

**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL LITORAL**  
Secretaría Académica  
Dirección de Articulación, Ingreso y Permanencia  
Año 2015



---

# **Biología**

## Conceptos básicos

## Unidad 2. La química de la vida

Ana María Gagneten / Alba Imhof / María del Rocío Marini / Juan Marcelo Zabala / Pablo Tomas / Patricia Amavet / Laura Ravera / Nora Ojea

---

A pesar de la sorprendente diversidad que podemos observar a nuestro alrededor, incluyéndonos a nosotros mismos, también presentamos una gran uniformidad, ya que todos los seres vivos estamos constituidos por los mismos átomos y moléculas que las cosas inanimadas, y obedecemos a las leyes de la física y de la química. Por supuesto que los seres vivos poseemos propiedades particulares, que están dadas por la composición y la estructura química de las sustancias que nos componen, y que nos diferencian de lo que no tiene vida.

Todos los seres vivos somos conjuntos de elementos. Los elementos a su vez están formados por átomos, que son las unidades más pequeñas de la materia que aún conservan las propiedades de ese elemento. Vale decir, podemos romper un pedazo de aluminio en trozos cada vez más pequeños y el menor que logremos obtener, aunque sea un solo átomo solitario, sigue siendo el elemento aluminio.

En la Tierra hay 92 elementos naturales, que encontramos enumerados en la tabla periódica de los elementos. Los seres vivos no están constituidos por todos ellos; sólo algunos forman parte de la enorme complejidad de los seres vivos, incluyendo también a los más simples seres unicelulares. Seis de estos elementos constituyen aproximadamente el 99 % del peso de cualquier ser vivo: *oxígeno (O)*, *carbono (C)*, *hidrógeno (H)*, *nitrógeno (N)*, *fósforo (P)* y *azufre (S)*.

**R** Recordemos que..

---

*un elemento es una forma fundamental de la materia que tiene masa y que ocupa espacio.*

---

Teniendo en cuenta la concentración relativa en los seres vivos, a estos elementos podemos clasificarlos en: *macroelementos* o constituyentes principales, *microelementos* y *elementos traza*.

Como su nombre lo indica, los *macroelementos* son los más abundantes en cualquier ser vivo y son componentes universales de las sustancias inorgánicas y orgánicas de importancia biológica. Ellos son: carbono (C), hidrógeno (H), oxígeno (O) y nitrógeno (N), conocidos por la sigla CHON.

Los *microelementos* son aquellos necesarios en menor concentración que los anteriores, entre un 0,05 y un 1 % del peso total. Como veremos luego, también cumplen importantes funciones dentro de los organismos vivos. Entre ellos ubicamos: fósforo (P), azufre (S), sodio (Na), potasio (K), cloro (Cl), calcio (Ca) y magnesio (Mg).

Los *elementos traza*, también llamados oligoelementos, son necesarios en concentraciones bajísimas, menores al 0,01 %, pero no por eso son menos importantes. Entre ellos están: hierro (Fe), cobre (Cu), manganeso (Mn), zinc (Zn), molibdeno (Mo) y otros presentes sólo en algunos seres vivos, como el boro (B) en vegetales. La falta de estos elementos trazas da origen a serias enfermedades, como por ejemplo la anemia, que puede producirse en humanos y animales por falta de hierro o de cobre.

### 2.1. Formación de moléculas: tipos de enlaces químicos

Todos los átomos de los elementos que acabamos de mencionar se combinan entre sí para formar moléculas. Estas combinaciones se producen a través de enlaces químicos, que mantienen unidos a los elementos entre sí.

La fuerza de un enlace químico se mide como la energía que se necesita para romperlo. A su vez, nos da idea de la energía liberada en el proceso.

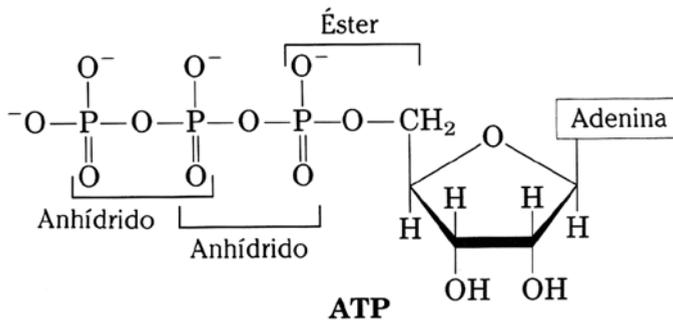


Figura 1. Estructura química del ATP, la moneda energética de las células. Los tres enlaces entre los fosforos retienen gran cantidad de energía que se libera al romperse cada uno de estos.

Los enlaces pueden ser débiles o fuertes. Los *enlaces débiles* son importantes en la interacción de los elementos para formar moléculas y también en la interacción de moléculas entre sí. Si bien al considerarlas individualmente resultan interacciones débiles, fáciles de romper, en conjunto presentan una fuerza suficientemente importante como para participar en las uniones entre moléculas. Dentro de los enlaces de este tipo podemos considerar:

- las *interacciones hidrofóbicas*, generadas por fuerzas de repulsión entre las moléculas. Este tipo de enlace es muy importante en la formación de las membranas biológicas;

- los *enlaces puentes de hidrógeno*, interacciones entre átomos electropositivos y electronegativos, por atracción de cargas opuestas. Son importantes en la interacción de moléculas polares, como luego veremos en la molécula de agua (ver Figura 2, 3 y 5). Estos enlaces se pueden formar entre dos moléculas o entre dos partes de la misma molécula;

- *enlaces iónicos*, ocurren entre átomos eléctricamente cargados llamados iones. Aportan la fuerza que mantiene unida, por ejemplo, a los iones sodio, cargados positivamente ( $\text{Na}^+$ ) y a los iones cloruro, cargados negativamente ( $\text{Cl}^-$ ) en la molécula de sal común, el cloruro de sodio ( $\text{ClNa}$ ). Estos enlaces son muy fuertes en ausencia de agua. Si agregamos sal a un recipiente con agua, ésta se disuelve en el agua, porque los iones sodio y cloruro interaccionan con los del agua, y ya no se observan como cristales de sal común (ver Figura 5);

- *las fuerzas de van der Waals*, enlaces débiles que se generan entre átomos ubicados a corta distancia, y que se deben a sus cargas eléctricas fluctuantes. Estas fuerzas se conocen como atracciones de van der Waals. Sin embargo, si los átomos se acercan demasiado entre sí, las fuerzas de atracción se transforman en fuerzas de repulsión.

Por último, los *enlaces fuertes* son los responsables de la mayoría de las uniones entre átomos que forman moléculas, e incluyen:

- *enlaces covalentes*, formados por pares de electrones (pueden ser uno, dos o tres pares) que se comparten entre los átomos que constituyen las moléculas. Este tipo de enlace es muy importante en la formación de moléculas orgánicas, que están constituidas principalmente por átomos de carbono, un macroelemento que es la base estructural de los seres vivos, precisamente porque puede formar enlaces covalentes con otros cuatro átomos de carbono o con otros, como el hidrógeno, oxígeno, nitrógeno, etc. Así, gracias a los enlaces covalentes entre átomos de carbono se forman largas cadenas carbonadas, que constituyen el “esqueleto principal” de la mayoría de los compuestos orgánicos, como veremos a continuación.

## 2.2. Moléculas inorgánicas y orgánicas

Teniendo en cuenta principalmente los elementos que constituyen las moléculas y la complejidad estructural de las mismas, podemos clasificarlas en inorgánicas y orgánicas.

Las *moléculas o compuestos inorgánicos* son simples, de pequeño tamaño, tales como el agua, las sales y los ácidos y bases simples.

Las *moléculas o compuestos orgánicos* son todas aquellas que poseen el elemento carbono (C) en su constitución; en general son grandes, formadas por varios átomos de carbono, como los hidratos de carbono, los lípidos, las proteínas y los ácidos nucleicos. Es importante considerar que el dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ) es la excepción a esta regla, ya que es una molécula inorgánica, simple, que posee carbono.

Empezaremos a considerar las moléculas inorgánicas.

### 2.2.1. El agua

La más abundante de las moléculas que componen a los seres vivos es el agua, constituyendo entre el 50 y el 95 % del peso de cualquier sistema vivo.

El agua ha sido desde los remotos comienzos del origen de la vida, un participante muy activo en la compleja actividad química de la cual surgieron los compuestos orgánicos iniciales y, más adelante, los primeros organismos.

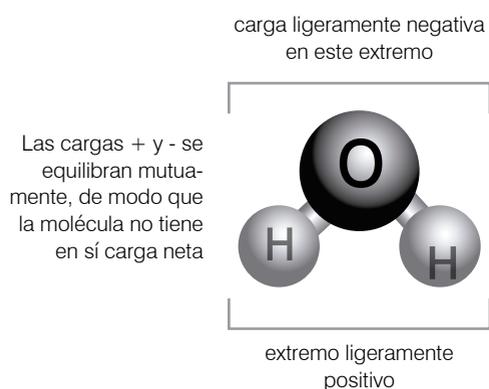
El agua desempeña una serie de funciones en los sistemas vivos. La mayor parte de los demás productos químicos existentes están disueltos en ella y, necesitan un medio acuoso para reaccionar uno con otro. Disuelve los productos de desecho del metabolismo y ayuda a su eliminación de la célula y del organismo. Además, tiene gran capacidad térmica; o sea una gran capacidad para absorber calor con cambios muy pequeños de su propia temperatura. Esta habilidad del agua para absorber calor permite a los seres vivos eliminar el exceso de calor evaporando agua.

Cumple la función indispensable de lubricante, y se encuentra siempre donde un órgano se desliza contra otro, formando parte de los líquidos corporales. En las articulaciones, por ejemplo, se encuentra agua formando parte del líquido sinovial, donde un hueso se mueve sobre otro.

El hecho de que sea el componente más abundante de la materia viva no parece resultado de la casualidad. Lo que ocurre es que sus singulares propiedades le han permitido intervenir en múltiples papeles en el organismo. Veamos cuáles son esas propiedades desde el punto de vista químico.

#### *La estructura molecular del agua*

El agua es una sustancia más compleja de lo que podría suponerse observando su fórmula elemental: dos átomos de hidrógeno unidos a un átomo de oxígeno (H – O – H). Entre éstos se establecen enlaces covalentes simples, donde el átomo de



oxígeno comparte un par de electrones con cada uno de los átomos de hidrógeno. Pero sucede que el átomo de oxígeno, que posee más masa, ejerce mayor atracción sobre los electrones de los enlaces que los de hidrógeno, y esto genera una distribución de electrones asimétrica. Los electrones de los pares compartidos permanecen más tiempo cerca del oxígeno que de cada átomo de hidrógeno. Como resultado, el oxígeno presenta una carga parcial negativa (-) y los hidrógenos tienen cargas parciales positivas (+). Por eso, aunque la molécula de agua

Figura 2. Estructura molecular del agua (Fuente: Starr-Taggart, 2004).

no posee carga neta (tiene la misma cantidad de protones que de electrones), es un dipolo eléctrico ya que presenta distribución desigual de cargas (ver figuras 2 y 3).

El agua es una molécula dipolar. Presenta zonas de carga positiva y negativa, pero la carga neta es cero (Fuente: Starr-Taggart, 2004).

Cuando dos moléculas de agua se aproximan mucho se origina una atracción electrostática entre las cargas parciales opuestas de los átomos de las moléculas vecinas. Como consecuencia de ello, se establece un enlace débil entre el oxígeno de una molécula de agua y el hidrógeno de otra formando un enlace llamado puente de hidrógeno. Debido a la disposición espacial de las moléculas de agua, cada una de ellas puede establecer puentes de hidrógeno con otras cuatro.

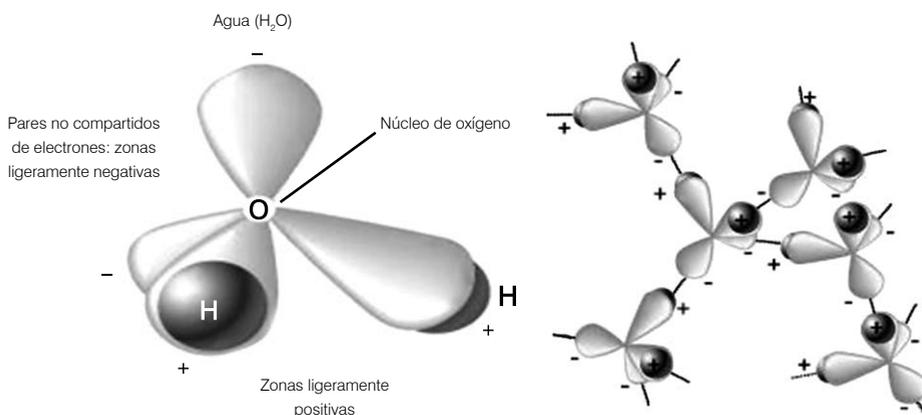


Figura 3. A la izquierda, la molécula de agua representada según el modelo atómico orbital que muestra las zonas de la molécula ligeramente positivas y ligeramente negativas. A la derecha, la formación de puentes de hidrógeno entre las moléculas de agua (Fuente: Curtis y Barnes, 2000).

Seguramente ya conoces algunas de las propiedades del agua, como por ejemplo que es inodora, incolora e insípida, y su fórmula química.

*Veamos ahora otras propiedades importantes.*

Recordemos que la fuerte atracción entre las moléculas debida a los puentes de hidrógeno es responsable de algunas de las propiedades más características del agua, como las siguientes:

Sus puntos de fusión y de ebullición son más altos que los correspondientes a compuestos semejantes. Esto determina que, a temperaturas moderadas, se mantenga como un sistema líquido (propiedad que, entre las sustancias inorgánicas, solo comparte con el mercurio), que es el más adecuado para el desarrollo de muchas reacciones químicas.

*Su calor de vaporización es alto*, lo cual indica que debe aportarse gran cantidad de calor para evaporar una cierta masa de agua. Debido a esto, la evaporación tiene efectos refrigerantes, y es por eso que la sudoración de los seres vivos en un día muy caluroso permite eliminar calor corporal. Tengamos en cuenta que el sudor contiene un 99% de agua.

También es *alto su calor específico*, es decir que es necesario entregar una gran cantidad de calor para que 1g de agua eleve 1 °C su temperatura. El calor específico del agua es mucho mayor que el de otros materiales de la biosfera, como las rocas o el aire.

El calor de vaporización y el calor específico altos de la molécula de agua requieren que se entregue una gran cantidad de calor para que la temperatura del agua suba, y la extracción de una gran cantidad para que la misma baje. Estas importantes propiedades permiten que los medios acuáticos puedan mantener una temperatura relativamente constante, lo que evita que los organismos que viven en los océanos o en los grandes lagos de agua dulce sean expuestos a bruscas variaciones de temperatura. También permite al agua comportarse como buen amortiguador de la temperatura de un organismo, disminuyendo los efectos de los cambios de temperatura del medio externo. Este mantenimiento de la temperatura es de suma importancia para la vida porque las reacciones químicas de importancia biológica sólo tienen lugar dentro de estrechos límites de temperatura.

El agua tiene también una *gran cohesión interna*, es decir, capacidad para resistir a la ruptura cuando se coloca bajo tensión. Si pensamos en un lago, los numerosísimos puentes de hidrógeno que están formados ejercen una atracción continua hacia el interior sobre las moléculas de agua que se encuentran en o cerca de la superficie. Estos puentes también provocan una *elevada tensión superficial*, que opone cierta resistencia a la penetración y se comporta como una película elástica. El ejemplo que nos permite evidenciar éstas propiedades es el de los insectos voladores que aterrizan sobre el agua y flotan sobre ella.

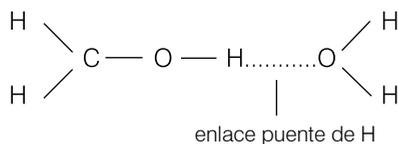
Consideremos ahora lo que ocurre durante la congelación. Por debajo de 0 °C los puentes de hidrógeno resisten a la ruptura y unen las moléculas de agua en un enrejado abierto, que es la estructura que posee el hielo. Al ser menos denso que el agua, el hielo flota en ella. En invierno, cuando el agua de los lagos, estanques y arroyos se congela, sólo lo hace en la superficie, formando una placa de hielo, y esto aísla el agua líquida que se encuentra por debajo, protegiendo de la congelación a los peces, ranas y otros organismos acuáticos.

#### *¿Por qué el agua disuelve sustancias diversas?*

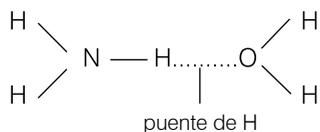
El agua puede disolver sustancias diferentes en mayor grado que cualquier otro disolvente. Esta notable capacidad se debe a dos propiedades:

- la tendencia a formar puentes de hidrógeno con otras sustancias, no solamente con otras moléculas de agua. Puede formar puentes de hidrógeno con grupos alcohol, amino, carbonilo (ver Figura 4) de otros compuestos. Las sustancias que presentan grupos químicos como los mencionados se disuelven con mayor facilidad en el agua.

Grupo alcohol:



Grupo amino:



Grupo carbonilo:

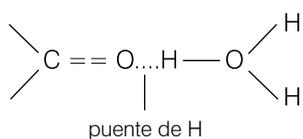


Figura 4. Formación de puentes de hidrógeno entre el agua y otros grupos químicos.

- como ya dijimos, la presencia del agua disminuye la atracción entre iones de carga opuesta. Gracias a esto, el agua es un buen disolvente de sales inorgánicas, como el ejemplo que ya vimos de la sal común. Esto ocurre porque las moléculas dipolares del agua se ordenan alrededor de los cationes  $\text{Na}^+$  y alrededor de los aniones  $\text{Cl}^-$  formando una nube de hidratación que los estabiliza y permite su disolución.

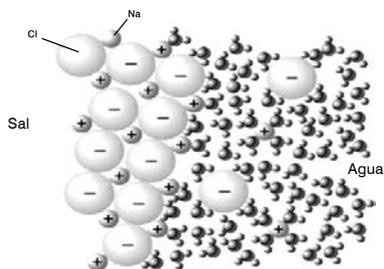


Figura 5. Acción disolvente del agua (Fuente: Curtis y Barnes, 2000).

### Actividad

Lee los siguientes ejemplos extraídos del texto de Biología de Curtis y Barnes (2000) y relaciona cada uno con alguna de las propiedades del agua:

1. Si observamos el agua que gotea de una canilla, cada gota se adhiere al borde y permanece suspendida por un momento, unida por un hilo de agua; cuando la fuerza de gravedad la desprende, su superficie exterior entra en tensión, formándose una esfera al caer la gota.

Si colocamos lentamente una aguja o una hoja de afeitar de plano sobre la superficie del agua de un vaso, aunque el metal es más denso que el agua, flotará. Si observamos un estanque en primavera o verano, podremos ver insectos caminando sobre su superficie, como si ésta fuera sólida ¿Qué propiedad puedes reconocer en estos ejemplos?

2. ¿Por qué cuando realizamos un ejercicio intenso que nos hace transpirar perdemos calor?

---

### 2.2.2. Las sales minerales

Tanto el líquido que hay dentro de las células como el que hay entre ellas en organismos pluricelulares, contiene una variedad de sales minerales, que desempeñan importantes funciones. Cuando estas sales se disuelven en los líquidos corporales, se disocian en iones, átomos que poseen carga eléctrica por pérdida o ganancia de uno o más electrones. Los iones de carga positiva son llamados cationes, y entre los más importantes se encuentran el sodio, potasio, calcio y magnesio. Los iones de carga negativa son llamados aniones, y entre los más representativos se distinguen el cloruro, bicarbonato, fosfato y sulfato.

Las sales minerales desempeñan importantes funciones en procesos tales como la contracción de los músculos o la transmisión de los estímulos nerviosos. Los aniones y cationes disueltos hacen que el grado de salinidad y el pH del medio interno sean constantes, y estabilicen las soluciones coloidales

En condiciones normales la concentración de las diversas sales se conserva muy constante; cualquier desviación importante de ésta ejerce efectos intensos sobre las funciones celulares, incluso la muerte. A modo de ejemplo, las células que por falta de energía no pueden bombear el sodio desde el interior al medio extracelular, van a hincharse por acumulación de agua y finalmente, si no obtienen energía para bombear el sodio al exterior celular, mueren. De este modo, las sales minerales tienen importancia para conservar las relaciones osmóticas entre la célula y el medio que la rodea.

A veces las sales minerales se encuentran en estado sólido y aparecen en la estructura de las partes duras de un organismo vivo, como los huesos de los vertebrados y las valvas de los moluscos.

### 2.2.3. Aparece el carbono... Los compuestos orgánicos

La importancia del carbono para la vida surge de su capacidad para formar enlaces covalentes con hasta cuatro átomos, incluso con otros átomos de carbono forman-

do largas cadenas carbonadas. Estos enlaces son relativamente estables y pueden ser simples, dobles o triples, o sea que se pueden compartir uno, dos o tres pares de electrones respectivamente.

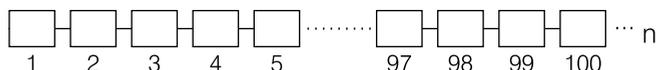
Como ya mencionamos, las moléculas orgánicas se clasifican en cuatro grandes grupos:

- a) *hidratos de carbono*;
- b) *lípidos*;
- c) *proteínas y*
- d) *ácidos nucleicos*.

Estos grupos incluyen sustancias muy dispares. Algunas son pequeñas, formadas por pocos átomos y con estructura más o menos simple. En el otro extremo del espectro encontramos, en cambio, moléculas enormes, con pesos moleculares de hasta varios millones. Estas moléculas gigantes, que llamamos *macromoléculas*, tienen siempre una particularidad: están armadas por numerosas unidades elementales, las moléculas pequeñas que citamos antes, enlazadas en forma repetitiva. Veámoslo en una representación gráfica

 = molécula orgánica pequeña

Si se enlazan 100 de estas unidades, se obtienen



Esta cadena, formada por 100 eslabones, representa una molécula. En química también se le asigna el nombre de *polímero*, que significa que está formada por *muchas partes*. A cada una de las unidades moleculares que se repiten se la denomina *monómero* (*mono*: uno; *mero*: porción).

Una macromolécula es una molécula orgánica gigante, *polimérica*, con un peso molecular elevado (arbitrariamente, suele considerarse mayor que 10000), constituida por moléculas pequeñas que se unen repetitivamente.

*Tengamos en cuenta estos conceptos cuando estudiemos cada grupo de moléculas biológicas.*

Dentro de estos grupos existen compuestos que sólo poseen en su constitución átomos de carbono, hidrógeno y oxígeno, por lo que se denominan compuestos orgánicos ternarios. Comprenden a los hidratos de carbono y a los lípidos.

### 2.2.3.1. La principal fuente de energía: los hidratos de carbono

Son llamados también carbohidratos o glúcidos. Constituyen la mayor parte de la materia orgánica de la Tierra, cumpliendo importantes funciones en todas las formas de vida:

- sirven como almacén de energía, combustible y metabolitos intermediarios;
- los azúcares ribosa y desoxirribosa forman parte del armazón estructural del ARN y ADN;
- los polisacáridos también son elementos estructurales de las paredes celulares de bacterias y plantas. La celulosa, el constituyente principal de las paredes de las plantas, es uno de los compuestos orgánicos más abundantes de la biósfera;
- los hidratos de carbono están enlazados a muchas proteínas y lípidos, donde ejercen funciones clave en las interacciones entre las células y otros elementos del entorno celular.

La inmensa posibilidad de diversidad estructural de los hidratos de carbono es una característica clave en su función de mediadores de las interacciones celulares.

Los hidratos de carbono pueden ser moléculas pequeñas conocidas como azúcares, o moléculas más grandes y complejas. De acuerdo con el número de moléculas de azúcar que poseen, se clasifican en *monosacáridos*, *disacáridos* y *polisacáridos*.

#### Monosacáridos

Los monosacáridos poseen una sola subunidad, llamada más apropiadamente *monómero*, como ya hemos visto. Este monómero puede tener un número de átomos de carbono que oscila de tres a siete. De acuerdo con ello se denominan *triosas* (cuando están formados por tres átomos de carbono, Figura 6), *tetrosas* (cuatro átomos de carbono), *pentosas* (cinco), *hexosas* (seis) y *heptosas* (7 átomos de carbono).

En todos los carbonos hay una función alcohol (-OH), salvo en uno, que puede presentar:

- una función aldehído:  $\begin{array}{l} \text{---} \text{C}=\text{O} \\ \quad \quad \quad \diagdown \\ \quad \quad \quad \text{H} \end{array}$

en cuyo caso el monosacárido se denomina aldosa; o bien

- una función cetona,  $\begin{array}{c} | \\ \text{C}=\text{O} \\ | \end{array}$ ; en este caso el monosacárido se denomina cetosa.

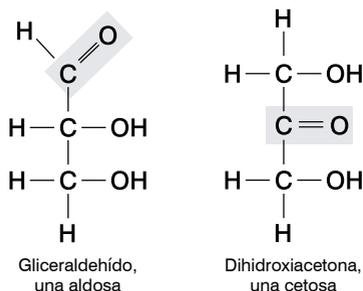


Figura 6. Dos monosacáridos constituidos por tres átomos de carbono, llamados triosas (Fuente: Stryer *et al.*, 2003).

*Veamos algunos ejemplos de monosacáridos muy importantes para los seres vivos...*

Algunos monosacáridos, como las triosas y tetrosas, son intermediarios de muchos procesos metabólicos. Las pentosas más importantes son la ribosa y desoxirribosa, que forman parte estructural de los nucleótidos y ácidos nucleicos ADN y ARN, que estudiaremos luego. La ribulosa también es una pentosa intermediaria en el proceso de la fotosíntesis. Dentro de las hexosas se encuentra la glucosa, que constituye una fuente de energía muy importante para las células, y es componente de hidratos de carbono más complejos como los disacáridos y polisacáridos. Otras hexosas son la galactosa, que forma parte del azúcar de la leche y la fructosa, que se encuentra principalmente en vegetales y en animales y es un importante combustible celular para los espermatozoides ( Figura 7).

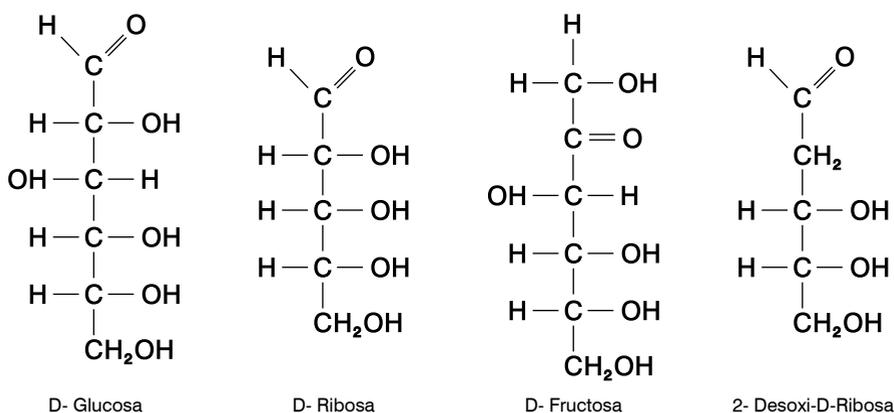


Figura 7. Monosacáridos de 5 y 6 átomos de carbono (Fuente: Stryer *et al.*, 2003).

### *Disacáridos*

Cuando dos hexosas se asocian a través de un enlace glucosídico, forman un *disacárido*, molécula constituida por dos monómeros. Los disacáridos más importantes son la *sacarosa* o azúcar de caña, formada por la unión de una glucosa con una fructosa; la *maltosa*, por asociación de dos glucosas, y la *lactosa* o azúcar de la leche, por asociación de una glucosa con una galactosa.

Los mono y disacáridos, conocidos comúnmente como azúcares, son moléculas relativamente pequeñas, de sabor dulce y son solubles en agua.

*Recordemos... Los disacáridos y polisacáridos, que a continuación veremos, para ser utilizados en la célula deben ser desdoblados primero para obtener monosacáridos.*

### *Polisacáridos*

Cuando gran cantidad de moléculas de hexosas se unen a través de enlaces glucosídicos se forman grandes moléculas, constituidas por numerosas subunidades, que se denominan polímeros. Los polímeros formados por muchos monosacáridos se llaman polisacáridos. Los más conocidos sirven como almacén de energía, y por lo tanto son acumulados tanto en células vegetales como animales. Estos son: almidón, que es el polisacárido de reserva energética en células vegetales, y el glucógeno, polisacárido de reserva en animales. Ambos son polímeros de glucosa.

Otros polisacáridos no constituyen fuentes energéticas pero son importantes componentes estructurales en los seres vivos. Por ejemplo la celulosa, que es un polímero de glucosa que constituye la mayor parte de la pared celular de células vegetales, brindándole a las plantas rigidez y sostén. Otro ejemplo de polisacárido estructural es la quitina, un importante componente del exoesqueleto de los insectos y crustáceos, y de las paredes de algunos hongos. La mureína también es estructural, formando las paredes celulares bacterianas.

Hasta ahora hemos visto los hidratos de carbono clasificados de acuerdo con la complejidad estructural de la molécula, y algunas de sus funciones, en forma resumida. Veamos ahora otras funciones importantes en los sistemas biológicos.

*¿Por qué decimos que la membrana celular es asimétrica?*

### **?** *Para pensar*

---

Cuando mencionamos la composición de la membrana plasmática hablamos de una doble capa de fosfolípidos donde se insertan proteínas.

Observemos la Figura N° 8 del modelo de mosaico fluido.

*¿Qué otro elemento importante constituye las membranas plasmáticas?*

---

Los glúcidos de la membrana se unen externamente a proteínas y lípidos formando glucoproteínas y glucolípidos, constituyendo la cubierta celular o glucocáliz. Esta disposición asimétrica de los glúcidos es la principal responsable de la asimetría de la membrana y permite que la célula cumpla importantes funciones, ya que actúan en los fenómenos de reconocimiento y la adhesión entre células. Por ejemplo, el tejido epitelial, de acuerdo con la función que cumple, está constituido por células íntimamente unidas entre sí, en las que interviene el glucocáliz de las membranas plasmáticas de las células. También la detección de células extrañas por el sistema inmunitario es un fenómeno de adhesión que puede realizarse gracias al glucocáliz.

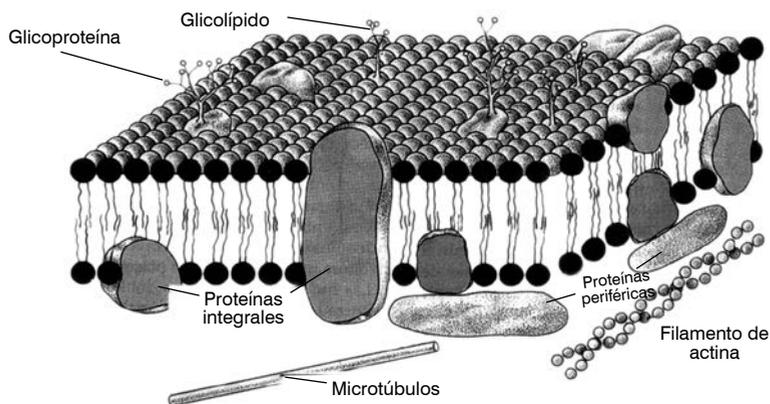


Figura 8. Esquema del mosaico fluido de la membrana celular (Junqueira y Carneiro, 1998). La membrana plasmática está constituida por una bicapa lipídica con proteínas intercaladas. Los azúcares en la membrana sólo se encuentran en la monocapa externa.

### 2.2.3.2. Seguimos con otros compuestos orgánicos ternarios, los lípidos

Esta es una categoría que agrupa sustancias que pueden tener estructuras químicas muy distintas. Sin embargo, todas las sustancias incluidas aquí comparten una característica fisicoquímica: su *solubilidad*.

Todos sabemos que no podemos mezclar agua y aceite, y que siempre que lo hagamos, en el recipiente se van a observar dos fases separadas. En cambio, si colocamos aceite u otro lípido en un solvente no polar, como el benceno, el éter, el tetracloruro de carbono o el cloroformo, obtendremos una sola fase.

Los lípidos son solubles en solventes no polares, como benceno, éter, tetracloruro de carbono y cloroformo. En cambio, son insolubles en solventes polares, como el agua y las soluciones acuosas.

Por lo general, los lípidos no presentan pesos moleculares muy altos, lo que indica que el tamaño de sus moléculas no es demasiado grande, en comparación con el de las proteínas. Tampoco están constituidos por monómeros que al unirse repetidamente formen moléculas poliméricas, como es el caso de los hidratos de carbono, que ya hemos considerado.

Como son muy heterogéneos, es conveniente que separemos a los lípidos en distintos grupos teniendo en cuenta las similitudes en la estructura química que presentan. Así podemos distinguir:

- *ácidos grasos*, por ej. palmítico, oleico, linoleico, son un importante combustible celular (ver Figura 9) y forman parte de los fosfolípidos y triglicéridos;
- *fosfolípidos*, como la fosfatidilcolina y fosfatidilserina, constituyen las membranas celulares (ver Figura 11);

- *glucolípidos* y *esfingolípidos*, también forman parte de las membranas celulares y están constituidos por ácidos grasos unidos a un grupo azúcar, por ejemplo la esfingomielina, que se encuentra en forma abundante en el tejido nervioso;
- *triglicéridos* o *grasas neutras*, moléculas de reserva energética, de acuerdo con su estado físico pueden estar como grasas o aceites;
- *ceras*, como las que recubren a algunos frutos y la cera producida por las abejas;
- *terpenos*, como las vitaminas A, E y K;
- *esteroides*, como el colesterol, precursor de muchas moléculas de importancia biológica;
- *prostaglandinas*, derivadas de ácidos grasos poliinsaturados.

Veremos las características de algunos de ellos.

### Ácidos grasos

Los ácidos grasos raramente se encuentran libres en los tejidos, pero conviene considerarlos por separado porque son un elemento constitutivo de varios tipos de lípidos. Por lo general poseen un número par de átomos de carbono, y pueden ser saturados (cadenas carbonadas unidas por enlaces covalentes simples) o insaturados (con dobles y triples enlaces). La longitud y el grado de saturación de las cadenas afectan la fluidez de los ácidos grasos: mientras más cortas y más insaturadas sean las cadenas, o sea con múltiples dobles y triples enlaces, más fluidos serán los ácidos grasos a temperatura ambiente.

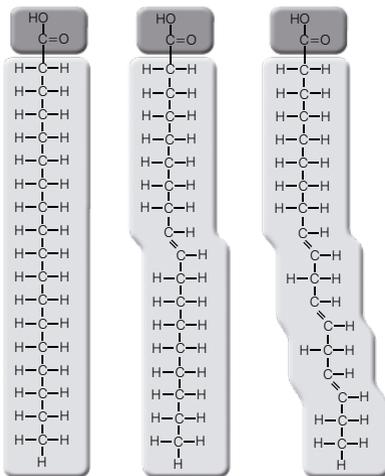


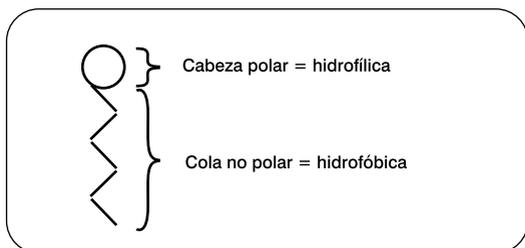
Figura 9. Tres fórmulas estructurales de ácidos grasos. A la izquierda, el ácido esteárico, constituido por una cadena principal de carbono completamente saturada con átomos de hidrógeno. En el medio se observa el ácido oleico, que tiene un doble enlace en su cadena principal, y por lo tanto es un ácido graso no saturado. A la derecha, el ácido linoléico, que tiene tres dobles enlaces, por lo que es poliinsaturado (Fuente: Starr-Taggart, 2004).

Los ácidos grasos son importantes combustibles celulares, al igual que la glucosa, como ya hemos visto. Esto significa que pueden ser degradados con el fin de obtener parte de la energía química contenida en sus enlaces.

*Antes de seguir con el próximo grupo de lípidos, nos detendremos a analizar un aspecto interesante de los ácidos grasos.*

Los jabones que utilizamos en la higiene diaria son sales de ácidos grasos. Están formados por un ácido graso de cadena larga, que como ya hemos visto, no se solubiliza en el agua, que se une con un ión metálico, generalmente el sodio (Na<sup>+</sup>), el

potasio (K<sup>+</sup>) o el calcio (Ca<sup>++</sup>). Estos iones sí pueden solubilizarse en agua, de manera que las moléculas así formadas son de carácter dual, por un extremo hidrofílicas (hidro: agua, filia: afín: que “aman” el agua) y por el otro hidrofóbicas (hidro: agua, fobia: horror: que “odian” el agua) y se representan de la siguiente manera:



Las moléculas que poseen estos dos sectores tan dispares se denominan anfipáticas, porque uno de ellos es polar e hidrofílico (con afinidad por el agua y los solventes acuosos), mientras que el otro es no polar e hidrofóbico (rechaza el agua y es afín con los solventes como el éter y el cloroformo).

**?** *Ahora pensemos...*

*¿Qué ocurre cuando las moléculas de jabón se ponen en contacto con el agua?* Sus diferentes sectores se “orientan” en ella de acuerdo con su afinidad: las colas no polares tienden a agruparse escapando del agua, en tanto que las cabezas polares se exponen a ella. Una manera de conseguir esta disposición es formar una esfera, cuya superficie esté constituida por las cabezas hidrofílicas y cuyo interior esconde las colas hidrofóbicas de numerosas moléculas de jabón. Esto es lo que se llama una *micela* (ver Figura 10).

Debido a esta característica los jabones arrastran la suciedad: las moléculas de jabón forman micelas en contacto con el agua que utilizamos para enjuagar, y la suciedad o “grasitud” que se solubiliza en las colas hidrofobas queda atrapada en el centro de la micela, *siendo barrida de la superficie que se jabonó.*

Cuando empezamos a considerar a los ácidos grasos, quedó establecido que raramente se encuentran libres en los tejidos.

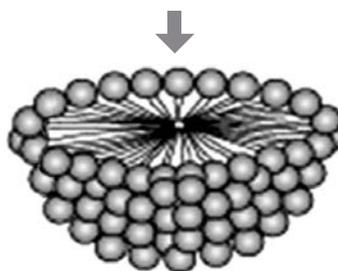
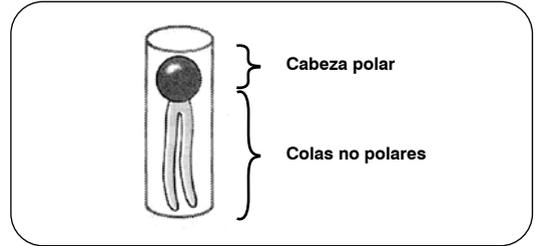


Figura 10. Esquema de una micela.

Veremos a continuación otros lípidos que poseen ácidos grasos en su constitución: fosfolípidos, glucolípidos, grasas y ceras.

### Fosfolípidos

Son lípidos que se caracterizan por la presencia de un grupo fosfato y dos ácidos grasos. El grupo fosfato le confiere a esa zona de la molécula la propiedad de solubilizarse en agua, mientras que los ácidos grasos no lo hacen. Es por eso que los fosfolípidos también son anfipáticos, como los jabones.



Como ocurría con los jabones, los fosfolípidos también pueden dispersarse en agua formando micelas en las cuales las colas hidrofóbicas se orientan hacia adentro, evitando el agua, y las cabezas hidrofílicas se ubican en la superficie.

Pero los fosfolípidos suelen adoptar otra disposición en el medio acuoso: la bicapa lipídica (vuelve a ver la Figura 8, el esquema del mosaico fluido). Esta estructura se halla integrada por una capa de fosfolípidos ordenados que se ensambla con otra capa similar, enfrentándose ambas por sus colas hidrofóbicas.

La bicapa lipídica es una estructura muy estable, y su importancia biológica es crítica, ya que constituye la base de las membranas celulares, que se forman espontáneamente al colocar fosfolípidos en un medio acuoso, como es el líquido extracelular que baña a las células. Si los fosfolípidos no fueran anfipáticos, no formarían bicapas.

Volveremos a retomar el tema cuando estudiemos la membrana plasmática.

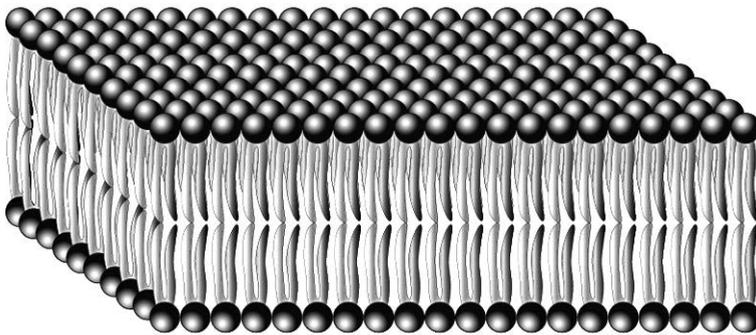
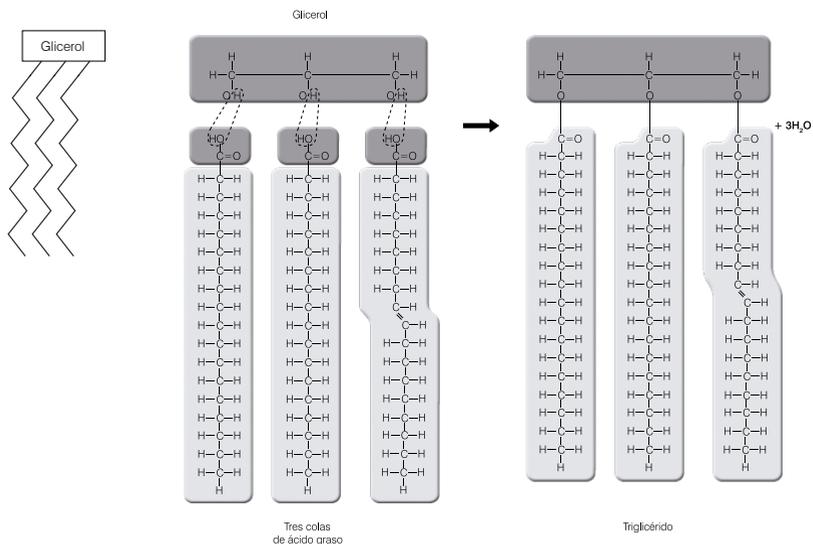


Figura 11. Disposición de los fosfolípidos en las membranas biológicas.

### Triglicéridos o grasas neutras

Como su nombre lo indica, están constituidos por tres ácidos grasos unidos al glicerol, un alcohol de 3 carbonos.

Como ya hemos dicho cuando hablamos de los ácidos grasos, de acuerdo con la longitud y el grado de saturación que presentan los ácidos grasos que componen la molécula, los triglicéridos pueden presentarse en estado líquido a temperatura ambiente, y en este caso se denominan *aceites*. Por ejemplo, el aceite de oliva, que está formado por una molécula de glicerol y tres ácidos oleicos (ácidos grasos de 18 átomos de carbono, con un doble enlace). Si, por el contrario, son sólidos a temperatura ambiente, se denominan *grasas*, y son características de los animales, como el tocino, que constituye la grasa subcutánea.



*Figura 12.* Estructura química de un triglicérido: a la izquierda, el esquema. A la derecha se observa la condensación de ácidos grasos con una molécula de glicerol para formar el triglicérido. Observa que al igual que los fosfolípidos, las colas de ácidos grasos no son siempre iguales, y pueden ser saturadas e insaturadas (Fuente: Starr-Taggart, 2004).

Los aceites y las grasas constituyen reservas energéticas que se acumulan en las células de muchos organismos (algas, vegetales, animales).

Cuando se necesita energía, el triglicérido es hidrolizado, es decir, se desdobra en sus componentes, el glicerol y los ácidos grasos. Estos últimos quedan entonces disponibles para ser utilizados como combustibles, y suministran energía mediante su degradación.

### Ceras

Como las ceras están constituidas por un ácido graso unido a un alcohol de muchos carbonos son sustancias sólidas, que pueden ablandarse y moldearse mediante calor. Cumplen diversas funciones:

- como cubiertas protectoras, impermeabilizantes o lubricantes, en la piel, el pelo, las plumas o las cutículas de animales. Por ej.: la lanolina de la lana de ovejas y la película que recubre el exoesqueleto de insectos, o la cera que recubre las plumas de los patos, que no se mojan;
- como cubiertas protectoras en hojas y frutos. Ej.: la cera que recubre la cutícula de las cerezas, que impide la pérdida de agua y es repelente de insectos, y
- como sustancias estructurales. Ej.: la cera de abejas, utilizada por estos insectos para construir sus panales.

### Esteroides

Dentro de la diversidad estructural de los lípidos, el colesterol es el más diferente desde el punto de vista químico, y ya no presenta ácidos grasos en su constitución.

Son derivados de un hidrocarburo que posee cuatro anillos cíclicos. Algunos representantes importantes de este grupo son:

- el colesterol, constituyente de membranas celulares y precursor de otros esteroides, como los citados a continuación:
  - la vitamina D (calciferol);
  - los ácidos biliares, que intervienen en la digestión de las grasas mediante su capacidad emulsionante o detergente;
  - las hormonas sexuales y de la corteza suprarrenal.

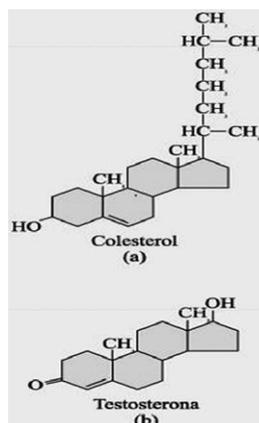


Figura 13. En (a) Estructura química del colesterol; en (b) la testosterona, hormona producida en el testículo y sintetizada a partir del colesterol (Fuente: Curtis y Barnes, 2000)

### Para resumir la información...

El estudio de los lípidos tiene especial interés desde el punto de vista biológico, pues desempeñan importantes funciones, que resumiremos brevemente:

- son componentes esenciales de los seres vivos, en los que constituyen parte fundamental de todas las membranas celulares, donde cumplen la función de barrera de permeabilidad selectiva;
- en los animales forman el principal material de reserva energética, en forma de grasas neutras o triglicéridos;
  - desde el punto de vista nutritivo, los lípidos de los alimentos son importantes fuentes de energía por su alto contenido calórico, y además vehiculizan vitaminas liposolubles;
  - con este grupo de compuestos están relacionadas numerosas sustancias de importante actividad fisiológica, como algunas vitaminas, hormonas, ácidos biliares, etc.

 **Actividades**

- ¿Qué relación se puede establecer entre el comportamiento migratorio de algunas aves y la reserva de lípidos?

- ¿Qué función cumple la grasa acumulada en el tejido subcutáneo en animales que viven en ambientes muy fríos? Brinda ejemplos.

- ¿Por qué algunos órganos, como por ejemplo los riñones, están rodeados de una capa de grasa? (Por razones que aún no se comprenden, estos depósitos de grasa permanecen intactos, aun en estados de inanición).

- ¿Por qué los patos, los pingüinos y otros animales de hábitos acuáticos no se mojan?

- Vuelve sobre el texto y observa nuevamente el esquema del mosaico fluido. ¿Qué función cumplen los lípidos que allí se encuentran?

- ¿Sabías que las hormonas sexuales masculinas y femeninas son derivadas del colesterol? ¿Qué función cumplen los lípidos en este ejemplo?

Con todos estos ejemplos y las respuestas obtenidas podrás consignar las funciones de los lípidos a partir de conocimientos cotidianos.

Para reflexionar...

Entre los seres humanos, las mujeres se caracterizan por tener una capa de grasa subdérmica más gruesa que la de los hombres. Esta capacidad de almacenar grasa, aunque no es muy admirada en la civilización actual, indudablemente fue muy valiosa hace diez mil años o más. En esos tiempos, según sabemos, no existía otra manera de almacenar alimentos, y ésta grasa adicional, no solamente nutría a la mujer sino, lo que era más importante, al feto y al lactante, cuya capacidad para ayunar sin peligro es mucho menor que la de un adulto. Así, muchas de nosotras estamos suprimiendo penosamente, mediante dietas, la capacidad de acumulación que nos legaron milenios de evolución... (Extraído de Curtis y Barnes, *Biología*, 6ta edición, 2000).

### 2.2.3.3. Ahora se suma el nitrógeno: los compuestos orgánicos cuaternarios. Las proteínas

Las proteínas son las macromoléculas más versátiles desde el punto de vista funcional, ya que, como veremos, cumplen gran diversidad de funciones dentro de las células. Además son el producto final que se obtiene cuando se descifra el mensaje contenido en el ADN.

Muchas de las proteínas intracelulares son enzimas, que aceleran (catalizan) reacciones metabólicas que se producen dentro de los seres vivos. Otras proteínas permiten que las células realicen trabajo, mantengan la rigidez interna y transporten moléculas a través de las membranas. Algunas incluso dirigen su propia síntesis o la de otras macromoléculas.

Las proteínas son complejas moléculas formadas por subunidades llamadas *aminoácidos*. Por lo tanto, las proteínas son polímeros de aminoácidos. Los aminoácidos son componentes orgánicos sencillos, y en las proteínas naturales se han encontrado unos 20 tipos de aminoácidos diferentes. La gran mayoría de las proteínas posee entre 100 y 300 aminoácidos. Todos los aminoácidos presentan la misma constitución básica: un grupo *ácido carboxílico*, y un grupo *amino*, ambos unidos al mismo átomo de carbono, llamado carbono alfa ( $C\alpha$ ). Los otros dos enlaces de este carbono están ocupados por un átomo de hidrógeno y en el extremo opuesto un grupo llamado "R", que es la única porción que varía para cada uno de los 20 aminoácidos, como lo muestra el siguiente esquema:

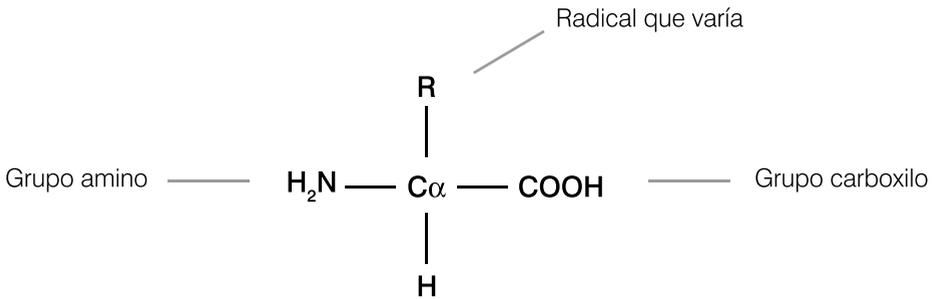


Figura 14. Estructura de un aminoácido.

En la misma molécula coexisten dos grupos químicos de comportamiento opuesto: el grupo carboxilo, de carácter ácido, y el grupo amino, de carácter básico.

La unión entre los distintos aminoácidos para formar proteínas se produce entre el grupo amino de un aminoácido con el grupo carboxilo del siguiente, y el enlace fuerte que se forma se denomina *enlace peptídico* (Figura 15).

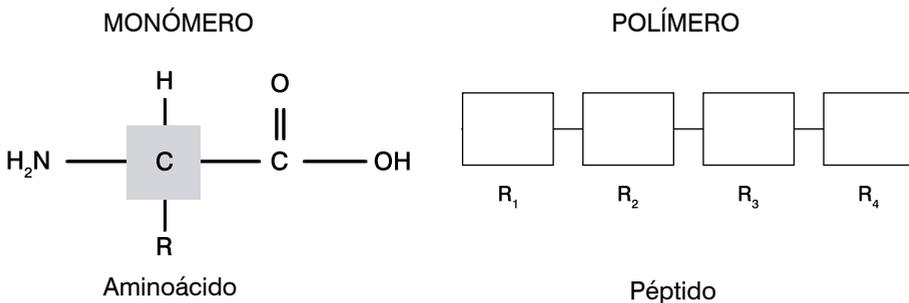


Figura 15. Formación de un polímero por enlaces peptídicos (Fuente: Stryer *et. al.*, 2003).

Estos polímeros difieren de los polisacáridos antes vistos en un aspecto fundamental: *cada tipo particular de proteína tiene una secuencia (u ordenamiento) de aminoácidos distintos que es exclusiva de ella.*

Y es muy importante que se respete este ordenamiento para que la proteína pueda cumplir con su función, ya que un aminoácido faltante o colocado fuera de lugar dentro de la cadena puede inhabilitar a la proteína funcionalmente. Esta larga cadena que se forma por la unión de sucesivos aminoácidos no permanece estirada sino que luego se pliega adoptando una conformación también característica de cada proteína, y que también es esencial para su actividad biológica.

La forma de las proteínas está dada por cuatro niveles estructurales:

- *la estructura primaria* de una proteína es la disposición lineal, o secuencia, de restos de aminoácidos que constituyen la cadena polipeptídica (Figura 16).

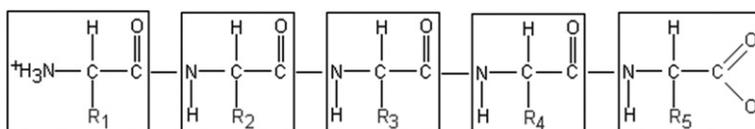


Figura 16. Estructura primaria de una proteína: a la izquierda, el extremo amino, a la derecha, el extremo carboxilo.

- *la estructura secundaria* es la organización de partes de una cadena polipeptídica, que puede adoptar distintas disposiciones espaciales. En general, se producen por enlaces tipo puentes de hidrógeno entre los grupos R de los aminoácidos de la cadena polipeptídica (Figura 17);

Figura 17. Estructura secundaria: a la izquierda, la hélice  $\alpha$ . A la derecha, la hoja plegada  $\beta$  (Fuente: Lodish, 2002).



- *la estructura terciaria* se refiere a la conformación global de una cadena polipeptídica, o sea a la disposición tridimensional de todos los restos de aminoácidos. La estructura terciaria se estabiliza mediante *interacciones hidrófobas* entre las cadenas laterales de aminoácidos no polares, y en algunas proteínas, por medio de *puentes disulfuro*. Este tipo de organización estructural es la que hace a las proteínas funcionales (Figura 18);

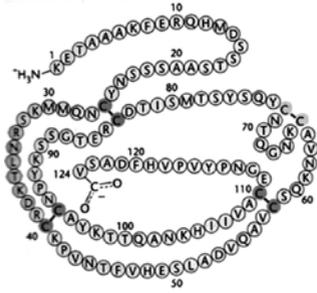


Figura 18. Estructura terciaria de una enzima, la ribonucleasa. Cada círculo representa un aminoácido. Se muestran pintados los puentes disulfuro que se forman entre aminoácidos alejados entre sí (Fuente: Stryer *et ál.*, 2003).

- la *estructura cuaternaria* sólo se observa en las proteínas que están constituidas por más de una cadena polipeptídica; por ejemplo en las inmunoglobulinas que posee cuatro (dos cadenas livianas y dos cadenas pesadas), o en la insulina que posee dos. Estas cadenas se mantienen unidas mediante enlaces no covalentes (Figura 19).

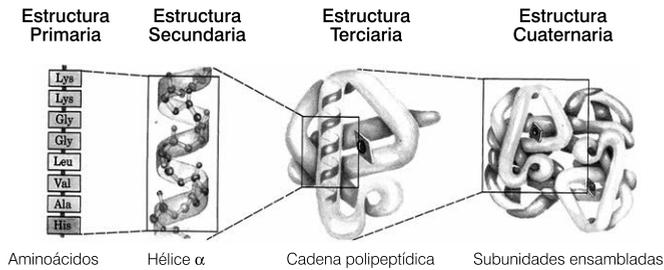


Figura 19. Los cuatro niveles de organización de las proteínas (Fuente: Stryer *et al.* 2003).

Teniendo en cuenta lo anteriormente expuesto, las proteínas pueden adoptar distintas configuraciones, y pueden ser alargadas, formando largas fibras, o pueden ser algo esféricas, y la estructura que poseen está directamente relacionada con la función que cumplen.

Así tenemos entonces:

- las proteínas *fibrosas*: constituidas por cadenas ordenadas paralelamente a lo largo de un eje; el resultado es la formación de fibras o láminas. Esta disposición les otorga resistencia e insolubilidad en agua y solventes acuosos, propiedades que las hacen adecuadas para las funciones estructurales, como constitución de esqueletos, cubiertas protecto-

*Relacionado con la configuración, un tema de moda: las vacas locas.*

Lo que acabamos de analizar se relaciona con un tema de creciente interés en la salud animal y humana: las enfermedades priónicas, tales como la encefalopatía espongiforme bovina o enfermedad de las vacas locas. Si una proteína adopta una conformación inapropiada pueden producirse situaciones patológicas. Éstas se producen cuando una proteína cerebral, llamada prión, cambia su conformación normal por una alterada. Esta transformación anormal tiene la capacidad de autorreproducirse, dando lugar a grandes agregados de priones alterados.

ras, etc. Son proteínas fibrosas la queratina de la piel, cabello, uñas, plumas, cuernos y el colágeno de los tendones y de la matriz orgánica del hueso;

- las proteínas *globulares*: formadas por cadenas que se pliegan hasta adoptar formas esféricas. Son generalmente solubles en agua y soluciones acuosas. Desempeñan funciones múltiples, entre las cuales conviene citar, por su importancia:

- la función *catalítica*, que como ya hemos consignado consiste en acelerar la velocidad de las reacciones, para que puedan producirse en el organismo. Esta tarea es llevada a cabo por proteínas especiales que se denominan *enzimas*;

- el *transporte de sustancias*, como la hemoglobina, que transporta oxígeno gaseoso en el interior de los glóbulos rojos;

- la *defensa del organismo*, que es llevada a cabo por los anticuerpos (gamma-globulinas) que forman parte del sistema inmunitario;

- la *regulación endocrina*, dado que algunas hormonas son de naturaleza proteica, como la insulina, la hormona del crecimiento y otras hormonas de la adenohipófisis.

Hay algunas proteínas con características de uno y otro tipo; por ejemplo, con estructuras alargadas (como las fibrosas) pero solubles en soluciones acuosas (como las globulares). En este grupo ubicamos a la miosina, una de las proteínas que interviene en la contracción muscular, y al fibrinógeno, precursor de la fibrina, que participa en el mecanismo de coagulación sanguínea.

*Es importante destacar que la notable multiplicidad de funciones en las que las proteínas están comprometidas es consecuencia de la gran diversidad de estructuras que pueden construirse con los distintos ordenamientos de los veinte aminoácidos.*



### Actividades

---

Para que comprendas que la función biológica de cada proteína está determinada por su estructura, te proponemos que investigues el nivel de organización, la función y el lugar donde se encuentran las siguientes proteínas: hemoglobina - colágeno - inmunoglobulinas - queratina - miosina - albúmina.

---

Luego de haber analizado los niveles de organización proteica nos introduciremos en la gran diversidad de funciones que cumplen las proteínas dentro de los organismos vivos.

*Para ello veamos la siguiente figura:*

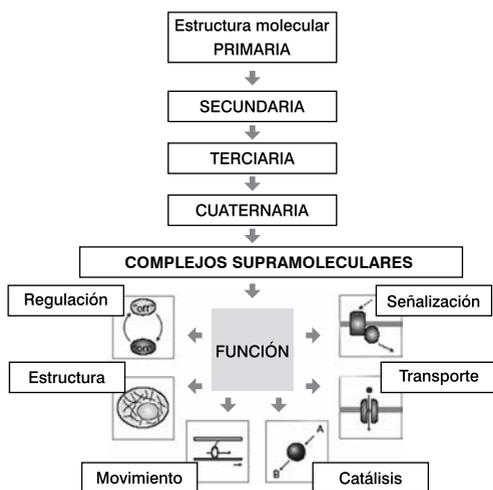


Figura 20. Resumen general de estructura y función de las proteínas (Fuente: Stryer, 2003).

Te brindamos a continuación una serie de ejemplos que te permitirán ampliar y relacionar la información brindada en la Figura 20.

- Los glóbulos blancos pueden fagocitar partículas extrañas gracias a la formación de pseudópodos. ¿Sabías que estas prolongaciones se forman por la acción de los microtúbulos, constituidos por una proteína llamada tubulina?

- La digestión de los hidratos de carbono que ingerimos con algunos alimentos comienza en la cavidad bucal por acción de una enzima, la amilasa salival. Por eso, si masticamos durante mucho tiempo un trozo de pan percibiremos un sabor dulce, debido a la digestión parcial del almidón, obteniendo disacáridos.

- La glucosa es una molécula grande e hidrofílica que no puede atravesar la bicapa lipídica. Ya hemos visto que la glucosa es la principal fuente de energía para las células, por lo que debe estar disponible en el interior de las mismas. La glucosa atraviesa la membrana plasmática a través de una proteína, llamada permeasa de la glucosa, que atraviesa todo el espesor de la bicapa lipídica, y que es específica para este monosacárido.

- La insulina es una hormona proteica que regula la concentración de glucosa en sangre. ¿Qué problemas de salud provoca la deficiencia de esta hormona?

- Los filamentos intermedios del citoesqueleto están constituidos por proteínas. Busca ejemplos. ¿Qué función cumple este tipo de proteínas en la célula?

- ¿Sabías que la acetilcolina liberada en el espacio sináptico es una proteína que se une a un receptor de la membrana post sináptica favoreciendo la transmisión del impulso nervioso?

### *Otra utilidad más...*

Una de los más actuales usos de las proteínas es investigar la evolución: las relaciones evolutivas se manifiestan en las secuencias de las proteínas. El estrecho parentesco entre los seres humanos y los chimpancés, se revela con claridad en la secuencia

de aminoácidos de la mioglobina. La secuencia de la mioglobina humana se diferencia de la del chimpancé únicamente en un solo aminoácido en una proteína de 153 residuos!

Veamos a continuación un fragmento de la secuencia de aminoácidos de esta proteína, escrito en código de una letra, donde se ve el reemplazo de H (histidina) en la mioglobina humana por Q (glutamina) en la mioglobina del chimpancé:

QSHATKHKIPVKYLEFISECIIQVLHSKHPGDFGADAQGAMNKALELFRK  
 QSHATKHKIPVKYLEFISECIIQVLQSKHPGDFGADAQGAMNKALELFRK

---

#### 2.2.3.4. Las macromoléculas responsables de la herencia: los ácidos nucleicos

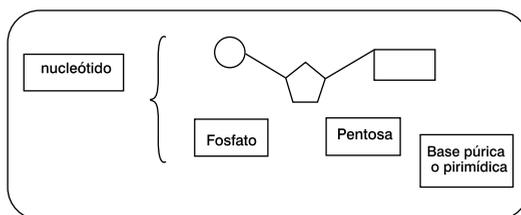
Son compuestos cuaternarios que además poseen P (fósforo) en su composición, responsables del control de todas las funciones celulares y, además, de la transmisión de la información hereditaria a las nuevas generaciones.

Por sus estructuras primarias ambos son polímeros lineales formados por subunidades básicas que se repiten: los nucleótidos.

Los nucleótidos entonces son monómeros de cuya polimerización resultan los *ácidos nucleicos*. Pero la importancia de los nucleótidos no se limita a este papel; algunos están a cargo de funciones esenciales para el metabolismo celular.

*Comencemos, entonces, a analizar su estructura.*

Un nucleótido es un monómero complejo porque, a su vez, está formado por tres moléculas unidas:



- una de ácido fosfórico;
- una pentosa y
- una base nitrogenada.

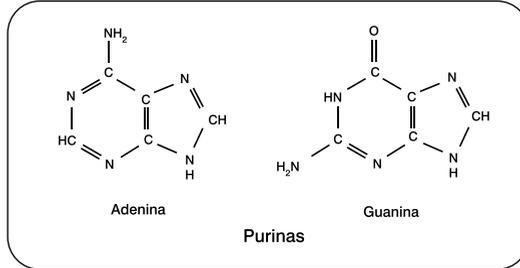
La *pentosa* puede ser de dos tipos:

- ribosa o
- desoxirribosa.

La base nitrogenada puede pertenecer a dos categorías:

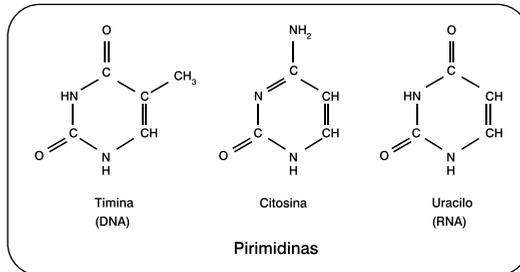
a) derivadas de la purina, que incluye:

- adenina **A**
- guanina **G**



b) derivadas de la pirimidina, donde se encuentran:

- citosina **C**
- timina **T**
- uracilo **U**



Con las moléculas mencionadas se pueden construir nucleótidos de dos tipos: *ribonucleótidos* y *desoxirribonucleótidos*.

Nucleótido	Aldopentosa	Bases		Grupo Fosfórico
		Púricas	Pirimídicas	Ácido fosfórico
Ribonucleótidos	Ribosa	Adenina Guanina	Citosina Uracilo	Ácido fosfórico
Desoxirribonucleótidos	Desoxirribosa	Adenina Guanina	Citosina Timina	

Los ribonucleótidos y desoxirribonucleótidos son los eslabones que constituyen los ácidos nucleicos pero además, los nucleótidos, sin polimerizarse, pueden intervenir en otras dos funciones, relacionadas con el metabolismo celular:

- a) como moléculas especializadas en la *transferencia de energía química*;
- b) como parte de moléculas que colaboran en la tarea catalítica de las enzimas, las llamadas *coenzimas*.

Podemos adelantar algunos detalles referidos a la molécula que actúa como intermediario energético más importante en todas las células: el *ATP*.

ATP es la sigla con la cual se identifica a la *adenosina - tri - fosfato*, un nucleótido constituido por:

- adenina;
- ribosa y
- 3 grupos de ácido fosfórico enlazados consecutivamente (Figura 21).

Los enlaces entre los dos grupos de ácidos fosfóricos terminales tienen la particularidad de poseer un elevado contenido de energía. Esa alta energía ha sido representada en la fórmula anterior mediante el signo “~”. El *ATP* puede ceder con relativa facilidad la energía de ese enlace para las actividades celulares que la requieran. De ese modo pierde su última molécula de ácido fosfórico:



De la misma manera, el ADP es un aceptor de la energía química proveniente de otras reacciones; esa energía es utilizada en la creación de un enlace (~) con un ácido fosfórico:



El adenosintrifosfato (ATP) queda así disponible para su uso posterior.

Muchas de las enzimas conocidas muestran su actividad catalítica solamente cuando cuentan con la “colaboración” de otras sustancias, las denominadas *coenzimas*. Algunas de las coenzimas importantes son nucleótidos o derivados de nucleótidos, por ejemplo:

- NAD: nicotinamida-adenina-dinucleótido;
- FAD: flavina-adenina-dinucleótido.

Estas coenzimas son elementos indispensables para la actividad de un grupo de enzimas que catalizan reacciones de oxidorreducción, y volveremos a verlas más adelante.

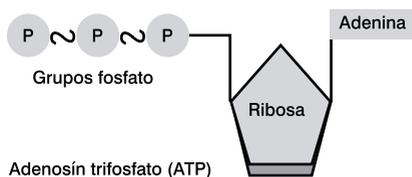


Figura 21. Estructura del adenosintrifosfato (ATP) (Fuente: Curtis y Barnes, 2000).

### Ácidos Nucleicos

Por último, veamos de qué manera se combinan los nucleótidos para formar largos polímeros que llamamos ácidos nucleicos.

En primer lugar, podemos distinguir entre dos tipos de ácidos, cada uno derivado de una sola clase de nucleótidos:

- ARN = ácido ribonucleico, polímero de ribonucleótidos;
- ADN = ácido desoxirribonucleico, polímero de desoxirribonucleótidos.

Como ya vimos, los ácidos nucleicos son las macromoléculas que contienen la información que determina la secuencia de aminoácidos en una proteína y forman las estructuras celulares que eligen los aminoácidos de una cadena proteica y luego los unen en el orden correcto.

El ácido desoxirribonucleico (ADN) y el ácido ribonucleico (ARN) tienen grandes semejanzas químicas, y algunas diferencias (Figura 22).

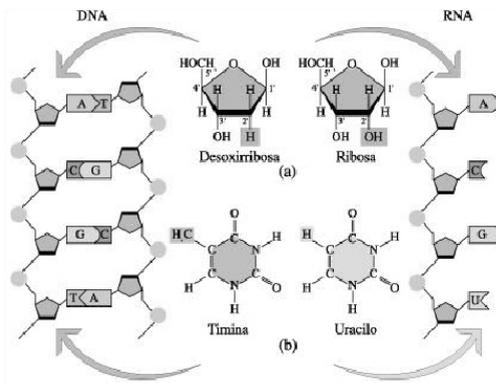


Figura 22. Diferencias entre el ADN y el ARN (Fuente: Curtis y Barnes, 2000).

### Ácido ribonucleico (ARN ó RNA)

El ARN es una cadena lineal, resultado de la unión entre el grupo fosfórico de un nucleótido y la ribosa del siguiente.

Así, el ARN puede considerarse como un esqueleto o eje donde se alternan sucesivamente:

...ácido fosfórico – ribosa – ácido fosfórico – ribosa – ácido fosfórico – ribosa...

Y una secuencia de bases nitrogenadas que es característica de cada ARN particular:

... C- G- G- U- C- C- U- ...

Pueden diferenciarse tres tipos de ARN, muy distintos entre sí en cuanto al número de nucleótidos que poseen, y a la disposición espacial de la molécula. Sin embargo, todos tienen la misma estructura general, y se complementan en la realización de una actividad común: la síntesis de proteínas.

Los tres tipos de ARN son:

- **ARNm** o ARN mensajero;
- **ARNt** o ARN de transferencia y
- **ARNr** o ARN ribosómico.

La síntesis de proteínas es un proceso complejo que explicaremos más adelante. Una proteína tiene una secuencia única, exclusiva, de aminoácidos distintos. Su síntesis exige, por lo tanto, una información que indique:

- qué aminoácidos la componen y
- en qué orden o secuencia deben ubicarse.

*Sólo queremos remarcar aquí algunos puntos de importancia referidos a las funciones de los ARN...*

Las funciones de los ARN en la síntesis de proteínas pueden resumirse como sigue:

- el ARNm es portador de un mensaje en código que determina, uno por uno, todos los aminoácidos componentes de una proteína;
- el ARNt es el encargado de descifrar el código del ARNm y de transportar el aminoácido adecuado hasta su sitio específico en la cadena proteica en formación;
- el ARNr forma parte de un organelo celular, el ribosoma, que interviene a modo de “señalador” del sector del mensaje que está descifrando.

Los ARN llevan a cabo una tarea de máxima importancia para el funcionamiento de la célula. Pero, si bien son indispensables en esa función, los ARN son sólo operadores que ejecutan órdenes. Como veremos a continuación, el verdadero archivo de la información celular no reside en ellos sino en el ADN.

#### *Ácido desoxirribonucleico (ADN o DNA)*

El ADN está constituido por dos cadenas lineales, cada una de las cuales resulta de la unión entre el grupo fosfórico de un nucleótido y la desoxirribosa del siguiente. Además, las dos cadenas están enfrentadas por sus bases nitrogenadas, entre las cuales se establecen uniones de tipo puente de hidrógeno (señaladas con líneas de puntos).

La doble cadena se arrolla en forma de hélice alrededor de un eje, como si fuera una escalera-caracol (Figura 23):

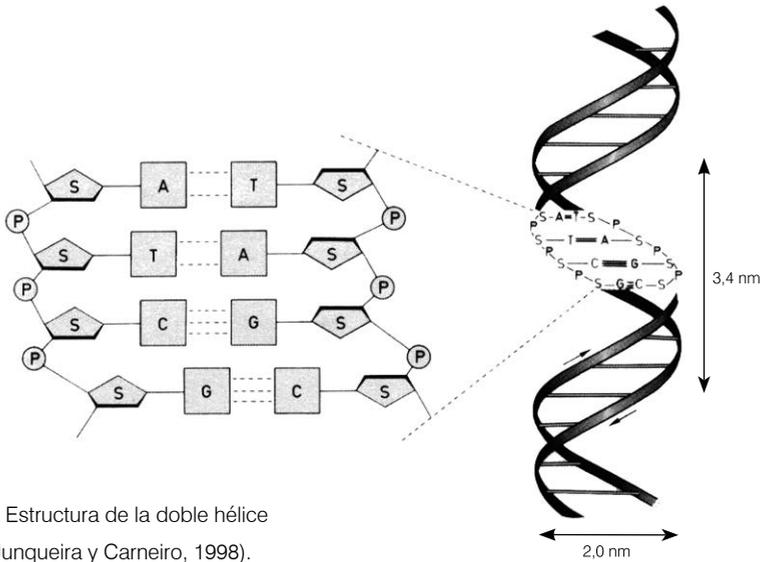
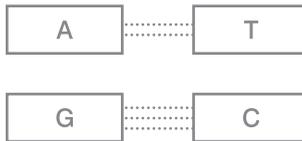


Figura 23. Estructura de la doble hélice  
(Fuente: Junqueira y Carneiro, 1998).

Interpretemos esta “escalera-caracol”.

- Los pasamanos serían los esqueletos de los sucesivos ... ácido fosfórico - desoxirribosa - ácido fosfórico - desoxirribosa.
- Cada escalón estaría formado por un par de bases nitrogenadas enfrentadas y unidas. El apareamiento de bases es muy específico, ya que el espacio en la hélice no puede ser ocupado por un par cualquiera. Se ha determinado que siempre se enfrentan: adenina - timina y citosina - guanina.
- Entre la adenina y la timina se establecen dos puentes de hidrógeno; entre la citosina y la guanina, tres.



Estas restricciones respecto de las bases nos hacen arribar a una conclusión.

El descubrimiento de Watson y Crick del modelo de la doble hélice, que lleva implícito el mecanismo de la duplicación exacta del material genético, es uno de los hitos de la historia de la ciencia, por el que recibieron el premio Nobel en 1962.

*Las dos cadenas de ADN no son idénticas ni en la secuencia de sus bases, ni en la composición en bases. Son, en cambio, cadenas complementarias.*

El modelo que explica la estructura tridimensional del ADN fue propuesto en 1953 por J. Watson y F. Crick. Este mode-

lo resultó de enorme utilidad. Por un lado, justificó muchas de las propiedades físicas y químicas del ADN que se habían comprobado en el laboratorio pero también, y por otro lado, permitió plantear un mecanismo que explicara una de las características más sorprendentes de esta macromolécula: su capacidad de duplicación o replicación exacta.

---

**?** ¿Por qué le asignamos una trascendencia especial a la replicación del ADN?

---

La respuesta radica en la importancia de la información que contiene y hace posible la organización y el funcionamiento de cada célula particular y del organismo completo: la "información genética".

---

Este contenido tan valioso, almacenado en un lenguaje de códigos, en la particular secuencia de nucleótidos de cada molécula de ADN, es mantenido dentro del núcleo de la célula y allí es transcrito en las moléculas de ARN, como veremos luego.

Éstas cumplen la tarea de sintetizar las proteínas, siguiendo las instrucciones que copiaron del ARN. Las proteínas formadas intervendrán, posteriormente, en muchas y diversas funciones relacionadas con la estructura y el metabolismo celular.

La información genética que hace posible estos fenómenos es el principal elemento de la transmisión hereditaria, porque proporciona a las células hijas (o al organismo hijo) las mismas aptitudes que poseía la célula (u organismo original). La transmisión de caracteres hereditarios se logra mediante la duplicación exacta del ADN, y la transferencia de una de las copias a cada célula hija.

---

**A** *Actividad*

---

Observando las figuras y con la información brindada en el texto resume en pocas palabras las diferencias estructurales y funcionales entre los dos tipos de ácidos nucleicos.

---

---

**S** *Para saber más...*

---

Diferencias entre el ADN de procariontes y eucariontes.

El ADN de las *células procariontes* forma en general un cromosoma único, circular, que ocupa una región de la célula denominada nucleoide, y está unido a un punto de la membrana plasmática. El cromosoma está constituido por ADN no asociado a histonas, y en *E. coli* por ejemplo, tiene un grosor de 2 nm y un largo de 1,2 mm. Los filamentos de ADN no sufren el proceso de condensación que lleva a la formación de cromosomas visibles al microscopio óptico, durante la división celular.

En *células eucariontes* el ADN se encuentra en el núcleo, en cantidades mucho mayores y forma múltiples cromosomas, en número característico de acuerdo con la es-

pecie. El ADN se combina con proteínas, las histonas, que tienen un importante papel en su organización, tanto durante la interfase como en la condensación de los cromosomas durante la división celular.

Como resumen y conclusión de esta unidad, podemos afirmar que, los principales tipos de moléculas biológicas llevan a cabo funciones idénticas en todos los seres vivos:

Lípidos	combustibles celulares, reserva energética, elementos estructurales
Hidratos de carbono	combustibles celulares, reserva energética, elementos estructurales
Proteínas	actividad catalítica, elementos estructurales, funciones particulares
Ácidos nucleicos	almacenamiento y transmisión de la información genética, forman parte de la maquinaria de síntesis de proteínas (ARNr y ARNt).

En este capítulo hemos conocido los compuestos inorgánicos y orgánicos más importantes para la vida. Ellos se caracterizan porque además de ser parte constituyente del protoplasma celular, intervienen en diferentes tipos de reacciones químicas fundamentales para que, por ejemplo, la célula, como unidad estructural y funcional de los seres vivos, lleve a cabo todas sus funciones vitales.

Para comprender qué tipos de reacciones ocurren y cómo se producen te invitamos a estudiar la Unidad 3 sobre Metabolismo.

## Referencias bibliográficas

Aljanati, D.; Wolovelsky, E. y Tambussi, C. (1997): *Los códigos de la vida. Biología III*. Ediciones Colihue.

Blanco, A. (1993): *Química biológica*. 6ta. ed., Buenos Aires, El Ateneo.

Curtis, E. y Barnes, S.N. (2000): *Biología*. 6ta. edición en español, España, Editorial Médica Panamericana.

De Robertis, E. (h); Hib, J. y Ponzio, R. (2003): *Biología celular y molecular*. 15ta. ed., Buenos Aires, El Ateneo.

Junqueira, L.C. y Carneiro, J. (1998): *Biología celular y molecular*. 6ta. ed., Chile, Mc. Graw- Hill Interamericana.

Lehninger, A.L. (1998): *Principios de Bioquímica*. Barcelona, Omega.

Lodish, H.; Berk, A.; Zipursky, S.L.; Matsudaira, P.; Baltimore, D. y Darnell, J. (2002): *Biología Celular y Molecular*. 4ta. ed., Editorial Médica Panamericana.

Prociencia-CONICET (1997): *Biología celular*. Ministerio de Educación y Cultura.

Starr, C. y Taggart, R. (2004): *Biología. La unidad y diversidad de la vida*. 10ma. ed., Thomson.

Stryer, L.; Berg, J. y Tymoczko, J. (2003): *Bioquímica*. 5ta. ed., España, Reverté.