

## COMPOSICION QUIMICA DE LOS SERES VIVOS

### INTRODUCCIÓN

Los seres vivos están caracterizados, entre otras cosas, por poseer una organización celular, es decir determinadas moléculas se organizan de una forma particular y precisa e interactúan entre sí para establecer la estructura celular. Así como las células son los ladrillos con los que se construyen los tejidos y los organismos, las moléculas son los bloques con que se construyen las células.

Al estudiar químicamente estas moléculas observamos que las mismas están constituidas en un 98% por elementos tales como C, H, O, N, P y S; ( el 2 % restante está representado por elementos como el Fe, Ca , Na, K, Cu, Mg, I, Cl. Etc.)

La combinación de estos seis elementos puede dar lugar a la formación de millones de moléculas distintas, sin embargo como veremos más adelante, la mayoría de los seres vivos está formado por un número relativamente bajo de tipos de compuestos.

Aquellos compuestos en cuya composición interviene el carbono se los denomina compuestos orgánicos; dentro de este grupo podemos mencionar a los monosacáridos, polisacáridos, aminoácidos, proteínas, lípidos , nucleótidos y ácidos nucleicos ( no son los únicos compuestos orgánicos que existen, pero sí son la mayoría). Estos representan aproximadamente el 30% de la composición química de los seres vivos. El 70% lo constituye el agua. También encontramos algunos iones tales como el Na, Fe, Ca, K, etc. en proporciones muy pequeñas.

### ÁTOMOS Y MOLÉCULAS

Toda la materia, incluyendo a los seres vivos, está compuesta por distintos átomos. Un **átomo** es la partícula más pequeña de materia que puede existir libre conservando las propiedades fisico-químicas características de ese elemento y que es capaz de intervenir en reacciones químicas.

En la estructura del átomo encontramos una región central muy densa formada por dos tipos de partículas los protones y los neutrones. Ambos le otorgan masa al núcleo, los protones son partículas con carga positiva y los neutrones no están cargados. Los neutrones contribuyen a mantener la estabilidad del núcleo y también impiden que las cargas de los protones se repelan y provoquen la desintegración del núcleo.

En torno a este núcleo encontramos otras partículas cargadas negativamente llamadas electrones. Estos electrones giran alrededor del núcleo en zonas denominadas orbitales; **los orbitales son las zonas del espacio cercana al núcleo donde hay mayor probabilidad de encontrar electrones.** Los orbitales se organizan en **niveles de energía.** A medida que nos alejamos del núcleo los niveles de energía aumentan, de manera que los electrones cercanos al núcleo poseen menor nivel de energía que los que se encuentran

alejados.

Los electrones de los niveles de energía más externos son los que determinan la capacidad de reaccionar químicamente.

En estado elemental o no-combinado el átomo es eléctricamente neutro, ya que posee igual número de electrones que de protones.

Los átomos de distintos elementos químicos poseen un número característico de protones. El número de protones se denomina NUMERO ATOMICO ( Z )

La suma de protones y neutrones (no se tiene en cuenta a los electrones ya que su masa es despreciable) se conoce como NUMERO MASICO (A).

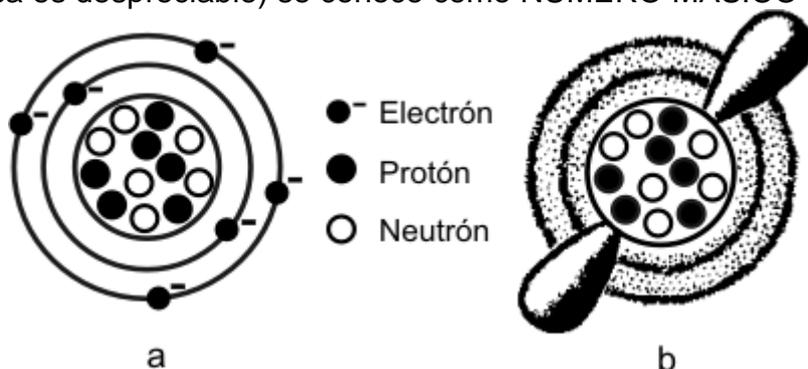


Fig. 2. 1 - Dos maneras de representar un átomo. (a) Modelo de Bohr de un átomo de carbono.

Aunque este modelo no es un modo preciso de ilustrar la configuración de electrones, es de uso frecuente por su sencillez y conveniencia. (b) Nube de electrones. Los puntos indican las probabilidades de que un electrón esté en un sitio en un momento dado.

Existen átomos que tienen el mismo número de protones pero distinta cantidad de neutrones; si poseen el mismo número de protones y estos son los que les confieren las propiedades químicas, estamos en presencia de átomos del mismo elemento, es decir de ISOTOPOS. ( poseen el mismo Z, pero tienen distinto número másico).

Algunos átomos que raramente reaccionan con otros, se encuentran formando parte del grupo VIII de la tabla periódica y constituyen los llamados gases nobles o raros. Este grupo se caracteriza por la baja reactividad de los átomos. Al estudiarse la configuración electrónica (la distribución de los electrones en los distintos niveles de energía) se observa que dichos elementos poseen en su nivel de energía más alto ( el más alejado o externo) ocho electrones. Es decir que la estabilidad esta dada por esa configuración electrónica (dijimos anteriormente que la capacidad de reaccionar estaba dada por la distribución de los electrones de los niveles más externos). El resto de los átomos no posee esa configuración electrónica por lo tanto son inestables de modo que tienden a reaccionar entre sí.

En general los átomos que reaccionan para formar una molécula tienden a adquirir una configuración similar a la del gas noble, es decir tienden a completar ocho electrones en su nivel más externo. Esto es conocido como la

**regla del octeto**, pero como toda regla siempre hay excepciones.

## UNIONES QUÍMICAS

Una de las fuerzas impulsoras en la naturaleza es la tendencia de la materia a alcanzar el estado de energía libre más bajo posible, este estado de menor energía implica una mayor estabilidad, en las moléculas los núcleos y los electrones de los átomos interactúan, logrando una mayor estabilidad (ya que tratan de adquirir la configuración electrónica de un gas noble).

Los átomos se mantienen unidos formando moléculas por medio de fuerzas, estas reciben el nombre de ENLACES O UNIONES QUÍMICAS. En las reacciones metabólicas se generan y se degradan continuamente moléculas, es decir que se forman y se rompen uniones químicas

## UNIÓN IÓNICA

Algunos átomos tienden a ganar o a perder electrones con gran facilidad (debido a su configuración electrónica) formando partículas cargadas que se denominan IONES. Aquellos átomos que ganan con facilidad electrones se dice que son electronegativos, formarán entonces iones con carga negativa que se denominan ANIONES. Si el átomo pierde electrones predominarán las cargas positivas del núcleo y por lo tanto se formarán iones con carga positiva o CATIONES.

En las uniones iónicas los átomos se mantienen unidos debido a las fuerzas de atracción que surgen por tener cargas opuestas (catión – anión).

Los compuestos iónicos se caracterizan por un alto punto de fusión, alto punto de ebullición, en general son solubles en agua, por lo tanto en solución acuosa conducen la corriente eléctrica

Un ejemplo de este tipo de unión lo constituye el cloruro de sodio, el átomo de cloro es mucho más electronegativo (atrae con mucha fuerza a los electrones) que el sodio, de modo que le arranca el electrón del último nivel de energía a éste último. El cloro se transforma entonces en el anión cloruro, y el sodio en un catión, la atracción eléctrica hace que los iones permanezcan unidos.



Fig. 2.2- Unión iónica : cloruro de sodio

Las uniones iónicas son importantes desde el punto de vista biológico, ya que forman parte de las interacciones entre ácidos nucleicos y proteínas. Sin embargo este tipo de uniones no las encontramos entre los átomos que predominan en la composición química de los seres vivos ( C, H, O, N , S, y P)

## UNIÓN COVALENTE

Algunos átomos no tienen tendencia a ganar o perder electrones, sino que los comparten con otros átomos. Cuando la diferencia de electronegatividad no existe o es muy baja, los átomos que intervienen comparten electrones.

El gas hidrógeno está compuesto por moléculas de hidrógeno y no por átomos de hidrógeno separados. Una molécula compuesta por dos átomos se llama diatómica. Cuando un átomo de H se une a otro átomo de H ambos tienen la misma capacidad de atraer electrones, por lo tanto el par compartido se ubicará a igual distancia de ambos núcleos. Los átomos de H comparten sus electrones para adquirir la configuración del gas noble, los electrones compartidos pertenecen a ambos átomos simultáneamente.

Muchos elementos de importancia biológica son diatómicos (H, O, F, Cl, etc.) Esquemáticamente cada par de electrones compartidos se simboliza con una línea, dos átomos pueden compartir 1, 2 o 3 pares de electrones.

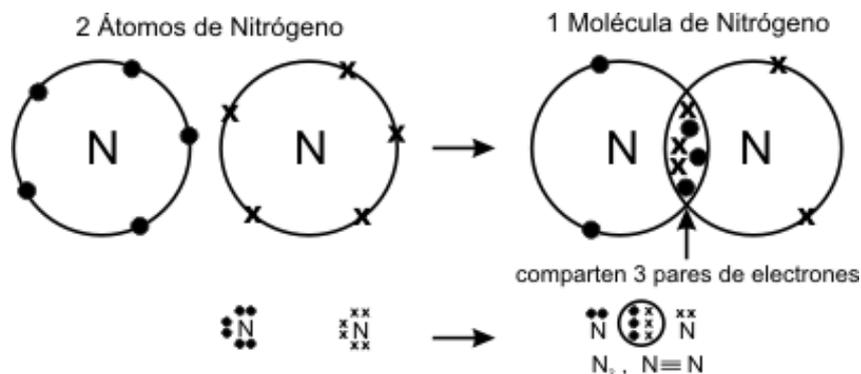
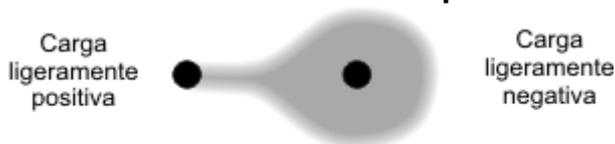


Fig. 2.3- Ejemplo de unión covalente

En algunos casos existe una diferencia de electronegatividad entre los átomos que hace que él o los pares de electrones compartidos no se encuentren equidistantes de los núcleos, sino que están más cerca del átomo con mayor electronegatividad. De esta forma la distribución de los electrones es asimétrica, creándose zonas donde predominan las cargas negativas de los electrones (cerca del elemento más electronegativo) y zonas donde predominan las cargas positivas de los núcleos (el elemento menos electronegativo, ya que sus electrones están lejos). Este tipo de unión covalente recibe el nombre de **unión covalente polar**.



Cloruro de Hidrógeno (HCl)

Fig.2.4 - Cloruro de hidrógeno

Este tipo de unión es la que encontramos en la mayor parte de las moléculas biológicas. El carbono (C) se une con los otros elementos (H, O, N, P, S) por medio de uniones covalentes, así como también se une a otros átomos de carbono dando largas cadenas, como veremos más adelante.

### UNIÓN PUENTE HIDRÓGENO

Es una unión sumamente **lábil**, formándose y destruyéndose continuamente, dependiendo su efecto estabilizador más a la cantidad de dichas uniones, que a la fuerza de atracción entre los átomos. Es muy importante en los sistemas biológicos ya que contribuyen a dar estabilidad a macromoléculas tales como las proteínas, los ácidos nucleicos, etc.

Cuando un átomo de hidrógeno se une a un átomo muy electronegativo ( como ser el oxígeno o el nitrógeno) el par compartido se sitúa lejos del núcleo del hidrógeno , por lo tanto se crea una pequeña separación de cargas, quedando el hidrógeno ligeramente positivo ( $d^+$ ) y el oxígeno o el nitrógeno levemente negativo ( $d^-$ ). ( $d$  Indica la separación parcial de cargas). La  $d^+$  del hidrógeno es atraída por la  $d^-$  del elemento electronegativo de otra molécula, de manera que el H queda formando un puente entre dos moléculas.

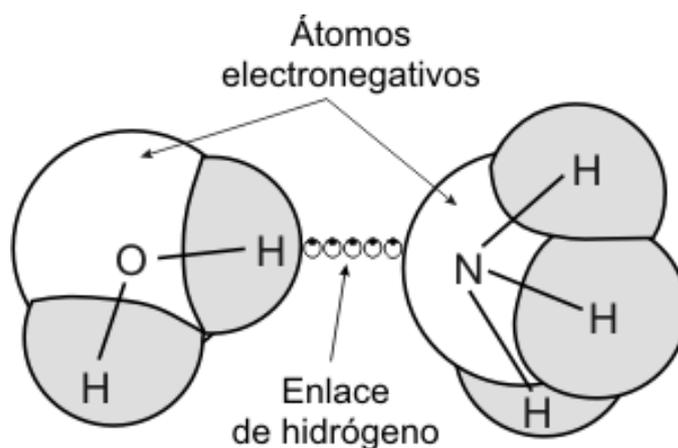


Fig. 2.5- Enlace de hidrógeno.

El átomo de Nitrógeno de una molécula de amoníaco (NH<sub>3</sub>) está unido a un átomo de hidrógeno de una molécula de agua (H<sub>2</sub>O) por un enlace de hidrógeno. En este último, un átomo de hidrógeno combinado con un átomo electronegativo en un enlace covalente polar es compartido por otro átomo electronegativo por medio de una atracción eléctrica débil.

### FUERZAS DE VAN DER WAALS

Son fuerzas de atracción inespecíficas que ocurren cuando los átomos se encuentran a distancias pequeñas y cuando momentáneamente se forman diferencias de cargas en torno al átomo debido a los movimientos de los electrones. Esta distribución de carga fluctuante da al átomo una polaridad: una parte de él tiene una carga ligeramente negativa respecto a las demás que quedan ligeramente positivas de manera que una zona negativa momentánea de un átomo interactúa con una positiva de otro.

Estas interacciones son aproximadamente 100 veces más débiles que las uniones covalentes; sin embargo son muy importantes porque se pueden establecer cientos de interacciones simultáneas, manteniendo a las moléculas juntas con bastante cohesión.

Este tipo de interacción juega un papel muy importante en la unión de los sustratos a las enzimas.

### INTERACCIONES HIDROFÓBICAS

También son importantes en las propiedades biológicas de distintas moléculas. Estas interacciones ocurren porque las moléculas no polares tienden a agruparse cuando están en un medio acuoso para repeler el agua o “escondarse” de ella. Ciertas moléculas presentan partes que se pueden intercalar con el agua (partes hidrofílicas) a parte de las porciones hidrofóbicas, de manera que las zonas hidrofílicas establecen contacto con el agua y las zonas hidrofóbicas quedan resguardadas en el interior (adoptan en general una forma esférica), este tipo de ordenamiento estabiliza la estructura de la macromolécula, contribuyendo a mantener su conformación activa.

Estas interacciones tiene importancia en el plegamiento de las proteínas y en la asociación entre una enzima con su sustrato

### REACCIONES QUÍMICAS

Dijimos que los átomos reaccionan entre sí formando moléculas (reacciones químicas), estas reacciones se representan por medio de ecuaciones químicas, en donde se colocan los reactivos (materia prima) y los productos de la reacción y el sentido de la reacción.

Estas ecuaciones químicas se balancean de manera que la cantidad de átomos de un elemento en ambos lados de la ecuación, es la misma.



Existen distintos tipos de reacciones químicas, las cuales pueden ocurrir tanto en los seres vivos como “in vitro”. En el metabolismo se llevan a cabo reacciones de oxidación-reducción o redox, reacciones de adición, de disociación, etc.

### COMPOSICIÓN QUÍMICA DE LOS SERES VIVOS

Todas las células están gobernadas por los mismos principios físicos y químicos de la materia inerte. Si bien dentro de las células encontramos moléculas que usualmente no existen en la materia inanimada, en la composición química de los seres vivos encontramos desde sencillos iones inorgánicos, hasta complejas macromoléculas orgánicas siendo todos igualmente importantes para constituir, mantener y perpetuar el estado vivo.

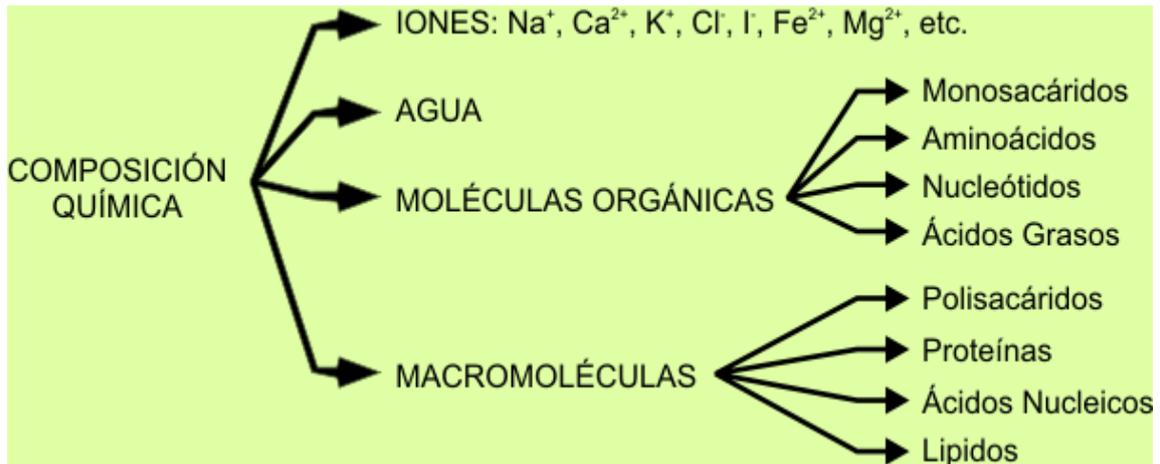


Tabla 2.1 - **Composición porcentual de la materia viva**

Compuesto	Porcentaje de peso total
Agua	70
Macromoléculas:	
Proteínas	15
Ácidos Nucleicos	7*
Polisacáridos	3
Lípidos	2
Moléculas orgánicas pequeñas	2**
Iones inorgánicas	1

\* Constituido aproximadamente por 1% de ADN y 6% de ARN.

\*\*Incluyen los bloques de construcción para generar macromoléculas y otras moléculas en los procesos de síntesis o degradación

## IONES

**Sodio (Na<sup>+</sup>) y Potasio (K<sup>+</sup>):** están ampliamente distribuidos en los organismos. Están íntimamente relacionados en sus funciones y de su proporción depende el mantenimiento de constantes fisiológicas vitales, tales como la presión osmótica, el equilibrio electrolítico, etc.. Contribuyen a proporcionar el medio iónico apropiado para diversas reacciones enzimáticas, regulan el potencial de membrana e intervienen en la conducción del impulso nervioso y la contracción muscular.

El sodio forma parte de las secreciones digestivas e interviene a nivel intestinal en la absorción activa de numerosos nutrientes. Se halla en el medio extracelular.

El potasio es esencial para el automatismo cardíaco, la actividad de enzimas relacionadas con la síntesis proteica y para evitar la desagregación de los ribosomas. La pérdida de potasio causa hipotonía, hiporreflexia, alteración de la conducción del impulso nervioso y puede llevar a la muerte por paro

cardíaco. El potasio del organismo es sobretodo intracelular a diferencia del sodio que es extracelular.

**Calcio ( $\text{Ca}^{2+}$ ):** el organismo humano adulto contiene entre 850 y 1500 gr. El 99 % está localizado en el tejido óseo formando con el fósforo un complejo llamado hidroxipatita. El 1% restante está en fluidos y tejidos, es el llamado calcio soluble es esencial para regular las funciones fisiológicas como la irritabilidad neuromuscular, el automatismo cardíaco, la contracción muscular, y la coagulación sanguínea.

El calcio que está en los huesos está en equilibrio dinámico con el plasmático mediante un proceso continuo de formación y resorción ósea.

El pico de máxima densidad ósea depende de la ingesta de calcio durante la etapa de crecimiento y condiciona la pérdida posterior, con el consiguiente deterioro de la resistencia y el aumento de riesgo de fracturas (osteoporosis).

**Magnesio ( $\text{Mg}^{2+}$ ):** el magnesio se localiza en el esqueleto y en los tejidos blandos. Es un catión fundamentalmente intracelular, que interviene en más de 300 reacciones enzimáticas relacionadas con el metabolismo energético y proteico como ser la formación de AMP cíclico, transporte a través de membrana, transmisión del código genético, etc. En los vegetales forma parte de la molécula de clorofila. También interviene en la transmisión del impulso nervioso, ayuda a mantener la integridad del sistema nervioso central. Su carencia produce irritación nerviosa, convulsiones y en casos extremos la muerte.

**Hierro ( $\text{Fe}^{2+}$  ;  $\text{Fe}^{3+}$ ):** El hierro es un mineral esencial para el metabolismo energético y oxidativo. Se encuentra en todas las células, estableciéndose dos compartimentos: funcional y de reserva. El funcional comprende al hierro del anillo central del grupo hemo que forma parte de proteínas que intervienen en el transporte y almacenamiento del oxígeno ( hemoglobina y mioglobina), también forma parte de enzimas como los citocromos y las peroxidasas. El de reserva se sitúa en el hígado, bazo, médula ósea , está unido a proteínas( ferritina y hemosiderina). No se encuentra libre en el plasma, sino que circula unido a una proteína , la transferrina.

El hierro es necesario para el normal funcionamiento de los mecanismos de defensa del organismo a nivel celular, humoral y secretorio, por lo tanto su deficiencia produce un aumento a la susceptibilidad a las infecciones. La deficiencia de hierro se caracteriza por astenia, anorexia, fatiga, y deterioro del rendimiento físico.

**Zinc ( $\text{Zn}^{2+}$ ):** Es esencial para la actividad de más de 70 enzimas, ya sea porque forma parte de su molécula o porque lo requieren como cofactor. Se lo relaciona con la utilización de energía, la síntesis de proteínas y la protección oxidativa.

**Cobre ( $\text{Cu}^+$ ;  $\text{Cu}^{2+}$ ):** forma parte de distintas enzimas que intervienen en reacciones oxidativas relacionadas con el metabolismo del hierro, de los aminoácidos precursores de neurotransmisores, Es necesario para la síntesis de elastina, proteína fibrosa de la matriz extracelular.

**Yodo (I<sup>-</sup>):** el 80% se localiza en la glándula tiroides, siendo indispensable para la síntesis de las hormonas tiroides, la tetraiodotironina ( tiroxina- T4 y la triiodotironina (T3). Las hormonas tiroides son esenciales para el desarrollo normal y su deficiencia causa retardo del crecimiento, alteraciones permanentes en el sistema nervioso y disminución del coeficiente intelectual.

**Fosfato (PO<sub>4</sub>)<sup>3-</sup>:** Se encuentra en el tejido óseo, formando la hidroxiapatita.. aproximadamente un 15 % se halla presente en fluidos y tejidos blandos, puesto que todas las células lo contienen como fosfatos orgánicos o inorgánicos. Formando parte de compuestos orgánicos, podemos mencionar a los nucleótidos trifosfatados, fosfolípidos de membrana, ácidos nucleicos etc. Como fosfato inorgánico cumple una función estructural, en el tejido óseo y además se encuentra en los fluidos contribuyendo a mantener la capacidad buffer

**Cloruro (Cl<sup>-</sup>):** es un regulador de la presión osmótica y junto con los protones forma parte del jugo gástrico, producido por las células parietales de las glándulas corpofúndicas de estómago.

**Azufre:** integra diversas moléculas orgánicas como polisacáridos complejos y aminoácidos (cisteína, cistina, metionina, etc).

**Manganeso (Mn<sup>2+</sup>):** actúa activando importantes enzimas. Su carencia afecta el crecimiento del esqueleto, la actividad muscular y la reproducción.

**Flúor (F<sup>-</sup>):** es importante para la formación del hueso y de los dientes. Su exceso tiene efecto desfavorable pues inhibe algunas enzimas. Inhibe el crecimiento y la actividad tiroidea. En intoxicaciones crónicas es frecuente la aparición de bocio.

## AGUA

La química de la vida ocurre en el agua. De hecho, las células contienen entre un 70 a un 90 % de agua, y todas las reacciones que ocurren en el citoplasma de una célula tiene lugar en un medio acuoso. El agua es el solvente biológico ideal. Sin embargo el agua no solo es el medio en el que se desarrollan las reacciones químicas sino que también en muchos casos participa activamente de ellas ya sea como reactivo o producto de una reacción <sup>(1)</sup>. Por todo esto no resulta sorprendente que las propiedades del agua sean un factor clave para comprender la bioquímica.

La molécula de agua consta de dos átomos de hidrógeno y uno de oxígeno, unidos covalentemente. Debido a la diferencia de electronegatividad entre los mismos se crea una distribución asimétrica de cargas lo que llega a la formación de una molécula polar. Como hemos visto anteriormente esa polaridad permite la aparición de los puentes de hidrógeno entre las moléculas de agua.

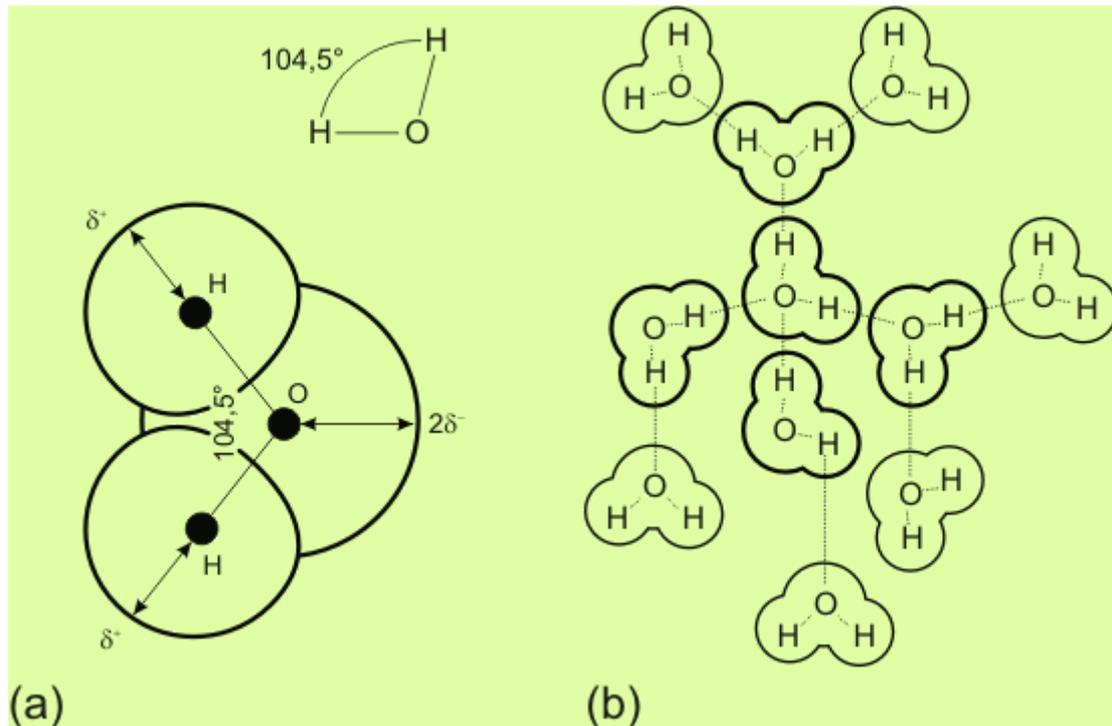


Fig. 2.6 -(a) Estructura de la molécula de agua. (b) Las moléculas de agua en disolución interactúan entre sí a través de los puentes de hidrógeno.

Muchas de las propiedades del agua se explican debido al gran número de puentes de hidrógeno que existen entre sus moléculas. El agua es líquida en un amplio intervalo de temperaturas que va desde los 0 °C a los 100 °C, lo que indica que no solo debemos entregarle calor para que ocurra el cambio de estado sino para poder romper los puentes de hidrógeno. El calor de evaporación del agua es muy superior al de otros líquidos por lo que muchos organismos utilizan esta propiedad para el mantenimiento de la temperatura corporal.

El hielo flota en el agua, es decir que el agua al estado sólido es más liviana que al estado líquido, (debido a que por la acción de los puentes de hidrógeno en el estado sólido se forma una verdadera red cristalina por lo que el agua al congelarse se dilata, disminuyendo así su peso específico). Esta propiedad permite que la capa de hielo que cubre un río o un lago, flote sirviendo entonces como aislante, permitiendo que la vida acuática continúe.

El agua actúa como disolvente para moléculas polares, principalmente para aquellas con las que puede formar puentes de hidrógeno. La alta polaridad del agua favorece también a la célula porque fuerza a las sustancias no polares a agregarse y permanecer juntas, contribuyendo así a la estructura de las membranas. Como veremos más adelante las membranas biológicas están constituidas principalmente por sustancias no polares (lípidos) los cuales se agregan y cumplen una función de barrera selectiva.

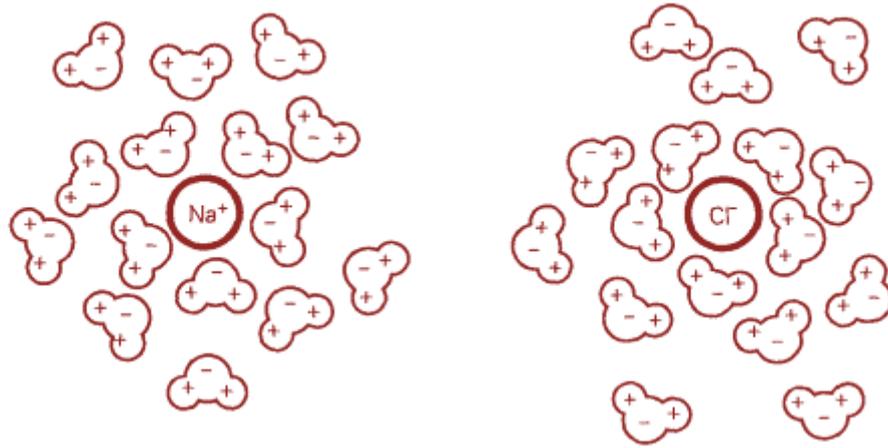


Fig. 2.7- Las moléculas de agua facilitan la separación de los iones en disolución. Cada ion está "recubierto" de moléculas de agua.

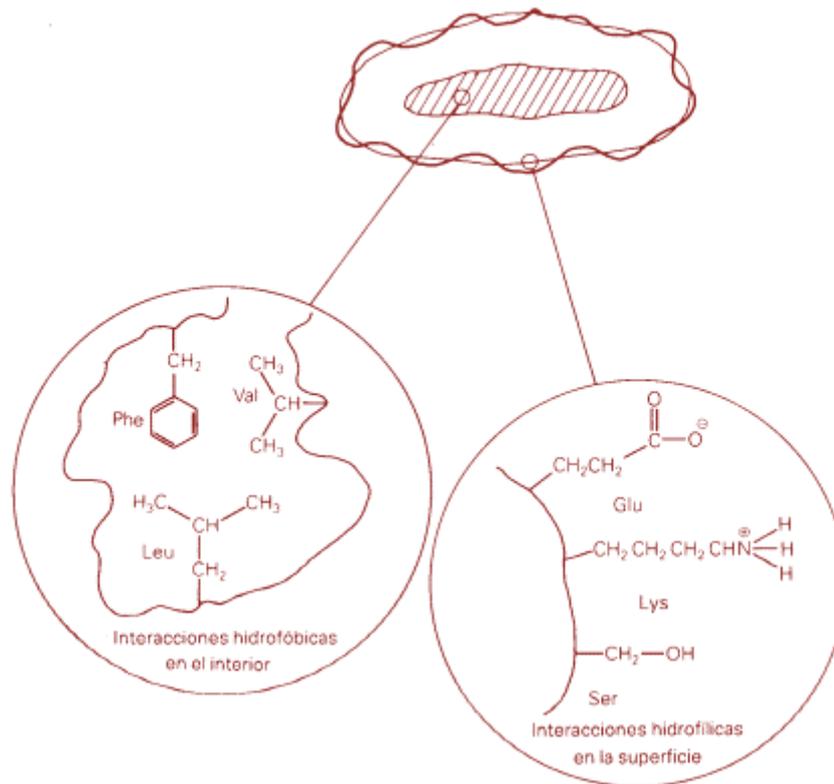
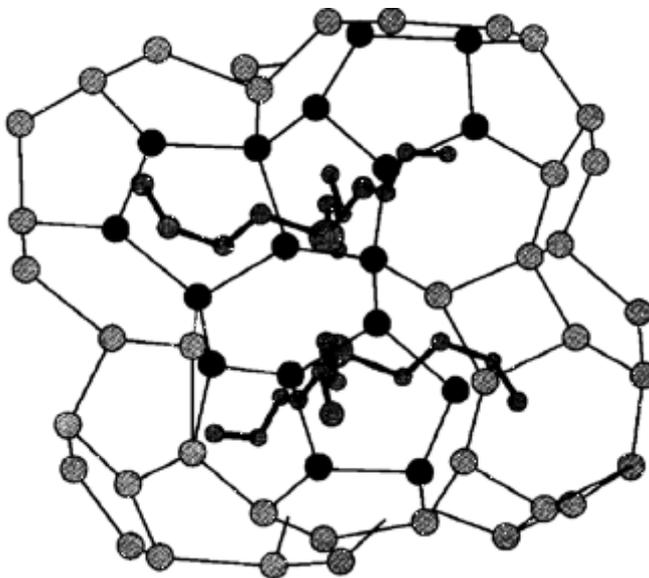


Fig. 2.8- En general las proteínas globulares tienen un interior hidrofóbico y residuos hidrofílicos de aminoácidos en la superficie. que interactúan con el disolvente acuoso que las rodea.

## INFORMACIÓN GENERAL:

PROPIEDADES QUÍMICAS DEL AGUA: moléculas hidrofóbicas y estructuras acuosas

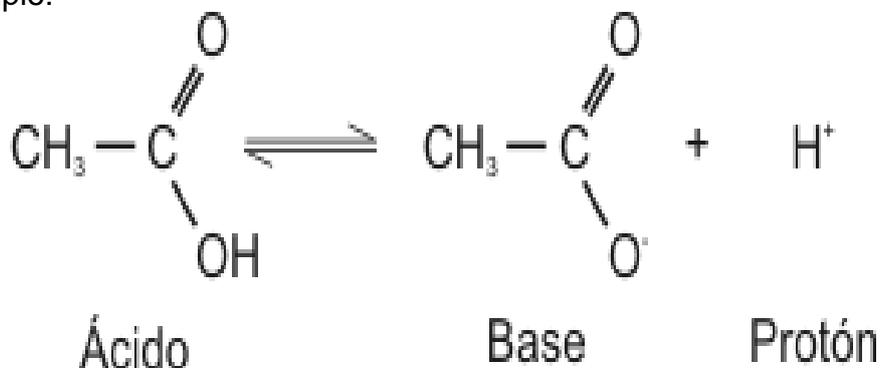


Las moléculas que son no polares y no pueden formar enlaces de hidrógeno (por ej. Hidrocarburos) sólo tienen una limitada solubilidad en agua, y se denominan hidrofóbicas.

Cuando estas moléculas se encuentran con agua, las moléculas de agua se disponen a su alrededor de manera ordenada, como bloques de hielo. Estas estructuras son más ordenadas que el agua libre y por lo tanto generan una disminución de la entropía del medio. En la figura contigua, se muestra estas estructuras (gris) rodeando al hidrocarburo (negro) en el centro.

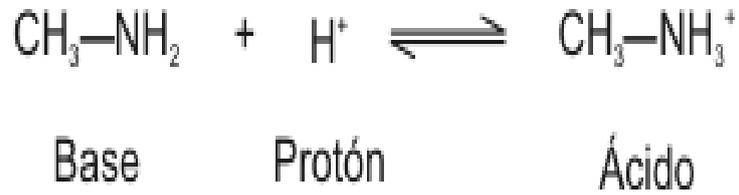
## Ácidos y bases

Un ácido es una molécula que, en solución, cede un ion  $H^+$  (protón).  
Por ejemplo:

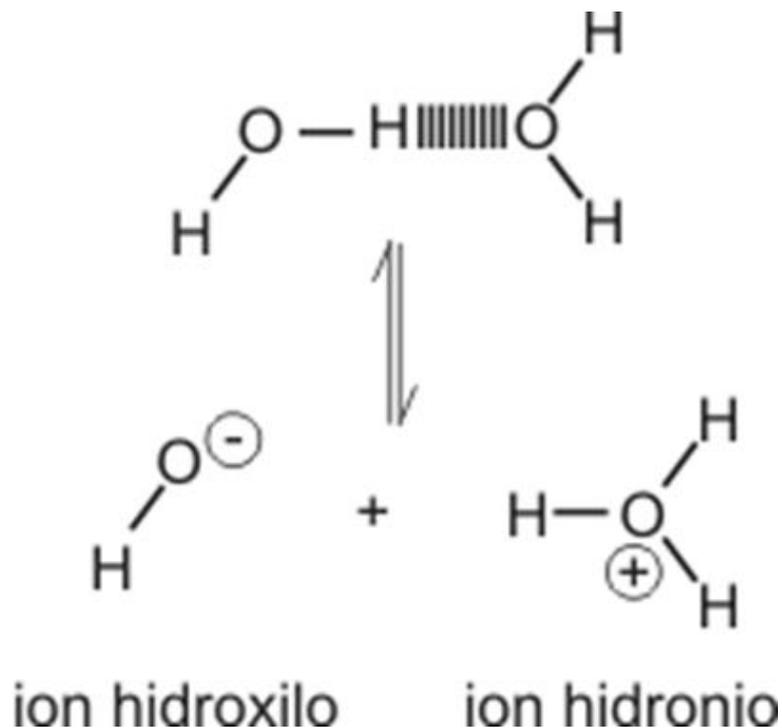


Una Base es una molécula que, en solución, acepta un ion  $H^+$  (protón).

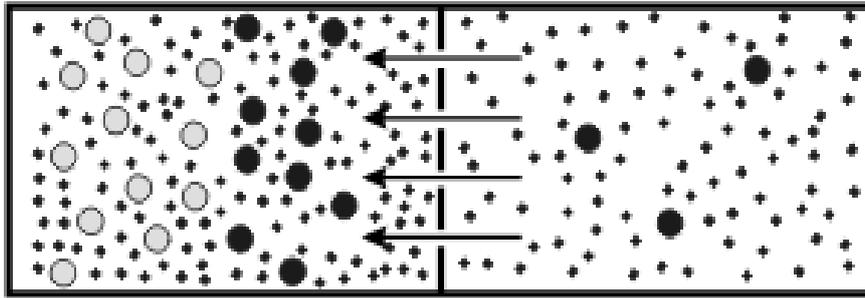
Por ejemplo:



El agua por si misma tiene una débil tendencia a ionizarse, actuando tanto como ácido débil y como base débil. Cuando actúa como **ÁCIDO DÉBIL** libera un protón, generando un ion hidroxilo. Como **BASE DÉBIL** acepta un protón formando ion hidronio. En solución acuosa la mayoría de protones están como iones hidronio.



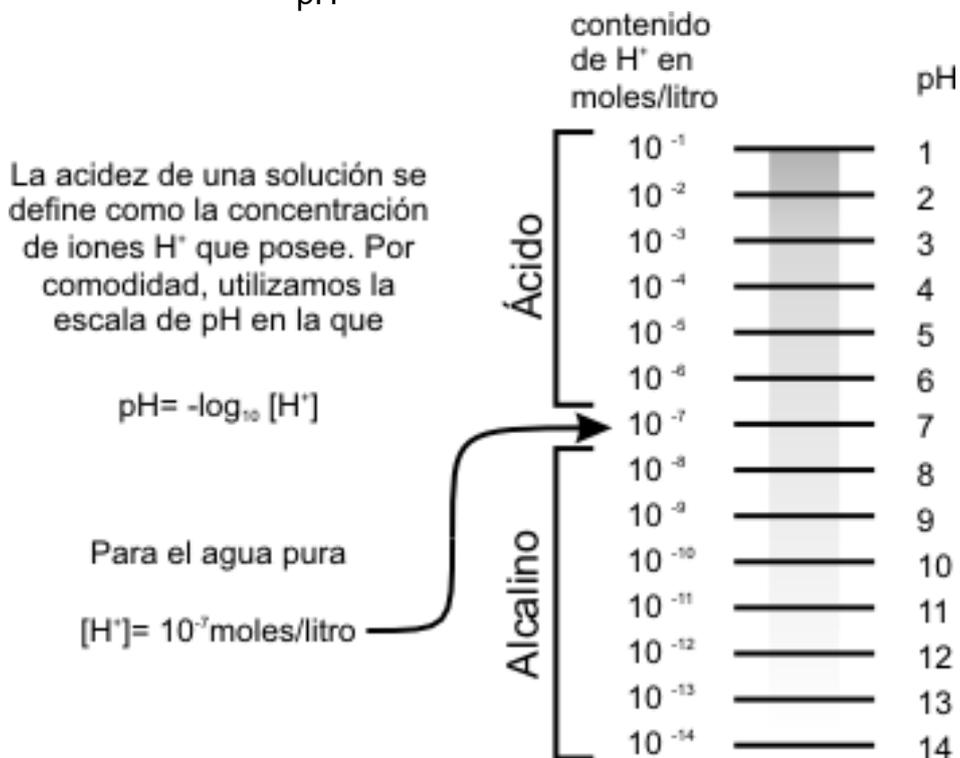
ÓSMOSIS



Si dos soluciones acuosas están separadas por una membrana que únicamente permite el paso de las moléculas de agua, dichas moléculas pasaran hacia la solución que contiene la mayor concentración de moléculas solubles, denominándose a dicho proceso ósmosis.

Este pasaje del agua desde una solución hipotónica a una hipertónica, puede provocar un aumento de la presión hidrostática en el compartimiento hipertónico. Cuando las dos soluciones se equilibran, teniendo concentraciones idénticas de solutos, se dice que son isotónicas.

pH



## MOLECULAS ORGÁNICAS Y MACROMOLÉCULAS

### - EL ÁTOMO DE CARBONO

La química de los compuestos que contienen carbono se denomina química orgánica. Originalmente se la llamaba así porque se creía que solo los organismos vivos podían fabricar o poseer estos compuestos.

Los compuestos orgánicos se basan en el carbono combinado con otros átomos de carbono y con otros elementos como el hidrógeno, el nitrógeno, el azufre, etc. Formando grandes estructuras con distinta complejidad y diversidad, el átomo de carbono puede unirse a otros átomos de carbono formando largas cadenas las cuales pueden ser lineales, ramificadas o bien cíclicas. Se han aislado miles de compuestos de carbono de varios sistemas biológicos, aquí algunos ejemplos:

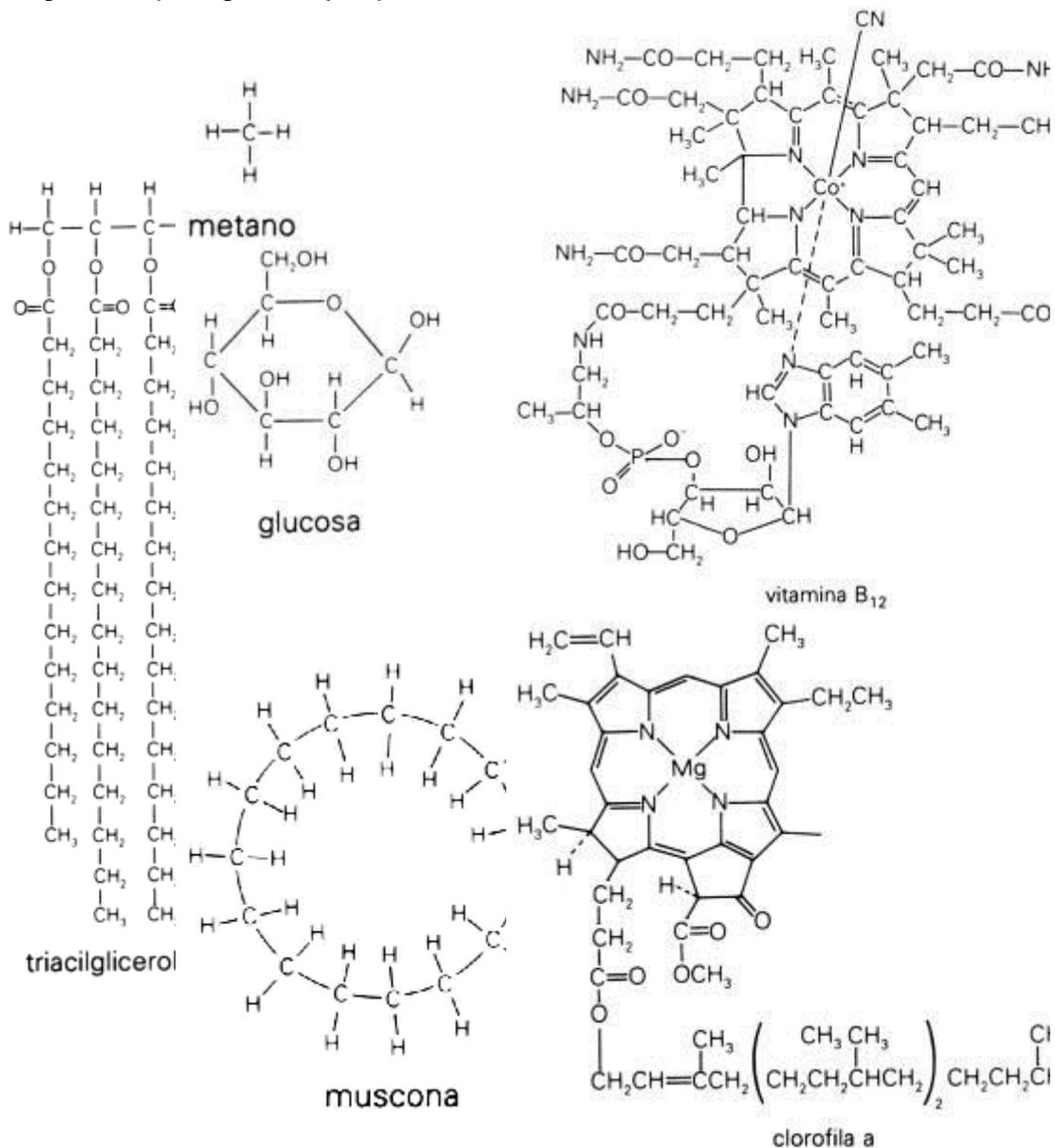


Fig. 2.9 - Los átomos de carbono pueden unirse con otros átomos de carbono y con muchos de

otro tipo para formar una gran variedad de compuestos orgánicos. Las mismas fuerzas que mantienen unido al metano ( $\text{CH}_4$ ) también permiten la formación de moléculas extremadamente complicadas pero estables. En diversas estructuras, como los triacilglicérols predominan las cadenas lineales. En otras, como el azúcar glucosa son anillos. La muscona, el atrayente sexual del venado almizclero del Tibet, también se basa en un anillo de carbonos. Otras moléculas vitales como la clorofila y la vitamina  $\text{B}_{12}$  contienen cadenas, anillos e iones metálicos.

El átomo de carbono tiene seis protones y seis electrones ubicados en dos niveles de energía, en la capa interna encontramos dos y en la más externa cuatro. Dada esta configuración el carbono tiene poca tendencia a ganar o perder electrones, sino que tiende a compartirlos con otros átomos, por lo tanto se forman uniones covalentes. Los electrones que participan de dichas uniones covalentes son los cuatro que se ubican en el nivel exterior y son conocidos como electrones de valencia. Estos cuatro electrones de valencia se ubican hacia los vértices de un tetraedro equilátero, es decir que los ángulos de unión no son en  $90^\circ$  (de lo que resultaría una estructura plana) sino que son superiores a los  $100^\circ$ . Como resultado de esta estructura tetraédrica las moléculas tienen entonces estructuras tridimensionales. Cuando el carbono se une a cuatro átomos distintos, éstos se pueden unir a él de dos maneras distintas.

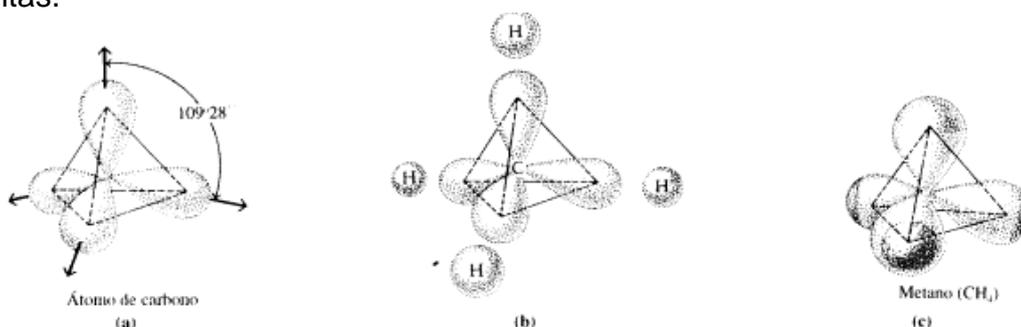


Fig. 2.10 - (a) Cuando un átomo de carbono forma enlaces covalentes con otros cuatro átomos, los electrones de su nivel de energía exterior forman nuevos orbitales. Estos nuevos orbitales, que son todos de la misma configuración, se orientan hacia los cuatro vértices de un tetraedro. Así, los cuatro orbitales se encuentran separados tanto como es posible. (b) Cuando un átomo de carbono reacciona con cuatro átomos de hidrógeno, cada uno de los electrones en su nivel de energía exterior forma un enlace covalente con el único electrón de un átomo de hidrógeno, produciéndose una molécula de metano. (c) Cada par de electrones se mueve en un orbital molecular nuevo. La molécula adopta configuración de un tetraedro.

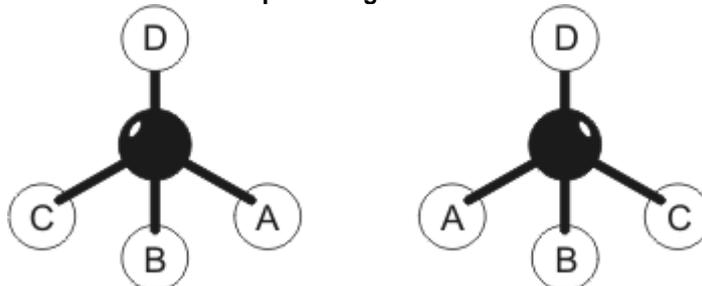


Fig. 2.11 - Como las valencias del carbono están ordenadas en forma tetraédrica, la molécula tridimensional que se muestra puede construirse en dos formas que son imágenes especulares una de la otra. Esto se aplica a cualquier átomo de carbono que tenga cuatro grupos distintos unidos a él.

Aunque las propiedades químicas de estos pares de compuestos son similares, sus propiedades biológicas suelen ser muy distintas. Esto se debe a que el reconocimiento biológico funciona por interacciones entre moléculas que tienen formas complementarias. Generalmente una de las moléculas tendrá actividad

biológica y la otra será totalmente inactiva.

La molécula tridimensional se puede construir en dos formas que son imágenes especulares una de la otra (como observamos en la fig. ) y aunque estos compuestos tengan propiedades físico-químicas muy semejantes, su comportamiento en los seres vivos es bastante diferente. Mientras que uno de los compuestos es aceptado con facilidad por un sistema biológico, el otro puede ser ignorado, o hasta resultar tóxico. Esto se debe a que los sistemas biológicos trabajan reconociendo las formas o las **configuraciones moleculares**, que son las posiciones relativas precisas que los átomos y grupos de átomos guardan entre sí. Esto es de importancia en compuestos tales como monosacáridos y aminoácidos.

### GRUPOS FUNCIONALES

Las propiedades químicas específicas de una molécula orgánica derivan principalmente de los grupos de átomos conocidos como **grupos funcionales**. Estos grupos están unidos al esqueleto de carbono, reemplazando a uno o más de los hidrógenos que estarían presentes en un hidrocarburo. Un grupo -OH (hidroxilo) es un ejemplo de un grupo funcional. Cuando un hidrógeno y un oxígeno se unen covalentemente, un electrón exterior del oxígeno sobra, queda no apareado, puede entonces ser compartido con un electrón exterior que, de modo semejante, quedó disponible en un átomo de carbono, formando así un enlace covalente con el carbono.

Un compuesto con un grupo hidroxilo que reemplaza a uno o más de los hidrógenos de un hidrocarburo, se conoce como alcohol. Así, el metano ( $\text{CH}_4$ ), en el que un átomo de hidrógeno es reemplazado por un grupo hidroxilo, se transforma en metanol o alcohol de madera ( $\text{CH}_3\text{OH}$ ), que es un compuesto de olor agradable, tóxico, notable por su capacidad para causar ceguera y muerte. De modo semejante, el etano se transforma en etanol ( $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$ ), que está presente en todas las bebidas alcohólicas. El glicerol,  $\text{C}_3\text{H}_5(\text{OH})_3$ , contiene, según indica su fórmula, tres átomos de carbono, cinco átomos de hidrógeno y tres grupos hidroxilo.

En la tabla 2.2 se ilustran los grupos funcionales que serán de mayor interés para nosotros en nuestra exploración de los sistemas vivos. Un conocimiento de los grupos funcionales facilita reconocer moléculas particulares y predecir sus propiedades.

Por ejemplo, el grupo carboxilo (CO-OH), mencionado en el capítulo anterior, es un grupo funcional que da a una molécula las propiedades de ácido. Los alcoholes, con sus grupos hidroxilos polares, tienden por ejemplo, a ser solubles en agua, mientras los hidrocarburos como el butano, que tienen solamente grupos funcionales no polares (como los grupos metilo), son altamente insolubles en agua. Los grupos aldehído a menudo están asociados con olores y sabores acres. Las moléculas más pequeñas con grupos aldehído, como el formaldehído, tienen olores desagradables mientras que las más grandes, como aquellas que dan a las vainillas, las manzanas, las cerezas y las almendras sus aromas característicos, tienden a ser agradables para el aparato sensorial humano.

CURSO DE BIOQUIMICA BASICA

Tabla 2.2 - Grupos Funcionales				
Grupo funcional	Fórmula estructura	Clase de compuestos	Ejemplo	Descripción
Hidroxilo	$R-OH$	Alcoholes	$\begin{array}{c} H & H \\   &   \\ H-C & -C-OH \\   &   \\ H & H \end{array}$ Etanol	Compuesto polar porque el oxígeno electronegativo capta electrones de átomos covalentes
Amino	$R-NH_2$	Aminas	$\begin{array}{c} NH_2 & O \\   &    \\ R-C & -C-OH \end{array}$ Aminoácido	Iónico, el grupo amino actúa como base.
Carboxilo	$\begin{array}{c} O \\    \\ R-C-OH \end{array}$	Ácidos carboxílicos (orgánicos)	$\begin{array}{c} NH_2 & O \\   &    \\ R-C & -C-OH \end{array}$ Aminoácido	Iónico, el hidrógeno puede dissociarse como hidrogenión
Estér	$\begin{array}{c} O \\    \\ R-C-O-R \end{array}$	Esteres	$\begin{array}{c} H & O & H \\   &    &   \\ H-C & -C-O- & C-H \\   & &   \\ H & & H \end{array}$ Metilacetato	Relacionado con el grupo carboxilo, pero tiene un grupo en lugar del hidrógeno del hidroxilo; polar
Carbonilo	$\begin{array}{c} O \\    \\ R-C-H \end{array}$	Aldehídos	$\begin{array}{c} O \\    \\ H-C-H \end{array}$ Formaldehído	Carbono de carbonilo enlazado con al menos un átomo de hidrógeno; polar
	$\begin{array}{c} O \\    \\ R-C-R \end{array}$	Cetonas	$\begin{array}{c} H & O & H \\   &    &   \\ H-C & -C- & C-H \\   & &   \\ H & & H \end{array}$ Acetona	Grupo carbonilo enlazado con otros dos átomos de carbono; polar
Metilo	$R-CH_3$	Componente de muchos compuestos orgánicos.	$\begin{array}{c} H \\   \\ H-C-H \\   \\ H \end{array}$ Metano	No polar
Fosfato	$\begin{array}{c} O \\    \\ R-O-P-OH \\   \\ OH \end{array}$	Fosfatos orgánicos	$\begin{array}{c} O \\    \\ HO-P-O-R \\   \\ OH \end{array}$ Ester de fosfato	Forma disociada del ácido fosfórico, el ion fosfato se enlaza en forma covalente, por medio de uno

				de sus átomos de oxígeno, con uno de los átomos de carbono; iónico.
Sulfidrilo	R-SH	Tioles	$  \begin{array}{c}  \text{O} \\  \parallel \\  \text{CH}_2 - \text{CH} - \text{C} - \text{OH} \\    \quad   \\  \text{SH} \quad \text{NH}_2 \\  \text{Cisteína}  \end{array}  $	Ayuda a estabilizar la estructura interna de las proteínas

## MONÓMEROS , POLÍMEROS Y MACROMOLÉCULAS

Los **monómeros** son unidades moleculares sencillas agrupadas de acuerdo a sus propiedades químicas; podemos mencionar a los: monosacáridos, aminoácidos y los nucleótidos. Cuando los monómeros de un mismo grupo se unen entre sí en forma covalente obtenemos un **polímero** que es una molécula de gran tamaño. Los polímeros pueden ser cadenas relativamente sencillas de unidades monoméricas idénticas o pueden ser en extremo complejos. Las cadenas pueden ser ramificadas o sin ramificaciones. Cuando las unidades son idénticas reciben el nombre de **homopolímero**; si las unidades son distintas se denominan **heteropolímero**, pero siempre hablando de unidades diferentes pero dentro de un mismo grupo, por ejemplo aminoácidos distintos, o azúcares distintos, nunca vamos a encontrar un polímero formado simultáneamente por distintos grupos de monómeros.

Los compuestos en los organismos son utilizados de distintas formas, para almacenar o liberar energía, para actuar como catalizadores, para guardar información, para construir estructuras que se requieren, etc. La mayoría de las biomoléculas que utilizan los organismos en su funcionamiento son polímeros.

El término **macromolécula** se usa para designar a moléculas de “ gran tamaño”, sin embargo no define que se entiende por gran tamaño, muchas macromoléculas son polímeros (polisacáridos, ácidos nucleicos, proteínas) pero otros no (esteroides, triglicéridos, etc.)

Se han identificado en los sistemas vivos unos 30.000 compuestos orgánicos diferentes, sin embargo un pequeño grupo de ellas son las que cumplen funciones principales en los organismos.

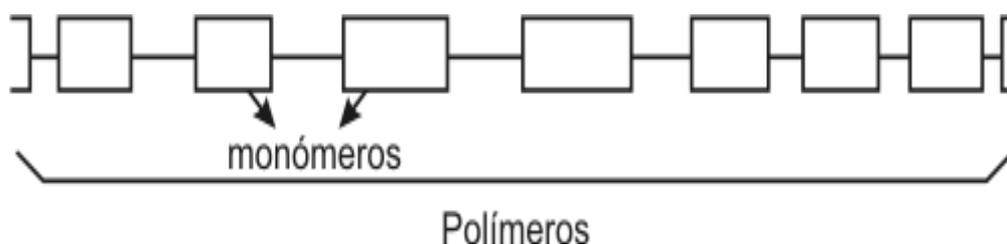


Fig. 2.12 - Esquema de polímero

Existen cuatro grandes grupos de biomoléculas:

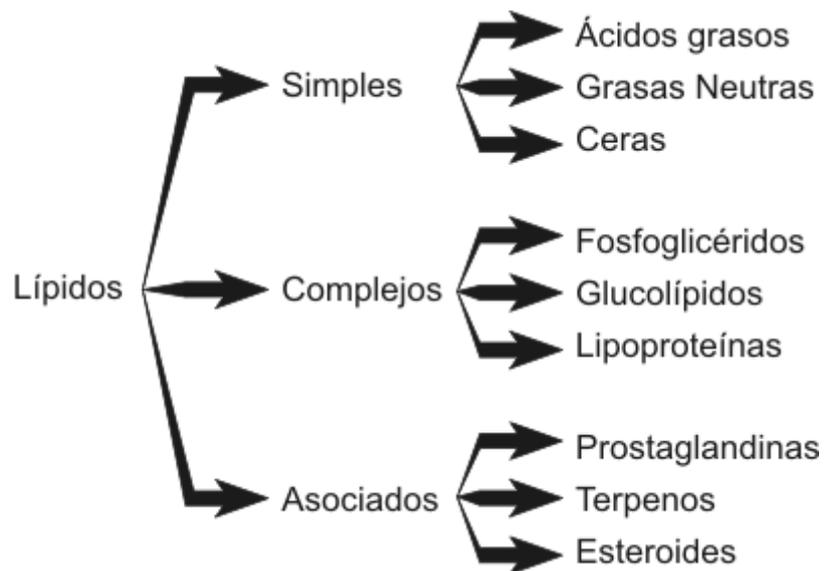
- Lípidos
- Glúcidos
- Proteínas
- Ácidos Nucleicos

## Lípidos

Constituyen un grupo de compuestos muy heterogéneo, cuya única característica común es la insolubilidad en agua y otros solventes polares. Son solubles solamente en solventes no polares como el éter, benceno, cloroformo, etc.

Entre las biomoléculas, los lípidos son los únicos que en general no forman polímeros, aunque algunos pueden considerarse macromoléculas.

Aunque existen otras, una manera sencilla de clasificarlos es la siguiente:



Cuadro 2.2- Clasificación de los Lípidos

## ÁCIDOS GRASOS





como repelen al agua evitan la perdida de calor corporal por efectos de la transpiración

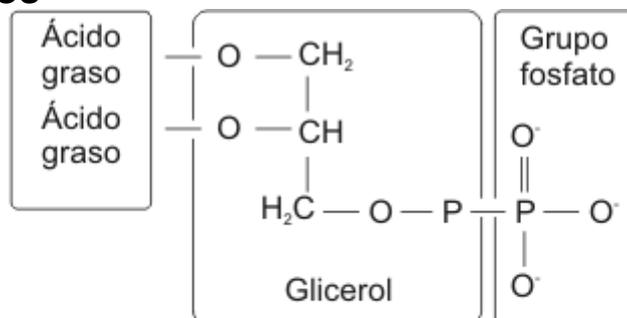
### CERAS

Las ceras son lípidos compuestos por alcoholes y ácidos grasos de alto número de carbonos. También son importantes las ceras que se forman con el colesterol.

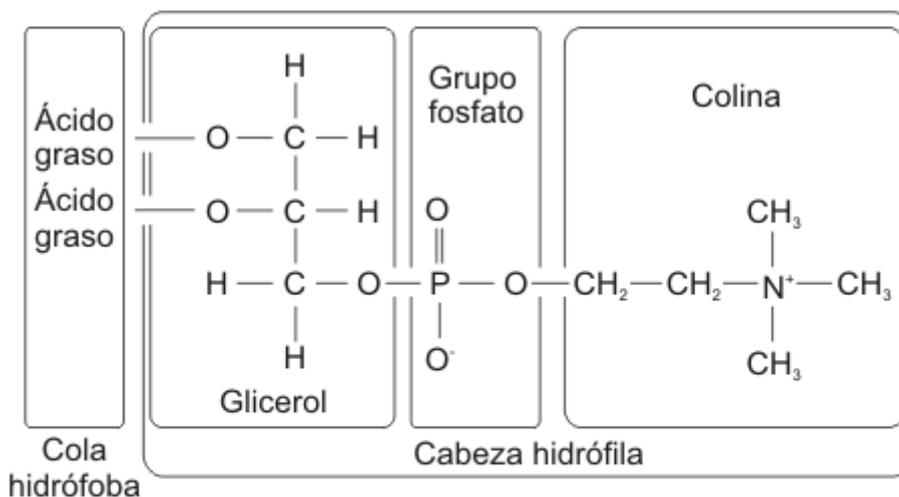
Funciones biológicas

Sirven de cubierta protectora en la piel, pelos, plumas y estructuras delicadas como los oídos de los animales. En las plantas las encontramos recubriendo por ejemplo las hojas y los frutos. Las abejas utilizan ceras con fines estructurales, para fabricar los panales de las colmenas.

### FOSFOGLICÉRIDOS



#### a) Ácido fosfatídico



#### b) Lecitina

Fig. 2.15 - (a) Ácido fosfatídico (b) Lecitina

Son conocidos con el nombre de fosfolípidos. Poseen una molécula de glicerol unida a dos ácidos grasos y un ácido fosfórico. Además el grupo fosfato puede llevar unida una molécula de naturaleza variable a la que llamamos resto (R), por ejemplo un alcohol.

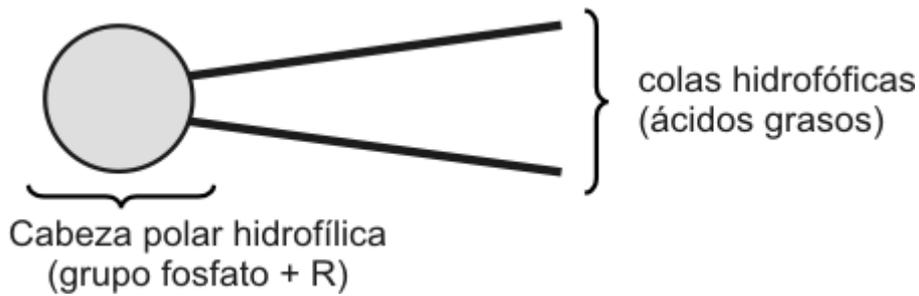


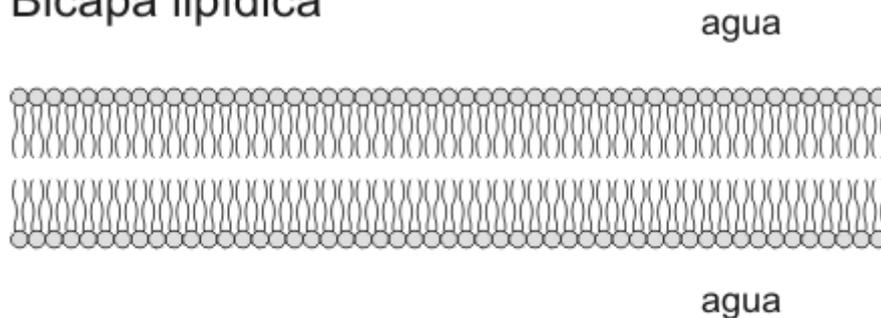
Fig. 2.16 - Esquema de un fosfolípido

Los fosfoglicéridos poseen una cabeza polar o hidrofílica constituida por el ácido fosfórico y el resto (generalmente un alcohol o base nitrogenada) y dos colas no polares o hidrofóbicas que corresponden a las cadenas hidrocarbonadas de los ácidos grasos. Por este motivo se dice que son moléculas *anfipáticas*. En solución acuosa éstas se ordenan formando bicapas.

#### Funciones biológicas

Son componentes principales de las membranas biológicas. Forman parte de la vaina de mielina que recubre a los axones de las células nerviosas.

#### Bicapa lipídica



#### Vesícula fosfolipídica

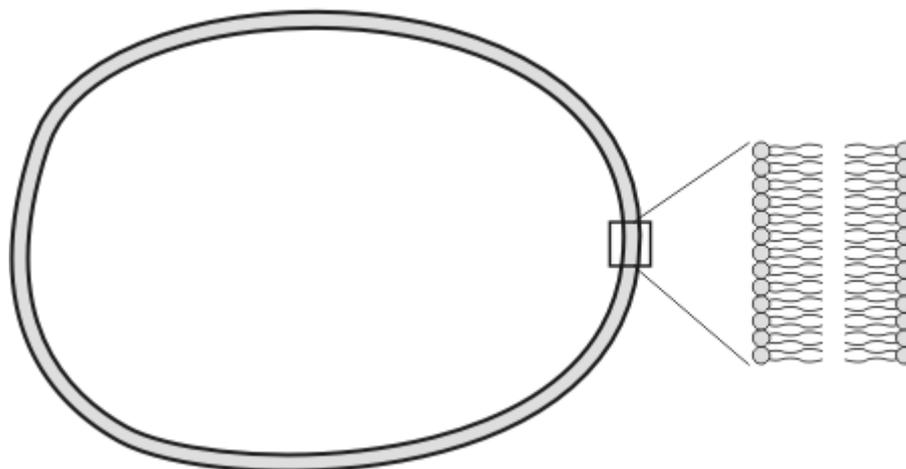


Fig. 2.17 - (a) Bicapa fosfolipídica; (b) Vesícula fosfolipídica

## GLUCOLÍPIDOS Y ESFINGOLÍPIDOS

Estos lípidos están formados por una ceramida, es decir, un ácido graso unido a un alcohol llamado esfingosina por medio de una unión amida.

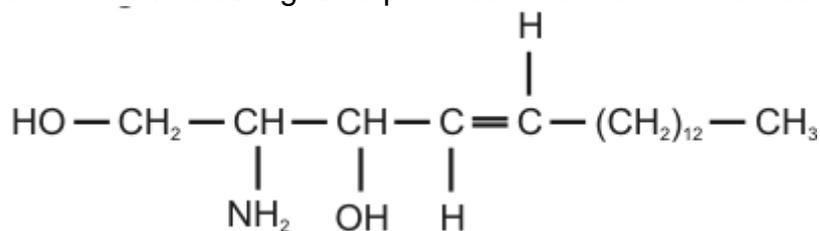


Fig. 2.18 - Fórmula de la Esfingosina

Si además del ácido graso, también lleva unido un grupo fosfato tenemos un esfingofosfolípido.

Si al grupo fosfato se une un alcohol y éste es la colina, obtenemos la esfingomielina.

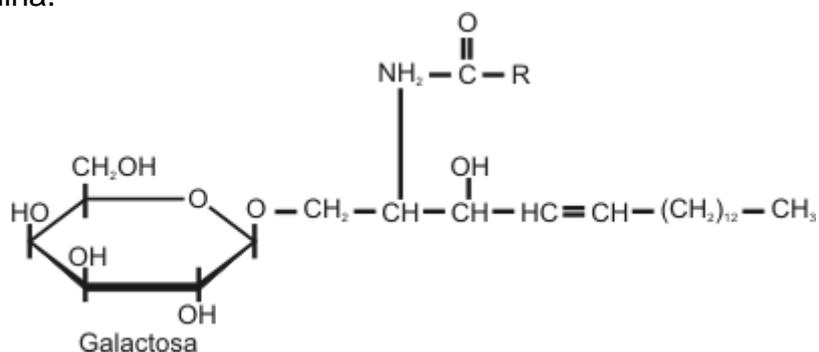


Fig. 2.19 - Cerebrósido

Los glucolípidos están formados por la ceramida unida a un monosacárido u oligosacárido. Los cerebrósidos son los más sencillos, en cambio, otros como los gangliósidos son más complejos porque presentan un oligosacárido ramificado.

### Funciones biológicas

Al igual que los fosfolípidos y el colesterol los glucolípidos son moléculas anfipáticas y junto a éstos forma parte de la estructura básica de las membranas biológicas.

## LIPOPROTEÍNAS

Resultan de la unión de lípidos con proteínas solubles. En éste complejo la proteína ocuparía la parte periférica de modo que puede interactuar con el agua de esta manera circulan los lípidos por el plasma.

De acuerdo al porcentaje relativo de lípidos y proteínas presentes se los clasifica en:

- Lipoproteínas de alta densidad (HDL)
- Lipoproteínas de densidad intermedia (IDL)

- Lipoproteínas de baja densidad (LDL)
- Lipoproteínas de muy baja densidad (VLDL)
- Quilomicrones

Las primeras son ricas en proteínas y son las que producen el recambio de colesterol de los tejidos hacia el hígado. El colesterol que forma parte de estas lipoproteínas es el que se conoce como colesterol “bueno”. Las lipoproteínas de baja y muy baja densidad son ricas en lípidos y son las que transportan el colesterol y los triglicéridos desde el hígado a los tejidos. El colesterol asociado a estas lipoproteínas se conoce como colesterol “malo”, ya que es el responsable de los depósitos grasos que se forman en algunos vasos sanguíneos provocando los llamados ateromas

### PROSTAGLANDINAS

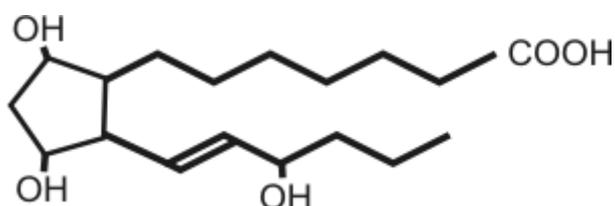


Fig. 2.20 - Prostaglandina (PGF<sub>2</sub>)

Constituyen una familia de derivados de ácidos grasos insaturados de 20 C, como el araquidónico. Tienen una gran variedad de efectos biológicos de naturaleza regulatoria. Por ejemplo: modulan la actividad hormonal y producen la contracción del músculo liso.

### TERPENOS

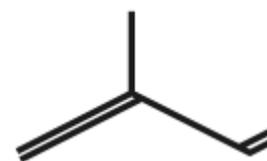
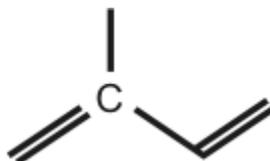
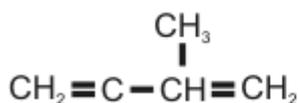


Fig 2.21 – Isopreno

Están constituidos por unidades múltiples del hidrocarburo de cinco átomos de carbono isopreno.

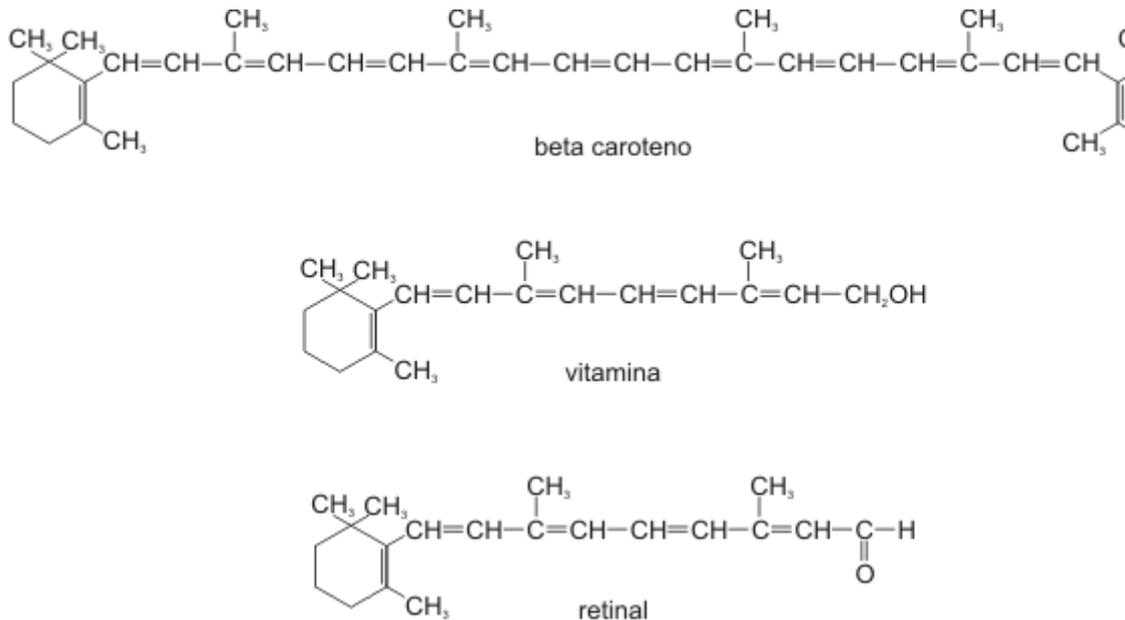


Fig. 2.22 - Ejemplos de Terpenos

Pueden formar moléculas lineales o cíclicas. En los vegetales se han encontrado un número importante de terpenos. Por ejemplo el caucho, el fitol que forma parte de la clorofila, o el b-caroteno precursor de la vitamina A y el retinal, esencial para la visión.

## ESTEROIDES

Están formados básicamente, por un esqueleto carbonado de cuatro ciclos llamado Ciclopentanoperhidrofenantreno, formado a su vez por la repetición de muchos isoprenos.

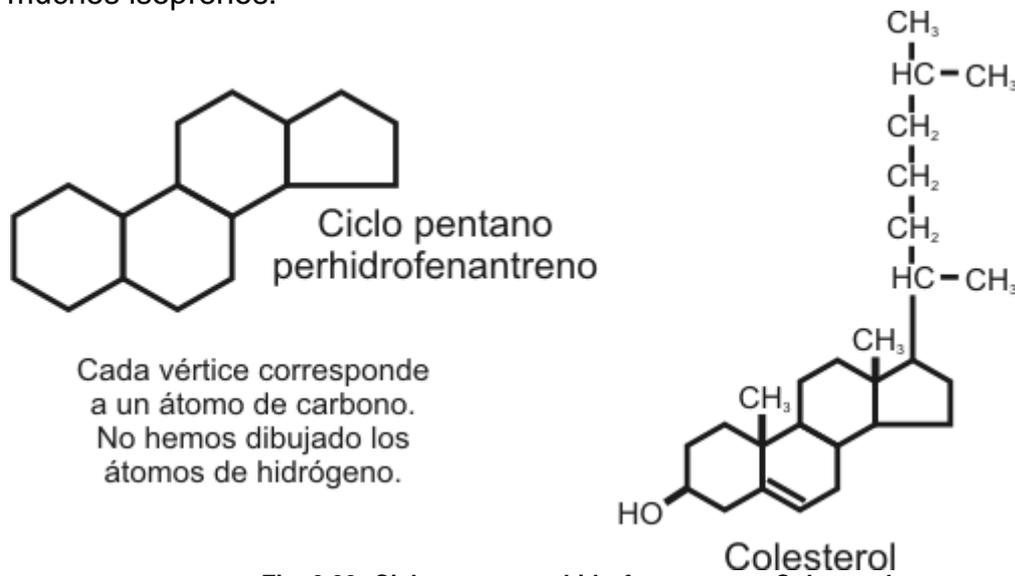


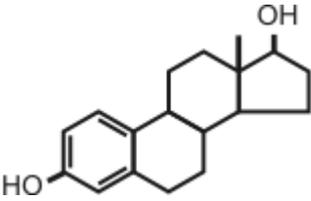
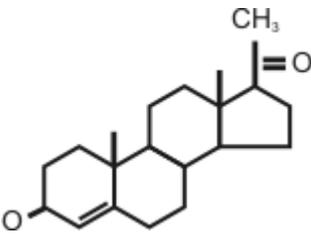
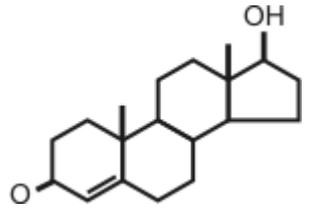
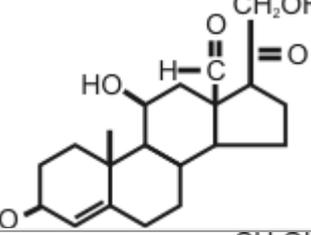
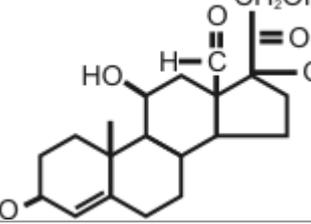
Fig. 2.23- Ciclopentanoperhidrofenantreno y Colesterol

### Funciones biológicas

El esteroide más conocido es el colesterol, presente en las membranas biológicas de todas las células excepto la de las bacterias. Este, a su vez, es precursor de muchos esteroides como las hormonas sexuales (Progesterona,

CURSO DE BIOQUIMICA BASICA

estrógenos, testosterona), las hormonas de la corteza suprarrenal (glucocorticoides, mineralocorticoides), los ácidos biliares y la vitamina A, que son solo algunos ejemplos. Los esteroides desempeñan funciones diferentes de acuerdo a los grupos químicos que están unidos a su estructura básica.

Tabla 2.3 - Principales hormonas esteroideas				
Hormona	Clase	Estructura	Lugar de síntesis	Acción biológica
Estradiol	Estrógeno		ovario	Desarrollo y mantenimiento de las características sexuales femeninas
Progesterona			Cuerpo lúteo, placenta	Prepara al útero para la implantación. Suprime la ovulación durante el embarazo
Testosterona	Andrógeno		Testículo	Desarrollo y mantenimiento de las características sexuales masculinas
Aldosterona	Mineralocorticoide		Corteza suprarrenal	Favorece la absorción de Na <sup>+</sup> en los túbulos renales.
Cortisol	Glucocorticoide		Corteza suprarrenal	Favorece la gluconeogénesis. Suprime la respuesta inflamatoria.

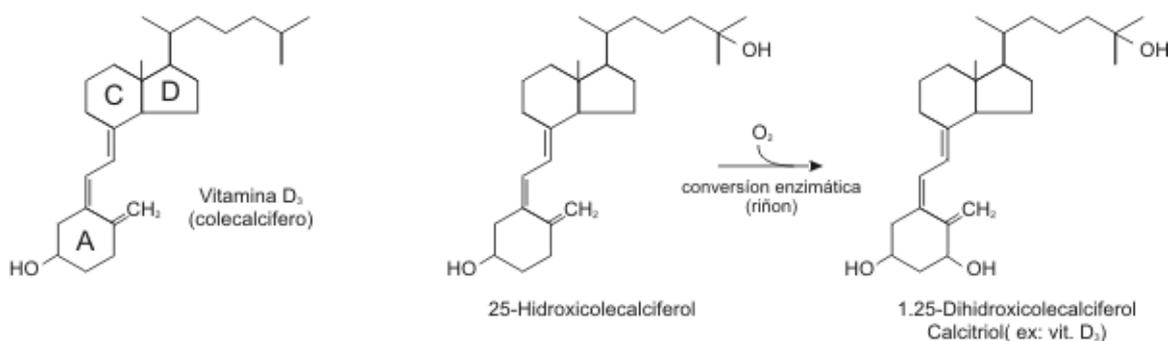


Fig. 2.24 - Principales metabolitos de la vitamina D

La vitamina D (Calcitriol) se considera actualmente como una hormona y no como una vitamina, ya que la vitamina D<sub>3</sub> (colecalfiferol) se produce por irradiación con luz ultravioleta del 7-deshidrocolesterol, el cual es un metabolito normal del colesterol que se encuentra en la piel. La vitamina D que se absorbe de la dieta o que se forma en la piel se hidroxila para dar lugar a 1,25-dihidroxicolecalfiferol en dos pasos, gracias a enzimas específicas del hígado y del riñón. Esta hormona controla el metabolismo del Ca<sup>2+</sup> y del fosfato en tejidos blanco.

## GLÚCIDOS

La mayor fuente de glúcidos, también llamados hidratos de carbono o azúcares, se encuentra en los vegetales, los cuales a través del proceso de fotosíntesis combinan el dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) y el agua (H<sub>2</sub>O) para dar las moléculas hidrocarbonadas que son los glúcidos. Estas moléculas proporcionan a las plantas y a los animales que se alimentan de ellas, la energía necesaria para los procesos metabólicos.

A excepción de la vitamina C, los glúcidos no son esenciales en la dieta, ya que el organismo mediante procesos metabólicos intracelulares puede sintetizar los azúcares necesarios a partir de otras moléculas, como los lípidos y aminoácidos.

## CLASIFICACIÓN

Los glúcidos se clasifican en primer lugar, teniendo en cuenta el número de unidades constitutivas de los mismos en:

- **Monosacáridos:** constituidos por un azúcar simple.
- **Oligosacáridos:** resultantes de la unión de 2 a 10 unidades de monosacáridos.
- **Polisacáridos:** formados por cadenas compuestas de muchas unidades de monosacáridos (más de 10). Estas cadenas pueden ser lineales o ramificadas.

## MONOSACÁRIDOS

Son los monómeros de los glúcidos. Son polialcoholes con una función aldehído o cetona. Según el número de carbonos, un monosacárido será una **triosa** (3C), **tetrosa** (4C), **pentosa** (5C), **hexosa** (6C) o **heptosa** (7C). Además

se les agrega el prefijo ceto o aldo de acuerdo a la función que posean.

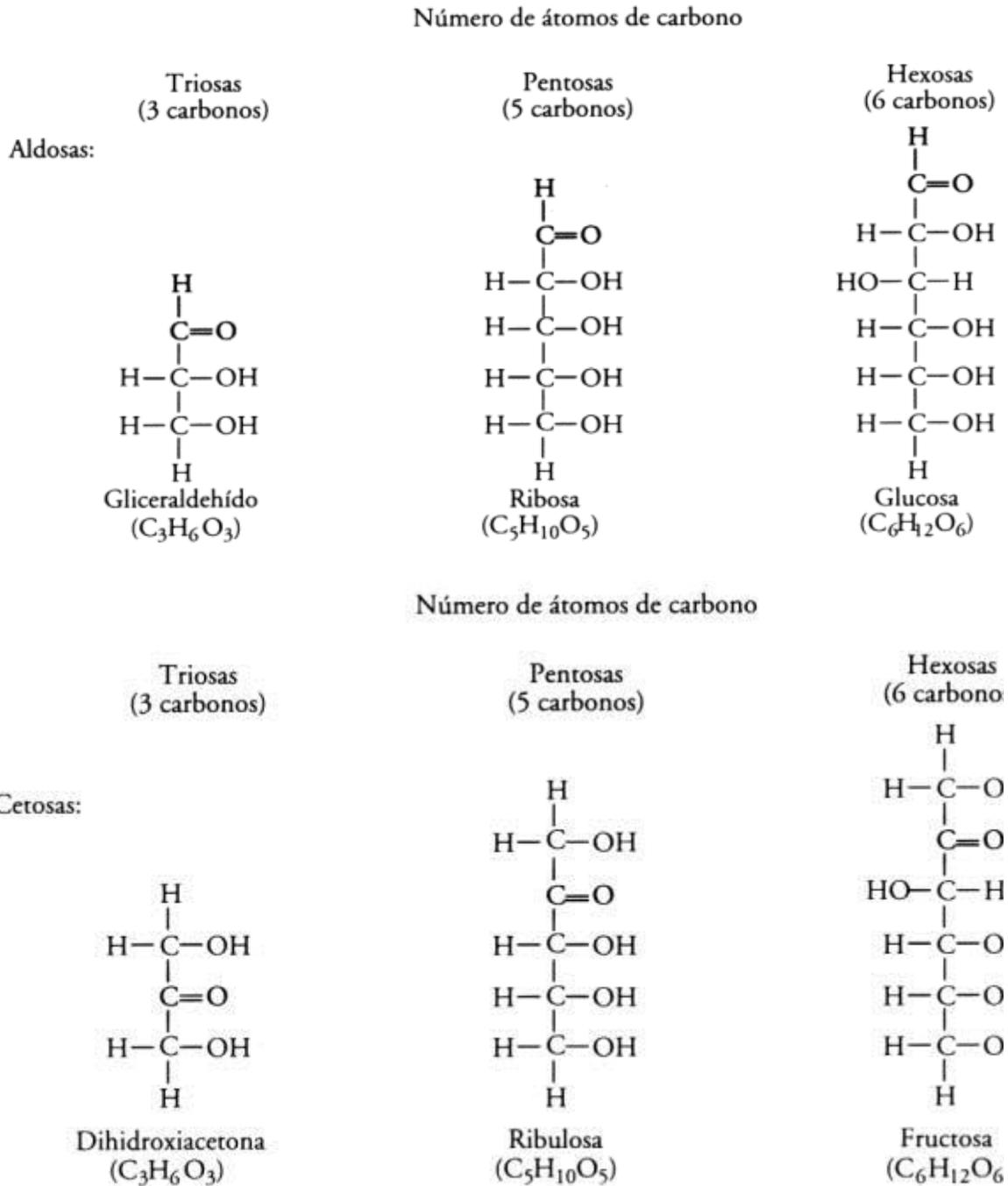


Fig. 2.25 - Ejemplos de Monosacáridos

Las **pentosas** y las **hexosas** suelen formar estructuras **cíclicas**. La formación de estos anillos es espontánea y las formas abiertas y cerradas están en equilibrio.

Al ciclarse el monosacárido, los átomos se reacomodan de tal forma que donde había un grupo aldehído o cetona, aparece un grupo hidroxilo, el cual puede ubicarse por debajo o por encima del plano de la molécula, originando formas a o b, respectivamente.

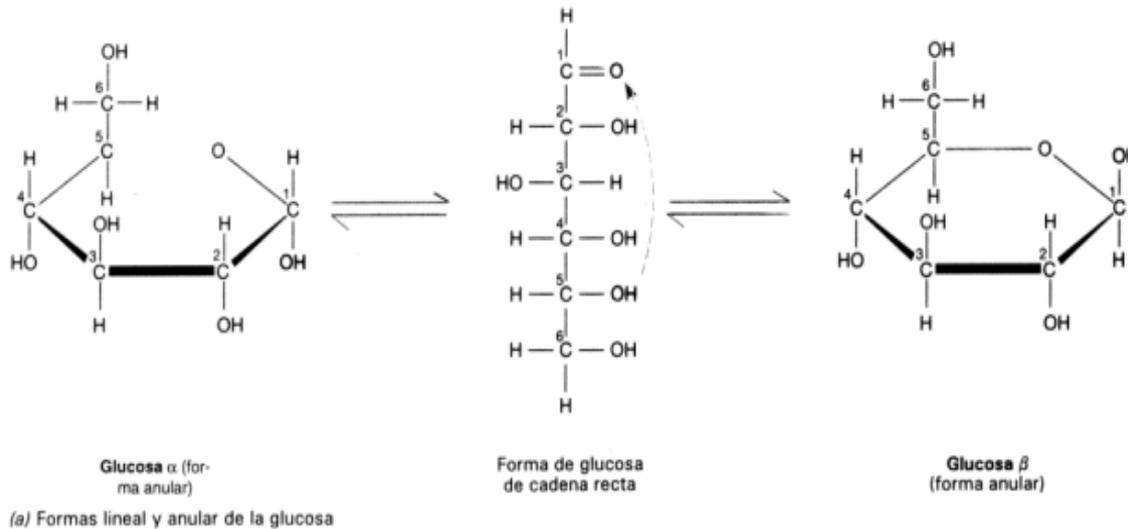


Fig. 2.26 - Isómeros de D-Glucosa. a-D- Glucosa y b-D-Glucosa

Estas son formas isoméricas, sin embargo no son las únicas, ya que como podemos ver, los monosacáridos presentan carbono asimétrico y por lo tanto también poseen isómeros ópticos

#### Funciones biológicas

- ✓ Los monosacáridos, especialmente la glucosa, constituyen la principal fuente de energía celular.

Por ejemplo la oxidación completa de un mol de glucosa produce 673 kilocalorías. También forman parte de moléculas más complejas. Por ejemplo la ribosa y desoxirribosa, componentes de los ácidos nucleicos.

Otros monosacáridos presentan alguno de sus grupos OH sustituidos por otros átomos. Se conocen como azúcares derivados, y en su mayoría son monómeros de heteropolisacáridos que cumplen funciones estructurales.

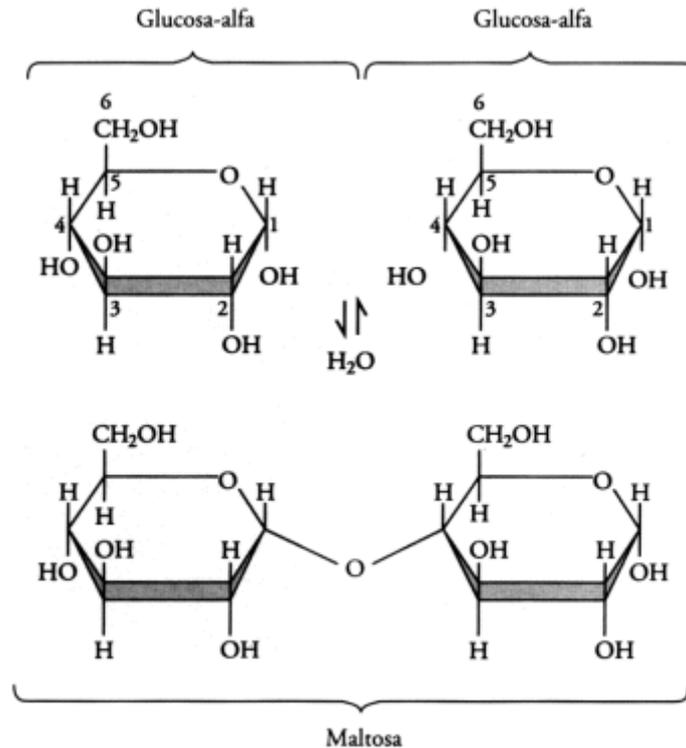


Fig. 2.27- Unión glucosídica: formación de un disacárido

## OLIGOSACÁRIDOS

Se forman por la unión covalente de entre 2 y 10 monosacáridos.

Se los nombra de acuerdo al número de monosacáridos que los constituye, de este modo tenemos: disacáridos, trisacáridos, etc.

De todos ellos los más importantes fisiológicamente son los disacáridos, como la sacarosa o azúcar común formada por la unión de glucosa y fructosa, la lactosa o azúcar de la leche (Galactosa + glucosa), o la maltosa o azúcar de malta formada por la unión de dos glucosas.

Los monosacáridos se unen mediante uniones *glucosídicas*, donde dos átomos de carbono de dos monosacáridos se vinculan por medio de un átomo de oxígeno. En la reacción se libera una molécula de agua.

Funciones biológicas

- ✓ Son formas de transporte en los vegetales y en algunos animales.
- ✓ Forman parte de moléculas más complejas, como las glucoproteínas y glucolípidos.
- ✓ Intervienen en la estructura de la membrana plasmática, participando en el reconocimiento celular.

## POLISACÁRIDOS

Están constituidos por un gran número de monosacáridos unidos mediante enlaces glucosídicos, constituyendo largas cadenas.

Los polisacáridos pueden ser *homopolímeros*, cuando la unidad repetitiva es un

solo tipo de monosacárido o *heteropolímeros*, cuando las unidades repetitivas están constituidas al menos por dos monómeros diferentes. Los polisacáridos más importantes presentes en la naturaleza son el almidón, el glucógeno y la celulosa.

## ALMIDÓN

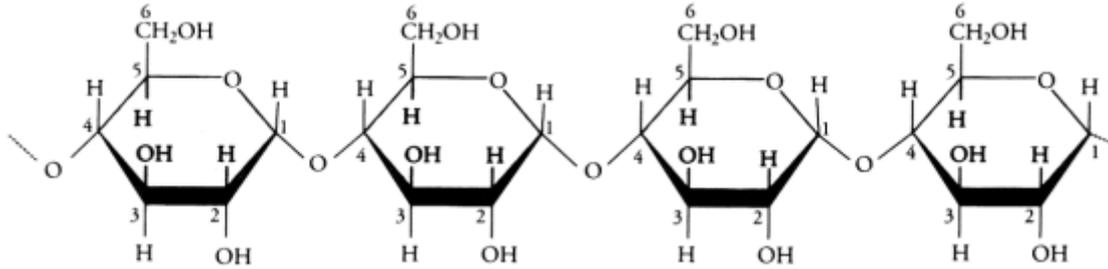


Fig. 2.28 - Amilosa (uniones  $\alpha$ -1,4)

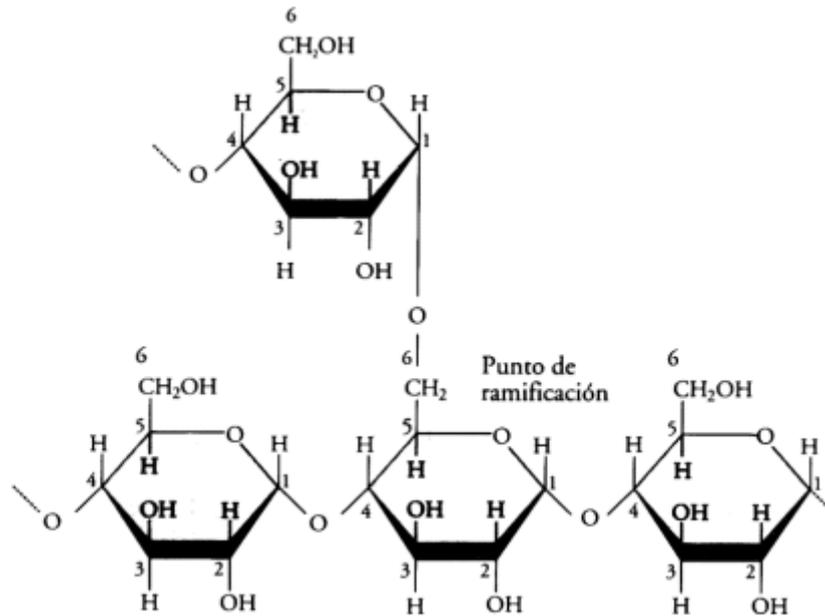


Fig. 2.29 - Amilopectina (uniones  $\alpha$ -1,4 y  $\alpha$ -1,6)

El almidón es una mezcla de dos polisacáridos, la *amilosa* y la *amilopectina*.

La función del almidón es la de ser la principal reserva de energía en las plantas.

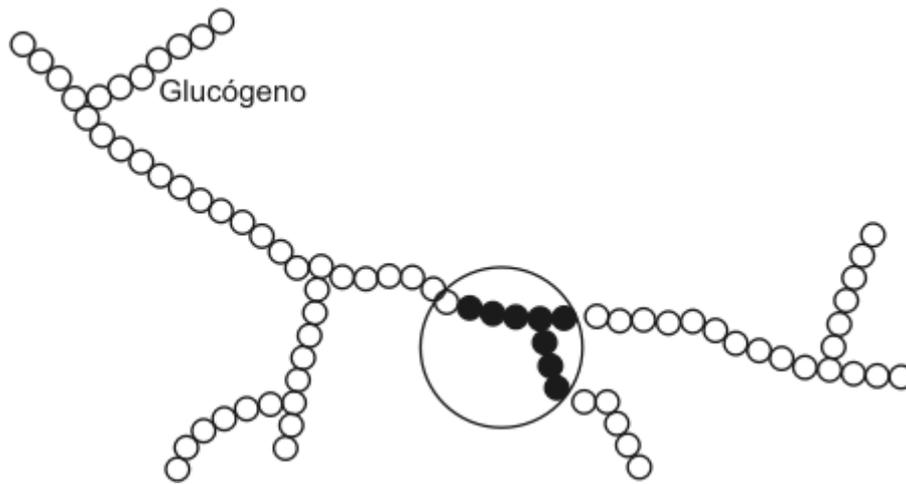


Fig. 2.30 - Representación esquemática del glucógeno

## GLUCÓGENO

Presenta una estructura similar a la de la amilopectina, pero mucho más ramificada (cada 12 a 14 unidades del polímero lineal).

El glucógeno constituye una importante reserva de energía para los animales y se almacena principalmente en el hígado y en los músculos

## CELULOSA

Es el polisacárido estructural más abundante y se lo encuentra formando las paredes celulares de los vegetales. Está constituida por cadenas lineales de  $\beta$ -glucosa.

La característica estructural de del enlace glucosídico  $\beta$  1-4 es que forma una cadena extendida que permite la interacción con otras cadenas paralelas formando puentes de hidrógeno. De este modo se forma una trama en forma de red muy resistente.

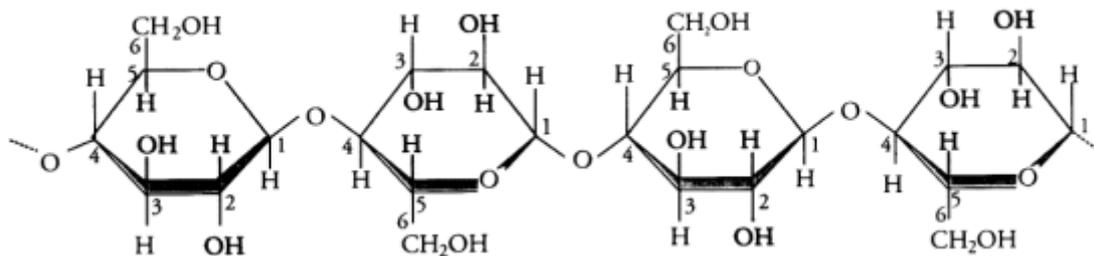


Fig. 2.31- Celulosa

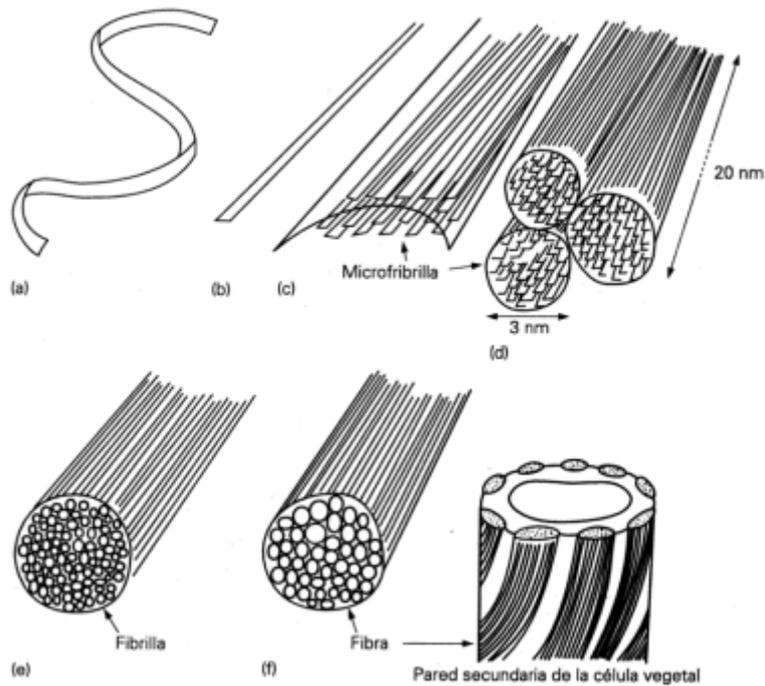


Fig. 2.32 Aspectos de la configuración y estructura de la celulosa.

Tendencia del polímero lineal a extenderse totalmente (a y b) y asociarse después para formar microfibrillas (c) que a su vez se alinean con otras (d y e) para dar lugar a una fibra de celulosa (f). (g) Orientación de las fibras en una capa de pared secundaria. Otras capas de pared secundaria tienen distintas orientaciones. La extensión y asociación de las moléculas de quitina, sigue el mismo patrón.

## OTROS POLISACÁRIDOS

Además de estos polisacáridos, existen otros que también cumplen funciones estructurales importantes, como por ejemplo la mureína de las paredes celulares de bacterias o la quitina del exoesqueleto de los insectos. Esta última es un polímero de N-acetilglucosamina, un azúcar derivado en el que un grupo hidroxilo (-OH) fue sustituido por un grupo amino (-NH<sub>2</sub>).

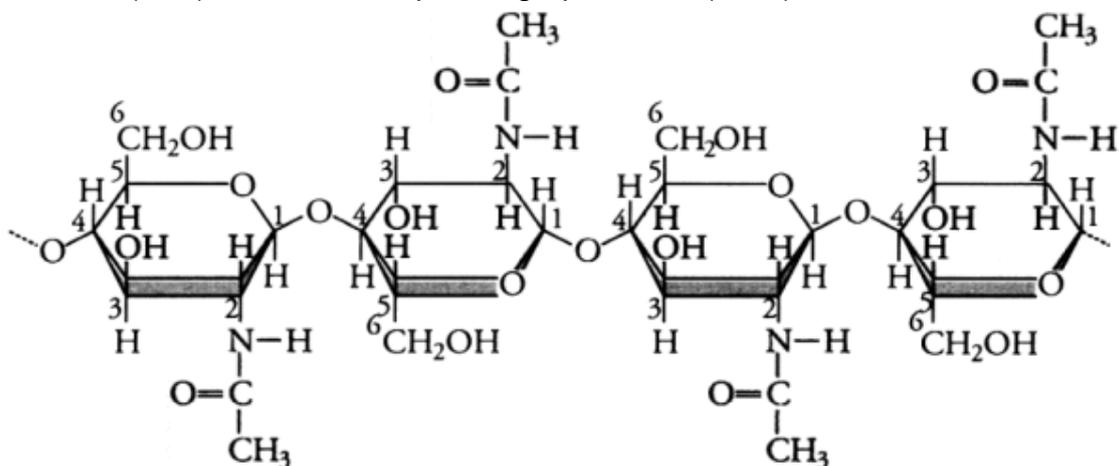


Fig. 2.33- Quitina

Otros polisacáridos como los glicosaminoglicanos (GAG) se encuentran unidos a proteínas constituyendo los proteinglicanos de la matriz extracelular. Los proteoglicanos son responsables del carácter viscoso de la matriz extracelular. Consisten en proteínas (~5%) y cadenas de polisacáridos (~95%), unidos covalentemente a las proteínas. Las cadenas del polisacárido pertenecen a uno de los cinco tipos de **GAG** (glicosaminoglicanos) que forma la mayor parte de los polisacáridos en la matriz extracelular. Estos GAG se forman por la polimerización de unidades de disacáridos. Los disacáridos constituyentes están formados por una molécula de ácido glucurónico y un azúcar derivado como la N-acetil glucosamina o la N-acetilgalactosamina.

El ácido hialurónico (o hialuronato) es el GAG no sulfatado dominante en el tejido conjuntivo. El peso molecular de ácido hialurónico es muy alto (alrededor de 1.000.000), alcanzado una longitud de aproximadamente 2.5  $\mu\text{m}$ , ( ¡ *Estamos hablando de una molécula !* ). El ácido hialurónico es de importancia para el ensamble de otros GAG en los tejidos conjuntivos y óseo, lo que resulta en la formación de una molécula compleja aún de mayor tamaño (Fig. 2.35). Es el componente más abundante del fluido sinovial (el contenido fluido de la cavidad de las juntas sinoviales) y del humor vítreo del ojo.

Los cuatro GAG sulfatados son condroitín sulfato, dermatán sulfato, keratán sulfato y heparán sulfato. Estos GAG se unen a las proteínas formando un eslabón y las proteínas del eslabón se unen al espinazo formado por el ácido hialurónico, formando el proteoglicano (Fig. 2.34).

El peso molecular del complejo resultante es de 30.000.000 a 200.000.000. La distribución enrollado del ácido del hialurónico y de otros GAG unidos llena un espacio más o menos esférico de un diámetro de aproximadamente 0.5  $\mu\text{m}$ . Este espacio se llama "dominio". Los dominios forman la red tridimensional más continua en el espacio extracelular.

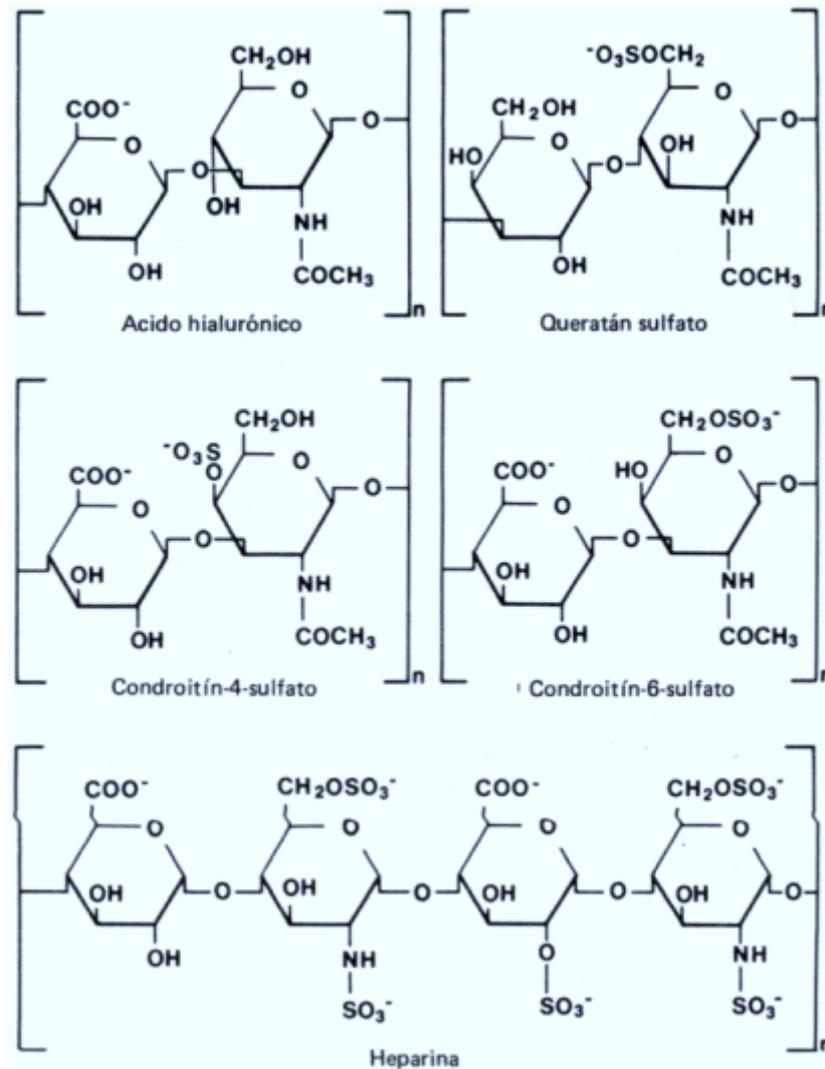


Fig. 2.34 - Composición química de algunos glicosaminoglicanos (GAG)

La trama formada por los dominios actúa como un filtro molecular en los espacios intersticiales. Los glúcidos polianiónicos de los GAG retienen grandes cantidades de agua y cationes. El agua que limita a los dominios forma el medio, por ejemplo, para la difusión de sustancias de peso molecular bajo como gases, iones y moléculas pequeñas que pueden tomar la ruta más corta, desde los capilares a las células. Quedan excluidas, las moléculas grandes que tienen que hallar paso a través de los espacios entre los dominios.

La movilidad restringida de las moléculas más grandes en el espacio extracelular, inhibe el pasaje de microorganismos a través de él. Una bacteria típica (0.5 x 1 μm) se inmoviliza esencialmente en esta trama formada por los dominios. El patogenicidad de una bacteria es de hecho determinada por su habilidad de encontrar la manera de moverse a través del entramado, y algunas de las más invasoras producen hialuronidasa, la enzima que despolimeriza el ácido hialurónico.

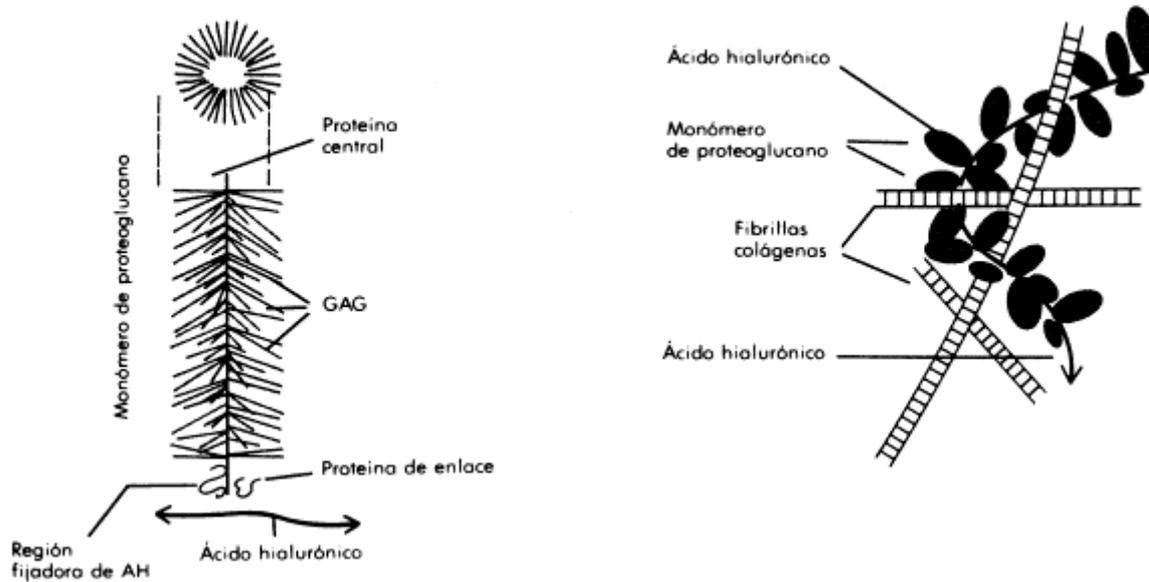


Fig. 2.35 - Monómero de proteoglicano (derecha) . Molécula de ácido hialurónico (AH) formando un conglomerado lineal con múltiples monómeros de proteoglicano (elipses negras) entretejida en una malla de fibras colágenas.(izquierda)

### CUESTIONARIO

1. ¿Cuáles son los elementos más abundantes en los seres vivos?
2. Describa brevemente la estructura de un átomo.
3. ¿Cuál es la importancia del átomo del carbono?
4. ¿Qué tipos de uniones químicas conoce? Mencione ejemplos de importancia biológica.
5. ¿Qué características del agua son consecuencia de la formación de puentes de hidrógeno entre sus moléculas.
6. Mencione tres iones de importancia biológica, describiendo sus funciones.
7. ¿Cuál es la diferencia estructural entre la amilosa y la amilopectina? ¿Cuál es la diferencia entre amilopectina y el glucógeno?
8. ¿Qué entiende por unión glucosídica?
9. ¿Qué es un oligosacárido de membrana? ¿Qué función cumple? ¿Cuál es su importancia?
10. Desde el punto de vista energético ¿Cuál es la diferencia entre glucosa y el almidón?
11. Si una persona consume una dieta rica en hidratos de carbono con más calorías que las que necesita, los hidratos de carbono se transforman en triglicéridos. ¿Por qué? ¿cuáles son las ventajas de este mecanismo?
12. La molécula de colesterol ¿es antipática?
13. ¿Qué lípidos son importantes como constituyente de las membranas? ¿Qué característica en común presentan ? (realice un esquema)
14. ¿Qué molécula esteroide es la precursora de las hormonas sexuales?
15. Mencione un lípido con función estructural, uno con función de reserva y otro con función hormonal.

**PREGUNTAS DE OPCIÓN MULTIPLE**

1. Las uniones puente de hidrógeno:
  - a. Son un tipo de unión iónica.
  - b. Se dan solo entre las moléculas de agua.
  - c. Se establecen cuando se crean polaridades momentáneas.
  - d. El hidrógeno comparte sus electrones con elementos electropositivos.
  - e. ninguna es correcta.
2. Un isótopo es:
  - a. Un átomo con distinta cantidad de protones y neutrones.
  - b. Un átomo con igual cantidad de protones que neutrones.
  - c. Un átomo con igual cantidad de protones y electrones.
  - d. Un átomo con igual cantidad de protones pero distinta cantidad de neutrones.
  - e. Un átomo con más electrones que protones.
3. La molécula de agua se caracteriza por:
  - a. Formar puente de hidrógeno entre sus moléculas.
  - b. Formar puentes de hidrógeno con moléculas no polares.
  - c. Alto punto de fusión
  - d. A y b son correctas.
  - e. A y c son correctas.
4. La glucosa:
  - a. es una hexosa.
  - b. es el monómero que constituye la molécula de almidón.
  - c. es el monómero que constituye todos los polisacáridos
  - d. a y b son correctas.
  - e. todos son correctas.
5. La estructura y función del glucógeno y la celulosa son respectivamente:
  - a. lineal con función estructural en ambos casos.
  - b. ramificadas con función estructural en ambos casos.
  - c. lineal con función energética y ramificada con función estructural.
  - d. ramificada con función energética y ramificada con función estructural.
  - e. ramificada con función energética y lineal con función estructural.
6. Un mucopolisacárido:
  - a. forma parte de la matriz del tejido conectivo
  - b. está formado por azúcares derivados
  - c. es un heteropolisacárido
  - d. todas son correctas.
  - e. ninguna es correcta.
7. La unión glucosídica ocurre entre:
  - a. dos grupos aldehídos.
  - b. dos grupos cetonas.
  - c. un grupo aldehído y un grupo hidróxilo.
  - d. un grupo cetona y un hidróxilo.
  - e. dos grupos hidróxilos.
8. Las esfingomielinas:
  - a. son anfipáticas
  - b. están formadas por glicerol, ácidos grasos y ácido fosfórico
  - c. presentan una unión de tipo amida ácido graso y glicerol
  - d. constituyen una reserva energética
  - e. posee una estructura isoprenoide

9. El calcitriol interviene:
- en el ciclo de la visión
  - en la coagulación sanguínea
  - en el metabolismo del calcio
  - en los procesos de oxidación de los lípidos de membrana
  - ninguna es correcta
10. Las sales biliares:
- poseen un núcleo ceramida
  - derivan del colesterol
  - son consideradas hormonas
  - a y b son correctas
  - b y c son correctas
11. Los ácidos grasos son:
- solubles en agua
  - combustibles celulares
  - los monómeros que forman la molécula de colesterol
  - son de cadena corta
  - todas son correctas.
12. Indique la opción en la cual los tres ítems tienen distinto nivel de organización :
- Glucosa aminoácido, ácido graso.
  - Bacteria , célula del estómago, ameba
  - Calcio , nucleótido, ribosoma
  - Proteína , ARN , celulosa
- 13.- los viroides son :
- agentes patógenos de un solo tipo
  - células con ADN circular o lineal
  - partículas proteicas transmisibles
  - complejos macromoleculares de ADN y proteínas
- 14.- las siguientes biomoléculas se desnaturalizan por acción del calor :
- lípidos y ADN
  - ADN y monosacáridos
  - proteínas y ADN
  - monómeros en general.
- 15.- las siguientes biomoléculas se sintetizan a partir de unidades repetitivas llamadas monómeros:
- celulosa, glucógeno y quitina
  - almidón triglicéridos y proteínas
  - glucógeno ac. Grasos y proteínas
  - quitina , proteínas y bases nitrogenadas.
- 16.- el colesterol:
- Es una molécula hidrosoluble
  - Esta presente en animales y vegetales
  - Tiene función energética
  - Es precursor de hormonas
- 17.- así se denomina al transporte en que una permeasa conduce un único soluto de un lado a otro de la membrana :
- Simporte
  - Uniporte
  - Antiporte

- d) Co-transporte
- 18.- al colocar globulos rojos en una solución hipertónica
- a) Habrá flujo neto del agua hacia el interior celular
  - b) Habrá flujo neto de agua hacia el exterior celular
  - c) No habrá movimiento de agua
  - d) Ingresara agua mediante pinocitosis
- 19.- las células incorporan lipoproteínas utilizando :
- a) Fagocitosis
  - b) Exocitosis
  - c) Transporte activo
  - d) Endocitosis mediada por receptor.
- 20.- los filamentos intermedios del citoesqueleto son :}
- a) Caracteristicos de fnciones dinámicas
  - b) Proteínas globulares que polimerizan
  - c) Proteínas fibrilares solubles en el citosol
  - d) Caracteristicos de funciones estructurales y de sostén
- 21.- las chaperonas sirven para ;
- a) Etiquetar las proteínas que serán degradadas
  - b) Promover el plegamiento de las proteínas
  - c) Eliminar ribosomas del REG
  - d) Activar las enzimas del aparato de Golgi
- 22.-

## AUTOEVALUACIÓN