS Y CLASIFICACIÓN**

Los glúcidos son biomoléculas formadas básicamente por carbono, hidrógeno y oxígeno, a veces tienen N, S, o P. Se les suele llamar hidratos de carbono o carbohidratos o sacáridos.

El nombre de glúcido deriva de la palabra "glucosa" que proviene del vocablo griego glykys que significa dulce, aunque solamente lo son algunos monosacáridos y disacáridos. Su fórmula general suele ser  $(CH_2O)_n$ , donde oxígeno e hidrógeno se encuentran en la misma proporción que en el agua, de ahí su nombre clásico de hidratos de carbono, aunque su composición y propiedades no corresponde en absoluto con esta definición.

Este nombre es en realidad poco apropiado, ya que se trata de átomos de carbono unidos a grupos alcohólicos (-OH), llamados también radicales hidroxilo, y a radicales hidrógeno (-H). En todos los glúcidos siempre hay un grupo carbonilo, es decir, un carbono unido a un oxígeno mediante un doble enlace. El grupo carbonilo puede ser un grupo aldehído (-CHO) o un grupo cetónico (-CO-). Así pues, los glúcidos pueden definirse como polihidroxi aldehídos o polihidroxi cetonas.

Son solubles en agua y se clasifican de acuerdo a la cantidad de carbonos o por el grupo funcional aldehído. Son la forma biológica primaria de almacenamiento y consumo de energía.

Los glúcidos pueden sufrir reacciones de esterificación, animación, reducción, oxidación, lo cual otorga a cada una de las estructuras una propiedad específica, como puede ser de solubilidad.

Desde el punto de vista de su grado de polimerización, los carbohidratos se clasifican en Monosacáridos, Oligosacáridos y Polisacáridos

- **Los monosacáridos**, están formados por una sola molécula (como la glucosa); al ser hidrolizados no liberan moléculas más simples; ejemplos de este grupo son la glucosa, la galactosa, la ribosa y la fructosa, entre otros. A su vez pueden ser subclasificados de acuerdo a diferentes criterios, por ejemplo:
  - De acuerdo a la función principal: Si la función principal es un aldehído, el monosacárido se clasifica como una aldosa. La glucosa es una típica aldosa. Si la función principal es una cetona, el monosacárido se clasifica como una cetosa. La fructosa es una cetosa, ya que estructuralmente es una cetona polihidroxiada.
  - De acuerdo al número de carbonos: Los monosacáridos pueden clasificarse en triosas, tetrasas, pentosas, hexosas, heptosas u octosas de acuerdo al número de carbono que tiene la molécula.
  - De acuerdo a la posición de hidroxilo anomérico, los monosacáridos pueden clasificarse en alfa o beta.

Muchas veces al describir a un monosacárido se combinan estas clasificaciones, por ejemplo, la glucosa se clasifica como una aldohexosa, que puede ser alfa o beta.

- **Los oligosacáridos** están formados por 2-9 monómeros unidos entre sí por enlaces glicosídicos, es decir, al ser hidrolizados los oligosacáridos liberan de 2 a 9 monosacáridos. De acuerdo al número de monosacáridos constituyentes los oligosacáridos se clasifican: en disacáridos, trisacáridos, tetrasacáridos, etc.

El subgrupo más importante de los oligosacáridos son los disacáridos, formados por apenas dos moléculas de monosacáridos. Los disacáridos que aparecen naturalmente son la lactosa, o azúcar de la leche (formada por galactosa y glucosa) y la sacarosa, o azúcar de mesa, formada por fructosa y glucosa. Otros importantes disacáridos productos de la digestión del almidón son la maltosa y la isomaltosa, formados ambos por dos moléculas de glucosa, (pero enlazadas de forma diferente). La celobiosa es un tercer disacárido formado también por moléculas de glucosa, pero enlazadas de una forma tal que no es posible su digestión por animales, a menos que tengan microorganismos específicos en su sistema digestivo, como es el caso de los herbívoros. (La celobiosa se forma por digestión de la celulosa)

- **Los Polisacáridos** son carbohidratos formados por más de 9 monosacáridos unidos por enlaces glicosídicos. Cuando los polisacáridos están formados por el mismo tipo de monosacáridos, se denominan homopolisacáridos.

Las moléculas que forman el almidón, el glucógeno, y la celulosa que están formados por cientos de moléculas de un solo tipo de monosacárido (la glucosa), unidos por enlaces glicosídicos, son ejemplos típicos de homopolisacáridos.

Si el polisacárido está formado por diferentes tipos de monosacáridos, entonces se consideran heteropolisacáridos. El ácido hialurónico, formado por miles de unidades que se alternan de N-acetil glucosamina y ácido glucurónico, es un ejemplo de heteropolisacárido.

Vistas las características y clasificación de los glúcidos pasamos a desarrollar el segundo apartado del tema...

## **2. LOS MONOSACÁRIDOS: COMPOSICIÓN, ESTRUCTURA Y PROPIEDADES.**

- Los monosacáridos son **glúcidos** constituidos por una sola cadena polihidroxi-aldehídica o polihidroxicetónica. Se nombran añadiendo la terminación -osa al número de carbonos (triosa, tetrosa,...). No son hidrolizables y a partir de 7C son inestables. Presentan un esqueleto carbonado con grupos alcohol o hidroxilo y son portadores del grupo aldehído (aldosas) o cetónico (cetosas).
- Así, analicemos su **estructura teniendo** en cuenta las isomerías, la estructura cíclica y las formas anómeras:
  - **Isomerías.** Los azúcares más pequeños pueden escribirse por proyección en el plano (Proyección de Fischer) . Todas las osas tienen al menos un C unido a cuatro radicales distintos o asimétricos. Aparecen así los esteroisómeros, presentando los monosacáridos esteroisomería. La disposición del grupo -OH a la derecha en el C asimétrico determina el isómero D, si está situado a la izquierda es un isómero L. Si dos monosacáridos se diferencian solo en el -OH de un carbono se denominan epímeros. Si son imágenes especulares entre sí se denominan enantiómeros. Al tener uno o más carbonos asimétricos, desvían el plano de luz polarizada cuando esta atraviesa una disolución de los mismos. Si lo hacen a la derecha son dextrógiros (+), hacia la izquierda levógiros (-). Esta cualidad es independiente de su pertenencia a la serie D o L y, obviamente, la desviación se debe a la ausencia de planos de simetría de la molécula.
  - **Estructura cíclica.** Los grupos aldehídos o cetonas pueden reaccionar con un hidroxilo de la misma molécula convirtiéndola en anillo. Si el aldehído reacciona con el -OH se forma un hemiacetal, y un hemicetal si es la cetona la que produce dicha reacción. En todo caso hablamos de enlaces intra moleculares. El anillo puede ser pentagonal o furanósico (por su semejanza al furano), o hexagonal o piranósico (por su semejanza al pirano). Una fructosa ciclada será una fructofuranosa y una glucopiranososa será el caso de la glucosa. Las formas cíclicas pueden ser representadas dándole un sentido tridimensional de acuerdo con la formulación de Haworth.
  - **Formas anómeras.** En las formas cíclicas aparece un nuevo carbono asimétrico o anómero (el que antes tenía el aldehído o cetona). Los anómeros serán  $\alpha$  si el -OH de este nuevo carbono asimétrico queda hacia abajo y  $\beta$  si lo hace hacia arriba en la forma cíclica.
- Teniendo en cuenta todo lo anterior podemos diferenciar los **principales monosacáridos** en:
  - **Triosas:** Destacan el D-gliceraldehído y la dihidroxiacetona.
  - **Pentosas:** La D-ribosa forma parte del ácido ribonucleico y la 2-desoxirribosa del desoxirribonucleico. En la D-ribulosa destaca su importancia en la fotosíntesis.
  - **Hexosas:** La D-Glucosa se encuentra libre en los seres vivos. Es el más extendido en la naturaleza, utilizándolo las células como fuente de energía. La D-fructosa se encuentra en los frutos y la D-Galactosa en la leche.

- Podemos resumir las **propiedades** de los monosacáridos diferenciando entre las físicas y las químicas, así:  
**Propiedades físicas:** son sólidos cristalinos, de color blanco, hidrosolubles y de sabor dulce. Su solubilidad en agua se debe a que presenta una elevada polaridad eléctrica.  
**Propiedades químicas:** los glúcidos son capaces de oxidarse frente a otras sustancias que se reducen. Otra propiedad química de los glúcidos es su capacidad para asociarse con grupos amino  $-NH_2$ .

Llegados a este punto debemos mencionar a los **disacáridos**, formados por la unión de dos monosacáridos, estas uniones pueden realizarse de dos formas diferentes:

- Mediante enlace monocarbonílico entre el carbono anomérico del primer monosacárido y un carbono cualquiera no anomérico del segundo. La terminación del nombre del primer monosacárido es  $-osil$  y la del segundo es  $-osa$ .
- Mediante enlace dicarbonílico, si se establece entre los dos carbonos anoméricos de los dos monosacáridos. La terminación del nombre del primer monosacárido es  $-osil$  y la del segundo monosacárido es  $-ósido$ .

Los principales disacáridos con interés biológico son:

Maltosa. Disacárido formado por dos moléculas de D-glucopiranosas. Es el azúcar de malta. Grano germinado de cebada que se utiliza en la elaboración de la cerveza. Se obtiene por hidrólisis de almidón y glucógeno.

Celobiosa. Disacárido formado por dos moléculas de D-glucopiranosas. No se encuentra libre en la naturaleza.

Lactosa. Disacárido formado por una molécula de D-galactopiranosas y otra de D-glucopiranosas. Es el azúcar de la leche de los mamíferos.

Sacarosa. Disacárido formado por una molécula de  $\alpha$ -D-glucopiranosas y otra de  $\beta$ -D-fructofuranosas. Es el azúcar de consumo habitual, se obtiene de la caña de azúcar y remolacha azucarera.

Isomaltosa. Disacárido formado por dos moléculas de D-glucopiranosas. Se obtiene por hidrólisis de la amilopectina y glucógeno.

Una vez analizados los glúcidos simples, veamos a continuación el tercer apartado del tema titulado.....

### **3. LOS GLÚCIDOS COMPLEJOS.**

Estos reciben el nombre de polisacáridos y están formados por la unión de muchos monosacáridos (puede variar de once a varios miles) mediante enlace O-glucosídico, con la consiguiente pérdida de una molécula de agua por cada enlace. Tienen, pues, pesos moleculares muy elevados.

Pueden desempeñar **funciones estructurales o de reserva energética.**

En los polisacáridos diferenciamos los homopolisacáridos, o polímeros de un solo tipo de monosacárido, y los heteropolisacáridos, cuando en el polímero interviene más de un tipo de monosacárido.

Dentro del grupo de homopolisacáridos cabe destacar: el almidón, el glucógeno, la celulosa y la quitina.

- **El almidón** es el polisacárido de reserva propio de los vegetales. En el almidón se encuentran unidas miles de moléculas de glucosa, que constituyen una gran reserva energética que ocupa poco volumen. Los depósitos de almidón se encuentran en las semillas y en los tubérculos, como la patata y el boniato. A partir de ellos, las plantas pueden obtener energía sin necesidad de luz. Está integrado por dos tipos de polímeros: la amilosa en un 30% en peso, constituida por un polímero de maltosas unidas mediante enlaces alfa (1 à 4), y la amilopectina en un 70%, constituida por un polímero de maltosas unidas mediante enlaces alfa (1 à 4) con ramificaciones en posición alfa(1 à 6).
- **El glucógeno** es el polisacárido propio de los animales. Se encuentra abundantemente en el hígado y en los músculos. El glucógeno, al igual que la amilopectina está constituido por un polímero de maltosas unidas mediante enlaces alfa (1 à 4) con ramificaciones en posición alfa (1 à 6), pero con mayor abundancia de ramas. Éstas aparecen, aproximadamente, cada ocho o diez glucosas.
- **La celulosa** es un polisacárido con función esquelética propio de los vegetales. Es el elemento principal de la pared celular. Esta pared constituye una especie de estuche en el que queda encerrada la célula, que persiste tras la muerte de ésta. Las fibras vegetales y el interior del tronco de los árboles están básicamente formados por paredes celulósicas de células muertas. El algodón es casi celulosa pura, mientras que la madera tiene un 50% de otras sustancias que aumentan su dureza. La celulosa es un polímero de  $\beta$ -D-glucopiranosas unidas mediante enlaces beta (1 à 4). Cada polímero tiene de 150 a 5.000 moléculas de celobiosas. Estos polímeros forman cadenas moleculares no ramificadas, que se pueden disponer paralelamente uniéndose mediante enlaces de puente de hidrógeno.
- **La quitina** es un polímero de N-acetil-D-glucosamina unido mediante enlaces beta (1 à 4), de modo análogo a la celulosa. Como ella, forma cadenas paralelas. Es el componente esencial del exoesqueleto de los artrópodos. En los crustáceos se encuentra impregnada de carbono cálcico, lo que aumenta su dureza.

#### **4. FUNCIONES E IMPORTANCIA BIOLÓGICA DE LOS GLÚCIDOS.**

Los glúcidos son uno de los cuatro principios inmediatos orgánicos propios de los seres vivos. Su proporción en las plantas es mucho mayor que en los animales. En las plantas constituyen con mucho el principal componente orgánico. Se forman directamente en la fotosíntesis. En los seres vivos realizan dos funciones principales: la **energética y la estructural**. Pero además cumplen otras funciones biológicas importantes como: la **antibiótica** en el caso de la estreptomina; **vitamínica** como la vitamina C; **anticoagulante** como la heparina, **hormonal** como las gonadotropas, **enzimática** en las ribonucleasas e **inmunológica** como los anticuerpos.

Por lo que respecta a la función energética, el glúcido más importante es la glucosa, ya que es el monosacárido más abundante en el medio interno. La glucosa, libre o combinada (disacáridos y polisacáridos), es el compuesto orgánico más abundante de la naturaleza. Es la fuente primaria de síntesis de energía de las células, mediante su oxidación catabólica ( al quemar 1gr de glucosa se obtienen aproximadamente 4 kcal), y es el componente principal de polímeros de importancia estructural como la celulosa y de polímeros de almacenamiento energético como el almidón y el glucógeno.

Los polisacáridos de reserva representan una forma de almacenar azúcares sin crear por ello un problema osmótico. La principal molécula proveedora de energía para las células de los seres vivos es la glucosa. Su almacenamiento como molécula libre, dado que es una molécula pequeña y muy soluble, daría lugar a severos problemas osmóticos y de viscosidad, incompatibles con la vida celular. Los organismos mantienen entonces sólo mínimas cantidades, y muy controladas, de glucosa libre, prefiriendo almacenarla como polímero. La concentración osmótica depende del número de moléculas, y no de su masa, así que la célula puede, de esta forma, almacenar enormes cantidades sin problemas. Algunos ejemplos de polisacáridos de reserva pueden ser: el almidón y el glucógeno.

Es de destacar que los polisacáridos de reserva no juegan el mismo papel en organismos inmóviles y pasivos, como plantas y hongos, que en los animales. Éstos no almacenan más que una pequeña cantidad de glucógeno, que sirve para asegurar un suministro permanente de glucosa disuelta. Para el almacenamiento a mayor escala de reservas, los animales recurren a las grasas, que son lípidos, porque éstas almacenan más del doble de energía por unidad de masa; y además, son líquidas en las células, lo que las hace más compatibles con los movimientos del cuerpo. Un organismo humano almacena como glucógeno la energía necesaria para no más de seis horas, pero puede guardar como grasa la energía equivalente a las necesidades de varias semanas.

La mayoría de los polisacáridos de reserva son glucanos, es decir, polímeros de glucosa, más exactamente de su isómero de anillo hexagonal (glucopiranos). Se trata sobre todo de glucanos  $\alpha(1\rightarrow4)$ , representados en las plantas por el almidón y en los animales por el glucógeno, con cadenas que se ramifican gracias a enlaces de tipo  $\alpha(1\rightarrow6)$ . En numerosos grupos de protistas cumplen la misma función glucanos de tipo  $\beta(1\rightarrow3)$ .

En lo que concierne a la función estructural, se ha de destacar la importancia del enlace beta. Entre los glúcidos con función estructural podemos citar: la celulosa en los vegetales, la quitina en los artrópodos, la ribosa y desoxirribosa en los ácidos nucleicos de todos los seres vivos, y los peptidoglucanos en las bacterias.

Si se trata de glúcidos que participan en la construcción de estructuras orgánicas. Los más importantes son los que constituyen la parte principal de la pared celular de plantas, hongos y otros organismos eucarióticos osmótrofos, es decir, que se alimentan por absorción de sustancias disueltas. Éstos no tienen otra manera más económica de sostener su cuerpo, que envolviendo a sus células con una pared flexible pero resistente, contra la que oponen la presión osmótica de la célula, logrando así una solución del tipo que en biología se llama esqueleto hidrostático.

La celulosa es el más importante de los polisacáridos estructurales. Es el principal componente de la pared celular en las plantas, y la más abundante de las biomoléculas que existen en el planeta. Es un glucano, es decir, un polímero de glucosa, con enlaces glucosídicos entre sus residuos de tipo  $\beta(1\rightarrow4)$ . Por la configuración espacial de los enlaces implicados, los residuos de glucosa quedan alineados de forma recta, no en helicoide, que es el caso de los glucanos  $\alpha(1\rightarrow4)$ , del tipo del almidón. Esas cadenas rectas se enlazan transversalmente, por enlaces de hidrógeno, en haces de cadenas paralelas.

La quitina cumple un papel equivalente al de la celulosa, pero en los hongos, y además es la base del exoesqueleto de los artrópodos y otros animales emparentados. La quitina es un polímero de la N-acetil-2, D-glucosamina, un monosacárido aminado, que contiene por lo tanto nitrógeno. Siendo éste un elemento químico de difícil adquisición para los organismos autótrofos, que lo tienen que administrar con tacañería, la quitina queda reservada a heterótrofos como los hongos, que lo obtienen en abundancia.

### **5. LOS GLÚCIDOS Y LA NUTRICIÓN.**

Ha habido grandes avances en la comprensión de cómo los hidratos de carbono influyen en la nutrición y la salud en los últimos años. Los avances en la investigación científica han puesto de relieve las diversas funciones de los carbohidratos en el cuerpo y su importancia en la promoción de la salud.

Los hidratos de carbono en forma de azúcares, oligosacáridos, almidones y fibras, son uno de los tres principales macronutrientes que aportan energía al cuerpo (grasa y proteína son las otras). Ahora hay buena evidencia de que al menos el 55% de las calorías diarias deben provenir de los hidratos de carbono.

Considerando que es importante mantener un equilibrio adecuado entre la ingesta de calorías y el gasto, los estudios científicos sugieren que:

- Una dieta que contenga un nivel óptimo de carbohidratos puede ayudar a prevenir la acumulación de grasa corporal.
- Almidón y azúcares proporcionan el combustible de fácil acceso para el rendimiento físico.
- La fibra dietética, que es un hidrato de carbono, ayuda a mantener el funcionamiento del intestino correctamente

Aparte de los beneficios directos de los carbohidratos para el cuerpo, que se encuentran en una amplia gama de alimentos, es que ellos mismos aportan una gran variedad de otros nutrientes importantes a la dieta. Por esta razón se recomienda que los hidratos de carbono provengan de fuentes diversas de alimentos para asegurar que la dieta general contiene los nutrientes adecuados.

También es importante recordar que los hidratos de carbono contribuyen al sabor, textura y apariencia de los alimentos y ayudan a hacer la dieta más variada y agradable.

Los hidratos de carbono en todas sus formas son buenos para su salud. Ellos pueden ayudar a controlar el peso corporal, especialmente cuando se combina con el ejercicio, son vitales para la función intestinal adecuada y son un importante combustible para el cerebro y los músculos activos. El almidón y el azúcar tienen un papel especial en el desarrollo de enfermedades graves como la diabetes.

La función principal de los carbohidratos es suministrar energía al organismo, pero que también desempeñan un papel importante en la estructura y función de los órganos del cuerpo y las células nerviosas.

Los almidones y los azúcares son los principales que proveen energía de fuentes de hidratos de carbono y el suministro de 4 kilocalorías (17 kilojulios) por gramo. Para utilizar esta energía todos los carbohidratos deben ser desglosado en glucosa, después de lo cual son transportados a su lugar de utilización.

Los disacáridos son degradados por las enzimas digestivas en azúcares simples. El cuerpo también necesita la ayuda de enzimas digestivas para romper las largas cadenas de almidón en sus azúcares constituyentes, que luego son absorbidos en el torrente sanguíneo.

La glucosa también se puede convertir en glucógeno, un polisacárido similar al almidón, que se almacena en el hígado y los músculos y es una fuente disponible de energía para el cuerpo.

El cerebro necesita para su funcionamiento, utilizar la glucosa como fuente de energía, ya que no puede utilizar la grasa para este propósito. Es por esta razón es que el nivel de glucosa en la sangre debe mantenerse constantemente por encima del nivel mínimo. La glucosa puede provenir directamente de carbohidratos de la dieta o de las reservas de glucógeno. Varias hormonas, incluyendo la insulina, trabajan rápidamente para regular el flujo de glucosa en la sangre, para mantenerlo en un nivel constante.

**CONCLUIMOS** un tema en el que hemos visto las principales características de los glúcidos, así como las principales deferencias entre ellos, dependiendo principalmente, del número de átomos de carbono que componen sus moléculas, además de la importancia de los mismos en relación a sus funciones y en la nutrición del ser humano.

Como referencias **BIBLIOGRÁFICA** citamos las siguientes:

LEHNINGER, A. L.: Bioquímica. Ed. Omega. Barcelona, 1986.

STRYER, L.: Bioquímica (2 vol). Ed. Reverté. Barcelona, 1995