



Universidad Nacional de Educación a Distancia

GRADO EN FÍSICA

BIOLOGÍA

Autor:
Daniel Pérez

Índice general

1. Introducción a la Biología	4
1.1. La teoría celular	4
1.2. La teoría de la evolución	4
1.3. Taxonomía fundamental	4
2. Biomoléculas	5
2.1. Estructura y funciones de las proteínas	5
2.1.1. Los aminoácidos	5
2.1.2. Estructura primaria, secundaria, terciaria y cuaternaria de las proteínas	6
2.1.3. Las enzimas y la catálisis de las reacciones	6
2.2. Estructura y función de los ácidos nucleicos	7
2.2.1. Los nucleótidos	7
2.2.2. El DNA	8
2.2.3. El RNA	8
2.3. Introducción a los hidratos de carbono	9
2.3.1. Estructura de los hidratos de carbono: monómeros y polímeros	9
2.3.2. Funciones (estructurales, energéticas y su papel en la célula)	10
2.4. Introducción a los lípidos	10
2.4.1. Características de los lípidos	11
2.4.2. Estructura y función de los lípidos de membrana	11
3. Estructura y función celular	12
3.1. Estructura de la célula procariota	12
3.2. Estructura de la célula eucariota	13
3.3. Membrana plasmática	13
3.4. Citoplasma	14
3.5. Sistema de endomembranas	15
3.5.1. Retículo endoplasmático	15
3.5.2. Aparato de Golgi	15
3.5.3. Síntesis de proteínas	15
3.6. Núcleo	16
3.7. Citoesqueleto	16
4. Metabolismo	18
4.1. Conceptos generales: metabolismo y redes metabólicas	18
4.2. Obtención y transformación de la energía por los seres vivos	18

5. Ciclo celular y meiosis	19
5.1. Etapas del ciclo celular	19
5.2. División celular en eucariotas: mitosis	19
5.3. Citocinesis	19
5.4. Control de ciclo celular y cáncer	19
5.5. Reproducción sexual: meiosis	19
6. Replicación del DNA	20
6.1. El DNA como material hereditario	20
6.2. Composición química y estructura del DNA	20
6.3. Replicación: modelo y mecanismo	20
6.4. Los telómeros	20
6.5. Reparación de errores	20
7. Transcripción y traducción del DNA	21
7.1. El dogma central de la biología	21
7.2. Síntesis del RNA o transcripción	21
7.3. El código genético	21
7.4. Síntesis de proteínas o traducción	21
7.5. Mecanismos de regulación de la traducción	21
7.6. Modificaciones postraduccionales	21
7.7. Mutaciones	21
8. Expresión de la información génica	22
8.1. Organización del genoma en eucariotas	22
8.2. Tamaño del genoma	22
8.3. Tipos de secuencias	22
8.4. Secuencias repetitivas	22
8.5. Estructura de los genes que codifican proteínas	22
8.6. Regulación de la expresión: mecanismos de control de transcripción y traducción	22
9. Ingeniería genética y biotecnología	23
9.1. Herramientas de la ingeniería genética	23
9.1.1. Endonucleasa de restricción	23
9.1.2. DNA ligasa	23
9.1.3. Transcriptasa inversa	23
9.2. Tecnología del DNA recombinante	23
9.3. Reacción en cadena de la polimerasa: fundamentos, etapas y variables a tener en cuenta	23
9.4. Secuenciación del DNA	23
9.5. Conocer como localizar y manipular genes asociados a enfermedades. Terapia génica.	23
9.6. Genómica y proteómica	23
10. La biología y el árbol de la vida	24
10.1. Definiciones	24
10.2. La teoría celular	25
10.3. La teoría de la evolución por selección natural	26

10.4. El árbol de la vida	26
11. Biomoléculas	28
11.1. El agua	28
11.2. El carbono	29
11.3. Las proteínas	31
11.4. Los ácidos nucleicos	34
11.5. Los carbohidratos o hidratos de carbono	37

Capítulo 1

Introducción a la Biología

- 1.1. La teoría celular
- 1.2. La teoría de la evolución
- 1.3. Taxonomía fundamental

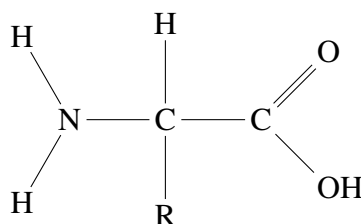
Capítulo 2

Biomoléculas

2.1. Estructura y funciones de las proteínas

2.1.1. Los aminoácidos

Definition 2.1.1 (Proteínas). Las proteínas son las macromoléculas mayoritarias en los seres vivos. Las proteínas son polímeros de aminoácidos, monómeros constituidos por un átomo de carbono central que está unido a un grupo amino, un ácido y un radical distintivo que hace que haya 20 tipos de aminoácidos diferentes.



El radical hace que las propiedades de cada aminoácido sean diferentes. Afecta a su reactividad, ya que son diferentes grupos funcionales, y a su solubilidad, por que hacen a los aminoácidos polares (cargados positivos, cargados negativos o sin carga) o apolares. Los monómeros se polimerizan mediante enlaces peptídicos para formar las proteínas.

Definition 2.1.2 (Enlace peptídico). Reacción de condensación del grupo ácido de un aminoácido con el grupo amino del siguiente, obteniéndose además una molécula de agua.

Los enlaces peptídicos son especialmente estables debido a que una pareja de electrones de valencia del nitrógeno en el aminoácido están parcialmente compartidos con el carbono, lo que hace que se asemeje a un enlace doble. El enlace peptídico es un enlace rígido, fuerte y direccional, con un N terminal a la izquierda y un C terminal a la derecha, que proporciona a la estructura global de la proteína flexibilidad (el propio enlace no puede rotar pero los enlaces simples a cada lado sí).

Definition 2.1.3 (Polipéptido). Polímero que contiene más de 50 aminoácidos.

Las proteínas pueden realizar diferentes funciones en la célula porque difieren mucho el tamaño y forma, así como las propiedades químicas de sus residuos (aminoácidos unidos). Independientemente de lo grande o compleja que puede ser una proteína, su estructura se clasifica en cuatro niveles de organización.

2.1.2. Estructura primaria, secundaria, terciaria y cuaternaria de las proteínas

La estructura primaria es la secuencia característica de aminoácidos que componen la proteína. Las posibles estructuras primarias son prácticamente infinitas porque existen 20 aminoácidos que se combinan en número y orden diferente, y cada una determina la función de la proteína. Esta estructura determina los siguientes niveles estructurales.

La estructura secundaria se origina por los enlaces de hidrógeno entre los aminoácidos que conforman el esqueleto. Son posibles entre el oxígeno del grupo $\text{C}=\text{O}$ (con carga parcial negativa) y entre el hidrógeno de los grupos $\text{N}-\text{H}$ (con carga parcial positiva). Se puede formar una hélice alfa cuando el esqueleto se enrolla, o una lámina pegada beta si el esqueleto se dobla 180° y luego se pliega el mismo plano. El gran número de enlaces de hidrógeno en estas estructuras las hace especialmente estables.

La estructura terciaria resulta de las interacciones entre los radicales o de las interacciones entre el esqueleto y radicales. Cada contacto contribuye a moldear la forma tridimensional distintiva de cada proteína. Hay cinco tipos de interacciones que producen los plegamientos: enlaces de hidrógeno, interacciones hidrofóbicas, interacciones de Van der Waals, puentes disulfuro y enlaces iónicos.

La estructura cuaternaria es una combinación de polipéptidos unidos mediante los mismos tipos de enlace que proporcionan la estructura terciaria.

2.1.3. Las enzimas y la catálisis de las reacciones

Si una proteína pierde su propia estructura (plegamiento, orden de aminoácidos etc) se dice que está desnaturalizada. Esto ocurre por diferentes factores como calor o cambio de pH. Muchas veces sólo cuando la proteína va a realizar su función se pliega correctamente. El plegamiento de las proteínas está regulado por las chaperonas moleculares. Ciertas proteínas pueden formar agentes infecciosos cuando se pliegan de forma defectuosa llamados priones.

Las proteínas realizan mas tipos funciones en los organismos que cualquier otra molécula:

1. Defensa: los anticuerpos atacan y destruyen virus y bacterias. Ejemplo: Inmunoglobulinas.
2. Movimiento: responsables de mover las células o grandes moléculas y sustancias dentro de la misma. Ejemplo: Actina.
3. Señalización: Implicadas en transporte y recepción de señales de una célula a otra. Ejemplo: Hormonas peptídicas.
4. Estructura: las proteínas forman componentes corporales como las uñas o el pelo y define la forma de las células individuales. Ejemplo: Proteínas de membrana.
5. Transporte: permiten que ciertas moléculas entran o salgan de la célula Y transportan sustancias por todo el cuerpo. Ejemplo: Hemoglobina.
6. Catálisis: la mayoría de las reacciones químicas que hacen posible la vida dependen de las enzimas.

Definition 2.1.4 (Catalizador). Sustancia que acelera una reacción química sin consumirse él mismo, es decir, sin sufrir ninguna transformación en la reacción. A nivel biológico, un catalizador es una sustancia que permite que una reacción tenga lugar en unas determinadas condiciones de presión, temperatura, etc.

En una reacción catalizada por una enzima, los elementos fundamentales son:

1. Sustrato: las moléculas que van a sufrir la reacción química. Mantienen su lugar gracias a enlaces de hidrógeno y otras interacciones débiles.
2. Sitio activo: lugar donde ocurre la reacción química. Es específico para cada sustrato de cada reacción química. Cuando el sustrato llega al sitio activo los radicales entran en acción y la interacción entre sustrato y la enzima aumenta hasta que llega a una condición temporal conocido como estado de transición.
3. Complejo enzima-sustrato: unión del sustrato al sitio activo de la enzima. En este momento la enzima cambia su conformación original y da lugar al producto de la reacción química, tras lo cual vuelve a quedar libre con su forma y estado original.

Muchas reacciones químicas requieren un aporte de energía para iniciarse (energía de activación) y llegar así al estado de transición. Las enzimas acercan entre sí los sustratos en una orientación precisa para que la reacciones sea más probables. Muchas enzimas son específicas de una reacción, lo que depende de su geometría y propiedades químicas de los sitios a los que se unen los sustratos.

Algunas enzimas requieren la presencia en su estructura de otras moléculas que les permitan ser químicamente activas. Estas moléculas pueden ser de diferente naturaleza:

1. Cofactores: iones inorgánicos.
2. Coenzimas: moléculas orgánicas pequeñas que se unen temporalmente al sitio activo de la enzima para que esta actúe.
3. Grupos prostéticos: unidos de forma permanente a la enzima para que ésta sea activa.

Definition 2.1.5 (Inhibidor). Moléculas que se unen a la enzima impidiendo su actuación. La actuación de las enzimas determina el metabolismo, por lo que es necesario regular la actividad enzimática para regular la actividad metabólica. La inhibición de la actividad enzimática puede ser irreversible o reversible.

2.2. Estructura y función de los ácidos nucleicos

2.2.1. Los nucleótidos

Definition 2.2.1 (Ácido nucleico). Polímeros de nucleótidos.

Definition 2.2.2 (Nucleótido). Compuestos formado por una base de pentosa (un azúcar que es ribosa en el ARN y desoxiribosa en el ADN), un grupo fosfato, y una base nitrogenada (purinas: adenina A y guaina G, y pirimidinas: citosina C, uracilo U para el ARN y timina T para el ADN).

Definition 2.2.3 (Enlace fosfodiéster). Reacción de condensación del grupo fosfato de un nucleótido (carbono 5') y el grupo hidroxilo del azúcar de otro nucleótido (carbono 3').

Los ácidos nucleicos se forman mediante la polimerización de nucleótidos mediante el enlace fosfodiéster.

El esqueleto de un ácido nucleico es direccional, un extremo tiene un fosfato 5' libre y el otro un hidroxilo 3' libre. La secuencia de bases del ADN o ARN siempre se escribe en la dirección 5' a 3'. El orden de las distintas bases forman la estructura primaria la molécula. La polimerización tiene lugar porque primero se aumenta la energía potencial de los monómeros añadiendo dos grupos fosfato y creando nucleótidos trifosfato. Los grupos fosfato de carga negativa se repelen, lo que almacena suficiente energía como para hacer posible una reacción en condiciones normales no sería espontánea.

2.2.2. El DNA

La estructura primaria del DNA está formada por una secuencia de bases nitrogenadas. La estructura secundaria del DNA está formada por dos hebras de DNA que discurren en direcciones opuestas y que se encuentran enfrentadas por las bases nitrogenadas, por las que se mantienen unidas mediante puentes de hidrógeno. Las cadenas con esta orientación se denominan antiparalelas (una va en dirección 5'3' y la otra 3'5') y están enrolladas en forma de doble hélice ya que las bases nitrogenadas situadas en la parte central son hidrófobas. El enrollamiento minimiza el contacto con el agua y la molécula en su conjunto se disuelve en agua porque el exterior de la molécula contiene grupos fosfato negativamente cargados que interactúan con el agua. En el exterior helicoidal se forman dos surcos, uno mayor y otro menor.

Las bases nitrogenadas del DNA son adenina (A), guanina (G), citosina (C) y timina (T), que aparecen siempre emparejadas A-T y G-C, unidas por puentes de hidrógeno (dos en el caso de A y T y tres en el caso de G y C). Este emparejamiento de bases complementarias, siempre una purina con una pirimidina, es muy estable, universal y es la clave de la información contenida en los ácidos nucleicos y de su transmisión. La secuencia de las bases nitrogenadas es el lenguaje en el que se escribe toda la información vital para la célula.

El ADN transporta la información necesaria para el crecimiento y la reproducción del organismo, gracias a que se replica. La estructura primaria del ADN sirve como molde para la síntesis de una cadena complementaria. El calentamiento hace que la doble hélice se separe. Los desoxirribonucleótidos libres forman enlaces de hidrógeno con las bases complementarias de la cadena molde, a la vez que sus grupos azúcar-fosfato forman uniones fosfodiéster para crear una nueva cadena llamada cadena complementaria, que opuesta a la cadena molde. De esta forma se copia con exactitud la cadena de un ADN.

2.2.3. El RNA

La estructura primaria del RNA está formada por una secuencia de bases nitrogenadas que son adenina (A), guanina (G), citosina (C) y uracilo (U). La presencia de dos grupos OH en su pentosa hace que sea mucho menos estable que el ADN y le permite realizar actividades catalíticas.

Su estructura secundaria son dobles hélices cortas y estructuras llamadas horquillas. Resulta del emparejamiento entre las bases complementarias de una misma cadena. Aparecen siempre

emparejadas A–U y G–C, unidas por puentes de hidrógeno (dos en el caso de A y U y tres en el caso de G y C). Las dos cadenas azúcar-fosfato son antiparalelas y los enlaces de hidrógeno da lugar a una doble hélice estable. Las moléculas de RNA se pliegan y pueden interaccionar entre sí, formando algunas estructuras terciarias y cuaternarias.

Las moléculas de RNA no pueden almacenar información tan eficazmente como el ADN pero si llevan acabo funciones clave para el procesamiento de información. Se puede copiar a sí mismo al igual que el ADN. Una serie de ribonucleótidos libres forma de enlaces de hidrógeno con las bases de la cadena molde de RNA. Sus grupos azúcar-fosfato forman uniones fosfodiéster para crear una molécula de doble cadena. Cuando gracias al calor los enlaces de hidrógeno se rompen, una molécula complementaria de RNA existe independientemente de la cadena molde.

Además el RNA puede actuar como catalítico. En 1989 el descubrimiento de RNA catalítico (las ribozimas) marcó un cambio en la investigación, al demostrar que las proteínas no son las únicas moléculas de catalizar reacciones químicas. La naturaleza tridimensional de las ribozimas es crucial para su actividad catalítica, ya que permiten crear un sitio activo donde los sustratos se junten y se promueva la reacción.

1. RNA mensajero (mRNA): Transporta la información del núcleo al citoplasma, al traducirse da lugar a proteínas. Se traduce en los ribosomas. Cadena simple.
2. RNA ribosómico (rRNA): Forma parte de los ribosomas. Hay varios tipos que forman la subunidad pequeña y grande del ribosoma junto con proteínas. Cadena simple con estructura secundaria.
3. RNA transferente (tRNA): Transporta los aminoácidos al ribosoma. Cadena simple con estructura secundaria en forma de trébol.
4. RNA no codificante (ncRNA): Incluye gran variedad de RNAs con funciones muy diversas. Cadena simple, cada uno una estructura diferente

2.3. Introducción a los hidratos de carbono

Definition 2.3.1 (Hidratos de carbono). Compuestos carbonados, aldehídos y cetonas, con grupos hidrógeno e hidroxilo ($\text{H}—\text{C}—\text{OH}$), cuyas funciones principales son servir como fuente de energía y constituir esqueletos carbonados a partir de los cuales se puedan formar otras moléculas importantes para los seres vivos.

Existen muchos monosacáridos distintos porque los aspectos de su estructura son variables: la colocación del grupo carbonilo o hidroxilo, variación del número de carbonos, y formas alternativas del anillo... esto hace que cada monosacárido tenga una estructura y función distintas.

2.3.1. Estructura de los hidratos de carbono: monómeros y polímeros

Definition 2.3.2 (Enlace glucosídico). Enlace covalente originado por una reacción de condensación entre dos grupos hidróxido. Se libera una molécula de agua con un oxígeno de un polisacárido y el grupo OH del otro polisacárido.

La localización, orientación y la geometría de los enlaces pueden variar enormemente en los polisacáridos, y condicionan la estructura, función y durabilidad de las moléculas (determinan tanto sus propiedades físicas como químicas)

Algunos polisacáridos son:

1. Almidón: Es un polisacárido de reserva en las plantas, mezcla de amilosa y amilopectina, polisacáridos formados por glucosa.
2. Glucógeno: Es un polisacárido de reserva en los animales.
3. Celulosa: Polímero estructural de paredes vegetales formado por glucosa. Las fibras de celulosa se disponen linealmente formando uniones entre ellas (enlaces de hidrógeno).
4. Quitina: Polímero estructural de animales formado por N-acetil-glucosamina.
5. Peptidoglucano: Es un polisacárido estructural de las bacterias.

2.3.2. Funciones (estructurales, energéticas y su papel en la célula)

Los hidratos de carbono tienen distintas funciones en las células.

1. Proporcionan soporte estructural. (celulosa, quitina, peptidoglucano) forman fibras que dan fuerza y elasticidad a las células de los organismos. Son rígidos y fuertes, duraderos, y además son resistentes a la degradación y al deterioro gracias a las fuertes interacciones entre cadenas compuestas por enlaces β -1,4 que excluyen el agua y hacen que las fibras sean insolubles (porque las enzimas digestivas de la mayoría de los organismos no son capaces de romper los enlaces β -1,4).
2. Indican la identidad celular. Gracias a la gran cantidad de tipos de monosacáridos, son capaces de comunicar información a otras células, actuando en la superficie exterior de la membrana plasmática. Un ejemplo es la glucoproteína. Cada célula de nuestro organismo tiene glucoproteínas en su superficie que la identifican como una parte de nuestro cuerpo.
3. Almacenamiento de energía. Los carbohidratos almacenan y proporcionan energía química en las células. Un ejemplo de esto es la fotosíntesis, o transformación de energía luminosa en energía química para producir azúcar. El almidón y el glucógeno son muy eficientes en esta tarea gracias a que sus enlaces los hacen muy hidrófilos, por lo que pueden disolverse fácilmente en agua y liberar catalizados por la encima fosforilasa. Así liberan energía que luego se utiliza para producir ATP.

2.4. Introducción a los lípidos

Definition 2.4.1 (Lípidos). Moléculas hidrocarbonadas, muy heterogéneas desde el punto de vista químico, pero que comparten todas ellas la propiedad de ser mayormente hidrófobos porque tienen un significativo componente de hidrocarburos (insolubles en agua) y apolares, aunque sí son solubles en disolventes apolares.

2.4.1. Características de los lípidos

Constituidas básicamente por tres elementos: carbono (C), hidrógeno (H) y oxígeno (O); en menor grado aparecen también en ellos nitrógeno (N), fósforo (P) y azufre (S). Pueden encontrarse unidos covalentemente (glucolípidos) o no covalentemente (lipoproteínas) a otras biomoléculas. Aunque forman agregados macromoleculares, no se pueden considerar como polímeros propiamente dichos, ya que estos agregados se mantienen gracias a fuerzas no covalentes débiles como son las fuerzas de Van der Waals, típicas de moléculas no polares.

Las cadenas de hidrocarburos que están compuestas únicamente por enlaces simples entre los átomos de carbono se denominan saturadas. Si tienen uno o más enlaces dobles, se dice que son insaturadas. La saturación de enlaces afecta profundamente al estado físico de los lípidos, las grasas altamente saturadas son sólidas a temperatura ambiente (mantequilla), las grasas saturadas forman sólidos particularmente consistentes a temperatura ambiente (ceras), las grasas altamente insaturadas son líquidas a temperatura ambiente (aceites).

2.4.2. Estructura y función de los lípidos de membrana

La estructura de los lípidos es muy variable pero se pueden distinguir tres grandes grupos presentes en las células:

1. Triglicéridos: moléculas no polares compuesta por tres ácidos grasos unidos a una molécula de alcohol con tres carbonos llamada glicerol. Si solo se un ácido graso se habla de monoglicéridos y si se unen dos se denominan diglicéridos. Se llaman grasas (característico de los animales) cuando son sólidos a temperatura ambiente y aceites(característico de los vegetales) cuando son líquidos. Se forman por la reacción de deshidratación entre el grupo hidróxilo del glicerol y el grupo carboxilo de un ácido graso creando un enlace éster. Tiene función de reserva energética y protectora o aislante.
2. Esteroides: son una familia de lípidos caracterizada por la estructura de cuatro anillos hidrófobos a los que se unen grupos funcionales o grupo laterales diferentes en cada esteroide y que los diferencian. Tienen una función reguladora o estructural.
3. Fosfolípidos: consisten en un glicerol unido a un grupo fosfato (al que se unen diferentes radicales polares) y a dos cadenas de hidrocarburos (isoprenoides o ácidos grasos). Los fosfolípidos son componentes importantes de la membrana plasmática, además de función estructural también podemos encontrar fosfolípidos que almacenan energía, actúa como pigmentos o como vitaminas, sirven como señal de comunicación entre las células, forman recubrimientos... Son moléculas anfipáticas: tienen una región hidrófila (la cabeza polar gracias a las cargas y a los enlaces polares de los fosfatos interaccionan con las moléculas de agua) y una región hidrófoba (las largas colas de hidrocarburos son apolares e hidrófobas). Esta es una característica esencial para que exista la membrana plasmática.

Capítulo 3

Estructura y función celular

Definition 3.0.1 (Célula). La célula es la unidad estructural y funcional de los seres vivos. Todos los seres vivos están constituidos por células. Los hay formados por una única célula (organismos unicelulares) y seres vivos formados por multitud de células (organismos pluricelulares). Toda célula proviene de una célula anterior, es decir, se origina por la división de otra célula. Por tanto, la célula es también la unidad básica de reproducción de los seres vivos.

Según el grado de diferenciación estructural alcanzado a través de la evolución, se han establecido dos tipos de organización celular: procariota y eucariota. Los dominios Bacteria y Archaea son procariotas, y Eukarya (algas, hongos, plantas y animales) son eucariotas.

3.1. Estructura de la célula procariota

La célula procariota es la más sencilla estructuralmente. Sus características se resumen en:

1. Son más pequeñas que las células eucariotas, aunque visibles al microscopio óptico. Son unicelulares, aunque podemos encontrarlas en colonias de varios cientos de individuos. Son más sencillas que las células eucariotas en su arquitectura interna. Aunque carecen de orgánulos membranosos propiamente dichos algunas bacterias poseen ribosomas que fabrican proteínas o cloroplastos presentes en las especies fotosintéticas.
2. Tienen membrana plasmática.
3. El DNA consiste en un único cromosoma circular adosado a proteínas que lo pliegan para formar una estructura superenrollada. Se encuentra libre en el citoplasma concentrado en una zona llamada nucleoide ya que carecen de núcleo rodeado de membrana. Además de uno más cromosomas, las células bacterianas también pueden contener plásmidos que contienen genes pero son físicamente independientes del cromosoma.
4. Casi todas presentan pared celular rígida. Protegen el organismo y le proporciona rigidez. Además muchas bacterias tienen otra capa protectora por fuera de la pared celular con puesta de glucolípidos.
5. Poseen citoesqueleto: fibras delgadas y largas que desempeñan diversos papeles dentro de la célula como dar forma ayudar en la división celular. Algunas células procariotas tienen también fimbrias (proyecciones parecidas a agujas que se extiende desde la membrana plasmática y ayudan en la unión a otras células o superficies) y flagelos.

3.2. Estructura de la célula eucariota

Las características principales de las células eucariotas son las siguientes:

1. Su organización se basa en: membrana plasmática, citoplasma y núcleo.
2. Poseen un esqueleto interno que mantiene la forma de la célula y participa en el transporte de los materiales.
3. Tienen compartimentos membranosos u orgánulos, localizados en el citoplasma y separados del citosol por una membrana, cada uno con funciones específicas, lo que permite que las reacciones químicas que tiene lugar dentro de la célula puedan separarse si son incompatibles y además aumenta la eficiencia de las reacciones químicas.
4. Se distinguen las células animales de las vegetales.
5. En el caso de las vegetales hay una pared vegetal. Se sitúa fuera de la membrana plasmática y proporciona una resistente capa exterior que dota de soporte estructural a la célula. Se compone de bastones o fibras de celulosa que discurren a través de una matriz rígida formada por otros polisacáridos y proteínas.

3.3. Membrana plasmática

La membrana plasmática delimita la superficie y el volumen de la célula realizando las siguientes funciones:

1. Es una barrera selectiva permeable: evita que algunas sustancias salgan o entren, controla y regula el contenido químico de las células.
2. Es el límite físico exterior de la célula y por tanto, el medio de comunicación con células próximas y el medio de recepción de señales extracelulares.
3. Permite a la célula mantener un ambiente interno más o menos constante, ya que es un factor clave para la vida.

Su estructura se conoce como el modelo del mosaico fluido. Es una bicapa de fosfolípidos con proteínas en su superficie (proteínas periféricas de membrana) o inmersas en la misma (proteínas transmembranales o integrales de membrana) que presenta también colesterol entre los fosfolípidos e hidratos de carbono asociados a las proteínas de superficie. Las superficies interior y exterior de la membrana plasmática son diferentes porque las proteínas periféricas y los extremos de las proteínas transmembranales difieren. Existen otro tipo de clasificación de las proteínas de membrana según las funciones que realicen y como afecten a la permeabilidad de la membrana:

1. Proteínas de canal: proteínas de membrana especializadas llamadas canales iónicos que forman poros o aberturas en la membrana para permitir el paso de iones. Los iones se mueven en respuesta a una combinación de diferencia eléctrica y de concentración ambos lados de la membrana, lo que se denomina gradiente electroquímico. Son selectivas, cada proteína tiene una estructura que sólo permite que la atraviese un tipo concreto de ion o molécula pequeña.

2. Proteínas transportadoras: proteínas de membrana especializadas que cambian de forma durante el proceso de transporte de algunas sustancias como la glucosa (difusión facilitada).
3. Proteínas bomba: proteínas que proporcionan la energía requerida para alimentar el movimiento de una molécula distinta en contra de su propio gradiente (transporte activo).

Definition 3.3.1 (Transporte pasivo). Transporte sin aporte de energía y espontáneo a favor del gradiente de concentración. En el caso de la membrana nos encontramos con ósmosis (movimiento del agua entre ambos lados de la membrana celular dependiendo de la concentración de solutos (sustancias disueltas) a cada lado de la membrana) y difusión (movimiento de moléculas e iones ambos lados de la membrana por la diferencia de concentración de solutos, hasta que se alcance el equilibrio de concentraciones a ambos lados de la membrana).

Definition 3.3.2 (Transporte activo). Transporte con aporte de energía. En él intervienen proteínas transportadoras y puede darse el co-transporte de sustancias.

3.4. Citoplasma

Constituye la mayor parte de la masa celular. Es muy complejo y está altamente organizado. Contiene los orgánulos, alrededor de los cuales se encuentra el citosol (solución acuosa con sales, proteínas, etc). Presenta una red de filamentos proteicos que constituyen el citoesqueleto. Algunos orgánulos importantes son:

1. Ribosomas: Se encuentran libres en el citoplasma, adheridos a la membrana del RER y dentro de las mitocondrias y de los cloroplastos. Llevan a cabo la traducción (síntesis de proteínas a partir de la información que porta el mRNA).
2. Lisosomas: Orgánulos que se originan en el aparato de Golgi. En su interior se hidrolizan las macromoléculas, así como cuerpos extraños que hayan podido entrar en la célula. Las moléculas resultantes abandonan el lisosoma mediante proteínas de transporte situadas en la membrana del orgánulo.
3. Vacuolas: Las células de plantas, hongos y algunos otros grupos carecen de lisosomas. En su lugar contienen vacuolas, y normalmente en las células vegetales se trata de una sola. Normalmente actúan como depósitos de almacenamiento de iones K^+ Cl^- . Al absorber los iones también absorben agua del entorno de forma que se expande el volumen de la vacuola y empuja la membrana plasmática contra la pared celular, lo que mantiene la forma de la planta.
4. Peroxisomas: Orgánulos pequeños con membrana sencilla que proceden del aparato de Golgi y contienen enzimas para tratar los peróxidos producidos en la célula ya que dentro de ellos se llevan a cabo reacciones de reducción-oxidación.
5. Mitocondrias: Orgánulo relativamente grande con doble membrana: una externa lisa y una interna muy replegada formando crestas. Su función es principalmente la obtención de ATP utilizando oxígeno como aceptor final de electrones. Es capaz de replicarse a sí misma independientemente de la replicación celular.

6. Cloroplastos: Orgánulos específicos de células vegetales fotosintéticas donde tiene lugar la fotosíntesis. Consta de doble membrana, interna y externa. Contienen cromosomas y puedan crecer y dividirse independientemente.

3.5. Sistema de endomembranas

El sistema interno de membranas se compone de una serie de membranas que forman sáculos, cisternas y túbulos esparcidos por el citoplasma. Constituyen el centro para la producción, transporte y procesamiento de proteínas y lípidos en las células eucariotas.

3.5.1. Retículo endoplasmático

Sistemas de endomembranas que se extienden desde la envoltura nuclear hacia el interior del citoplasma para formar un conjunto de sacos y tubos membranosos. Tiene dos regiones que difieren en su estructura y función.

1. Retículo endoplasmático rugoso: Presenta ribosomas asociados a su membrana que sintetizan proteínas. En el interior del retículo las proteínas se pliegan y se someten a otros tipos de procesamiento, es decir maduran, para luego ser transportadas a la membrana plasmática, algún órgano al exterior de la célula.
2. Retículo endoplasmático liso: Carece de ribosomas y contiene enzimas que catalizan las reacciones de lípidos. Recibe proteínas sintetizadas del R.E. rugoso y las modifica químicamente para determinar el destino final de estas proteínas según las modificaciones que realiza.

3.5.2. Aparato de Golgi

Constituido por una serie de sacos membranosos aplastados, llamados cisternas o dictiosomas, apilados unos encima de otros y acompañados de pequeñas vesículas membranosas.

La función del aparato de Golgi es participar en la síntesis de proteínas a través de las modificaciones post-traduccionales. En células animales suele ser único y bastante grande. mientras que en células vegetales, hongos y levaduras suele estar disperso y resulta más difícil de visualizar.

3.5.3. Síntesis de proteínas

Comienza en los ribosomas que están libres en el citosol. El ribosoma sintetiza la secuencia de señal que le permita acoplarse al ER. Si la proteína va a terminar siendo enviada al interior de un órgano o va a ser secretada por la célula, será transferida completamente al lumen de RER, mientras que si es una proteína integral de membrana, parte de ella permanecerá en el citosol y en la membrana del ER mientras se procesa.

Cuando la proteína está procesada se pliega para adquirir su forma tridimensional. Un tipo de vesículas característico transporta las proteínas del RER hasta el aparato de Golgi. De esta forma las proteínas se clasifican.

Estos receptores junto con proteínas, dirigen las vesículas de transporte hacia los destinos correctos al interactuar las proteínas de superficie de la vesícula con los receptores del destino.

3.6. Núcleo

Contiene los cromosomas y funciona como centro administrativo para almacenamiento y el procesamiento de información. Está encerrado en una compleja membrana doble denominada envoltura nuclear.

La membrana nuclear separa el núcleo del resto de la célula. Es una membrana porosa formada por dos bicapas lipídicas cuya superficie interna está unida proteínas fibrosas que forman una lámina llamada lámina nuclear que confiere rigidez de la estructura y mantiene su forma. La envoltura nuclear tiene continuidad con el retículo endoplasmático. Las aberturas de la cubierta nuclear se denominan poros nucleares. Se extienden a través de la membrana nuclear externa e interna conectando el núcleo con el citosol.

Cada poro está compuesto por más de 50 proteínas diferentes que forman una elaborada estructura conocida como el complejo del poro nuclear. El complejo del poro nuclear sirve como puerta para controlar el paso a través de la membrana de las subunidades ribosómicas y varios tipos de ARN que salen del núcleo y los nucleótidos y determinadas proteínas que entran en él. Las proteínas nucleares son sintetizadas por ribosomas en el citosol y contienen un marcador de dirección molecular que las marca para su transporte a través del complejo del poro nuclear. Este marcador permite al poro abrirse de forma que puedan pasar las moléculas de ARN las proteínas de mayor tamaño. Esta secuencia de aminoácidos común que forman el marcador se denomina señal de localización nuclear. Las proteínas que abandonan el núcleo tienen una señal diferente necesaria para la exportación celular.

Es el lugar donde se encuentra almacenado el DNA de la célula (aunque también hay DNA en algunos orgánulos celulares, como mitocondrias y cloroplastos), en forma de cromatina. Cuando la célula no se encuentra en división es una estructura donde las hebras del DNA se encuentran poco enrolladas, mientras que cuando la célula se va a dividir la cromatina se condensa de tal manera que las hebras del DNA se encuentran muy empaquetadas formando los cromosomas ocupando cada uno un lugar determinado dentro del núcleo.

Existe una región diferenciada más oscura y densa del núcleo llamada nucleolo, donde se produce el RNA ribosómico y se ensamblan los ribosomas a partir de proteínas específicas y RNA ribosómico.

3.7. Citoesqueleto

Está formado por una serie de fibras delgadas que se localizan en el citoplasma de las células. Sus funciones principales son mantener la forma y dar sostén a la estructura celular y permitir diferentes tipos de movimiento, tanto de materiales dentro de la célula como de la propia célula. Existen tres elementos distintos en el citoesqueleto de las células eucariotas:

1. Filamentos de actina o microfilamentos: ayudar a que toda o parte de la célula se contraiga (movimiento) y estabilizar la forma celular (soporte).
2. Filamentos intermedios: exclusivos de células de organismos pluricelulares. Estabilizar la estructura celular al anclar el núcleo y otros orgánulos, y resistir la tensión.
3. Microtúbulos: los elementos más grandes del citoesqueleto. Se originan a partir de una estructura llamada centro organizador de microtúbulos o centrosoma. Sus funciones principales son formar un esqueleto interno rígido en la célula y constituir elementos esenciales

en las extensiones celulares como cilios, flagelos y centriolos. Los microtúbulos constituyen los flagelos y cilios que permiten desplazarse a la células.

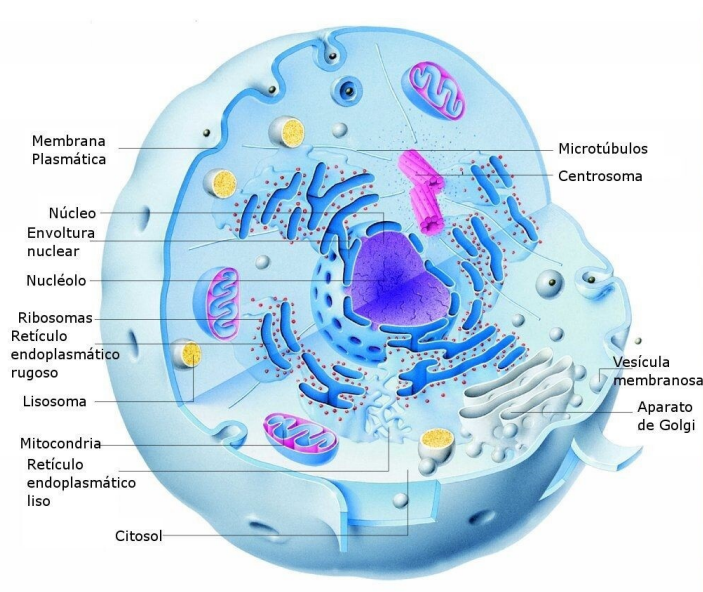


Figura 3.1: Anatomía de una célula animal

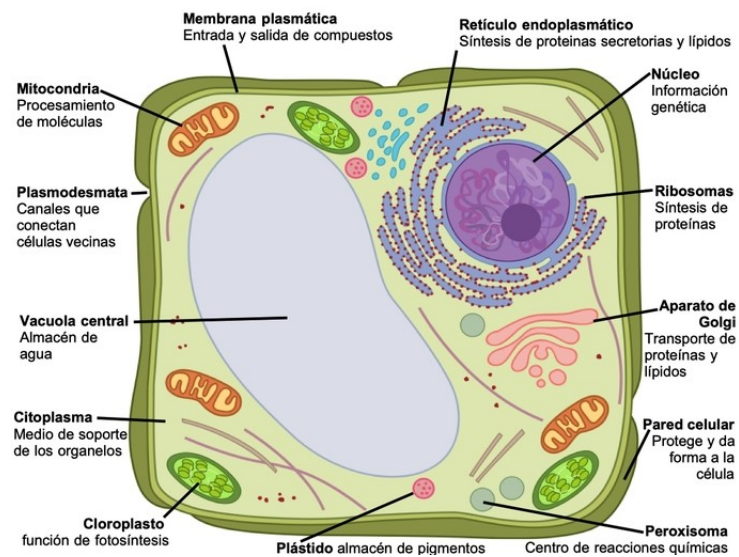


Figura 3.2: Anatomía de una célula vegetal

Capítulo 4

Metabolismo

- 4.1. Conceptos generales: metabolismo y redes metabólicas
- 4.2. Obtención y transformación de la energía por los seres vivos

Capítulo 5

Ciclo celular y meiosis

- 5.1. Etapas del ciclo celular
- 5.2. División celular en eucariotas: mitosis
- 5.3. Citocinesis
- 5.4. Control de ciclo celular y cáncer
- 5.5. Reproducción sexual: meiosis

Capítulo 6

Replicación del DNA

- 6.1. El DNA como material hereditario
- 6.2. Composición química y estructura del DNA
- 6.3. Replicación: modelo y mecanismo
- 6.4. Los telómeros
- 6.5. Reparación de errores

Capítulo 7

Transcripción y traducción del DNA

- 7.1. El dogma central de la biología
- 7.2. Síntesis del RNA o transcripción
- 7.3. El código genético
- 7.4. Síntesis de proteínas o traducción
- 7.5. Mecanismos de regulación de la traducción
- 7.6. Modificaciones postraduccionales
- 7.7. Mutaciones

Capítulo 8

Expresión de la información génica

- 8.1. Organización del genoma en eucariotas
- 8.2. Tamaño del genoma
- 8.3. Tipos de secuencias
- 8.4. Secuencias repetitivas
- 8.5. Estructura de los genes que codifican proteínas
- 8.6. Regulación de la expresión: mecanismos de control de transcripción y traducción

Capítulo 9

Ingeniería genética y biotecnología

9.1. Herramientas de la ingeniería genética

9.1.1. Endonucleasa de restricción

9.1.2. DNA ligasa

9.1.3. Transcriptasa inversa

9.2. Tecnología del DNA recombinante

9.3. Reacción en cadena de la polimerasa: fundamentos, etapas y variables a tener en cuenta

9.4. Secuenciación del DNA

9.5. Conocer como localizar y manipular genes asociados a enfermedades. Terapia génica.

9.6. Genómica y proteómica

Capítulo 10

La biología y el árbol de la vida

Un organismo es una forma de vida compuesta por una o más células. Los organismos deben de compartir un conjunto de cinco características para que sea considerado como vivo.

1. Tienen que adquirir y usar **energía**.
2. Deben de estar formados por una serie de unidades encerradas en membranas que se denominan **células**.
3. Deben recibir y procesar **información**, tanto hereditaria que contiene sus genes como la recibida del entorno y ajustarse para mantener sus condiciones internas.
4. Todo lo que hacen contribuye a un solo objetivo: **replicarse** a si mismo.
5. Es producto de la **evolución** y sus poblaciones continúan evolucionando.

10.1. Definiciones

1. **Teoría**: explicación para una clase muy general de fenómenos u observaciones que se apoya en una amplia gama de evidencias.
2. **Hipótesis**: enunciado susceptible de ser sometido a prueba y que explica un fenómeno o un conjunto observaciones.
3. **Predicción**: experimental, describe un resultado mensurable u observable que debe ser correcto si la hipótesis es válida.
4. **Célula**: compartimento extremadamente organizado rodeado de una estructura delgada y flexible llamada membrana plasmática y que contiene sustancias químicas concentradas en una solución acuosa. Las reacciones que sustentan la vida tienen lugar dentro de las células y la mayoría de ellas pueden reproducirse.
5. **Evolución**: cambio en las características de una población a lo largo del tiempo.
6. **Especie**: conjunto de individuos que habitualmente se reproducen entre sí o comparten características que son distintas de las otras especies.
7. **Población**: grupo de individuos de una misma especie que vive en una misma área al mismo tiempo.

8. **Género:** grupo estrechamente relacionado de especies.
9. **Eficacia biológica:** capacidad de un individuo de producir una descendencia viable.
10. **Adaptación:** rasgo que aumenta la eficacia biológica de un individuo en un entorno de terminado.
11. **Especiación:** proceso de divergencia que sufren las poblaciones de una especie a raíz de la selección natural.
12. **Árbol de la vida:** diagrama que describa las relaciones genealógicas entre las especies con una única especie ancestral en la base.
13. **Filogenia:** relaciones genealógicas entre las especies.
14. **Nombre científico:** nombre latino de un organismo, es su designación de género y especie.

Dos teorías sientan las bases de la biología moderna: la teoría celular y la teoría de la evolución por selección natural. Estos conceptos cuando surgieron permitieron establecer dos de los cinco atributos de la vida a los organismos, que son celulares y que sus poblaciones cambian a lo largo del tiempo.

10.2. La teoría celular

En 1665 Robert Hooke utilizó un microscopio muy simple para estudiar la estructura del corcho de un roble. El instrumento aumentaba los objetos sólo 30 veces, pero permitió a Hooke ver pequeños compartimentos similares a poros, que eran invisibles para el ojo humano. Estas estructuras se llamaron **células**.

Poco después de que Hooke publicara sus resultados, Anton van Leeuwenhoek consiguió fabricar microscopios mucho más potentes, algunos capaces de lograr hasta 300 aumentos. Con estos instrumentos Leeuwenhoek estudió muestras de agua de un estanque y realizó las primeras observaciones de organismos unicelulares como los paramecios. También observó y describió la estructura de las células sanguíneas humanas y los espermatozoides estableciendo la diversidad de células. En 1670, un investigador italiano concluyó que los tejidos de las plantas también estaban formados por muchas células individuales. Estos descubrimientos llevaron a la conclusión de que todos los organismos están compuestos por células.

La teoría celular se completó en 1858, cuando Rudolph Virchow declaró que **todas las células surgen de células preexistentes**, (solo se producen cuando otras células preexistentes crecen y se dividen) echando por tierra la hipótesis de la generación espontánea, la explicación dominante hasta la fecha. Esta afirmación fue corroborada con el experimento de Pasteur. La teoría celular completa entonces afirma que todos los organismos están hechos de células y todas las células provienen de otras anteriores.

Si todas las células nacen de células preexistentes se deduce que todos los individuos de una población de organismos unicelulares están relacionados por un ancestro común, del mismo modo que la células de un organismo multicelular comparten ancestros comunes.

10.3. La teoría de la evolución por selección natural

En 1858, en la Sociedad Lineana de Londres, se leyeron a un pequeño grupo de científicos unos cortos artículos escritos independientemente por Darwin y Wallace. Un año más tarde Darwin publicó un libro que ampliaba la idea resumida en esos breves artículos: El origen de las especies. La primera edición se agotó en un día. La teoría de Darwin y Wallace establecía dos importantes conceptos respecto a los modelos del mundo natural:

1. Las especies estaban relacionadas por ancestros comunes. Esto se oponía a la opinión predominante de la ciencia en ese momento, que era que las especies representaban entidades independientes creadas de una en una por un ser divino.
2. Las características de las especies pueden cambiar de generación en generación, en lugar de aceptar la hipótesis popular de que las especies permanecen inalterables en el tiempo. Darwin denominó a este proceso como "descendencia con modificación".

Evolución significaba, por tanto, que las especies no son unidades independientes e inalterables, sino que se relacionan entre sí y cambian en el tiempo. Esta parte de la teoría de la evolución no era original de Darwin y Wallace, puesto que varios científicos habían llegado a las mismas conclusiones acerca de las relaciones entre especies. El gran mérito de Darwin y Wallace fue proponer el proceso de la **selección natural** como el mecanismo que explica cómo sucede la evolución. La selección natural actúa sobre los individuos, pero el cambio evolutivo sólo afecta a las poblaciones. Se produce cuando se cumplen dos condiciones:

1. Los individuos de una población varían respecto a una serie de características que son heredables (se transmiten de generación en generación).
2. Ciertos rasgos heredables conducen a un mayor éxito en la producción de descendencia, entonces esos rasgos se hacen más frecuentes en la población a lo largo del tiempo.

De este modo, las características de la población cambian como resultado de la selección natural sobre los individuos. La selección natural actúa sobre los individuos, pero el cambio evolutivo solo afecta a las poblaciones.

10.4. El árbol de la vida

La selección natural ha provocado que las poblaciones de una especie diverjan y formen nuevas especies. Este proceso de divergencia se denomina especiación. Si todas las especies derivan de especies previas y todas las especies comparten un único ancestro común, significa que la vida en la tierra surgió una única vez y que los biólogos deberían ser capaces de construir un árbol de la vida que describa las relaciones de parentesco entre las especies con una única especie ancestral de base.

El biólogo americano Carl Woese, comenzó a analizar los componentes químicos de los organismos para conocer su filogenia (para conocer la cercanía o la distancia entre distintos organismos). Para ello, estudió la molécula de ARNr, una molécula grande y compleja compuesta de secuencias de cuatro componentes químicos más pequeños llamados ribonucleótidos (A, U, C, G). La secuencia de ribonucleótidos es un rasgo que puede cambiar a lo largo de la evolución por lo que la secuencia no es idéntica en todas las especies. Si la teoría de la evolución

es correcta, las secuencias de ARNr deberían ser muy similares en los organismos estrechamente relacionados pero no tan parecidas en aquellos menos relacionados.

Un diagrama que describe la historia evolutiva de esta forma es un **árbol filogenético**. Las ramas que comparten un ancestro común reciente representan especies estrechamente relacionadas, mientras que las que no comparten ancestros comunes recientes representan especies cuyas relaciones son más distantes.

Existen tres grupos fundamentales o linajes de organismos llamados **dominios**: Bacteria, Archaea y Eukarya. En todos los **eucariotas**, todas las células tienen un componente prominente denominado núcleo, y suelen ser multicelulares. La gran mayoría de células de bacterias y arqueobacterias carece de núcleo y son denominadas **procariotas**, además suelen ser unicelulares.

El trabajo de nominar y clasificar los organismos se llama **taxonomía**, y todo grupo nominado se llama **taxón**. Los dominios son categorías taxonómicas. El término phylum se refiere a los principales linajes dentro de cada dominio, cada phylum se considera una rama principal del árbol de la vida.

El **nombre científico** de una especie es un sistema que estableció en 1735 Linnaeus para denominarlas y se compone de un nombre en dos partes: la primera palabra se refiere al género y se escribe siempre con mayúscula y la segunda identifica la especie del organismo. Los nombres y términos científicos están basados a menudo en raíces de palabras latinas o griegas que resulten descriptivas. Cada nombre es único para cada organismo.

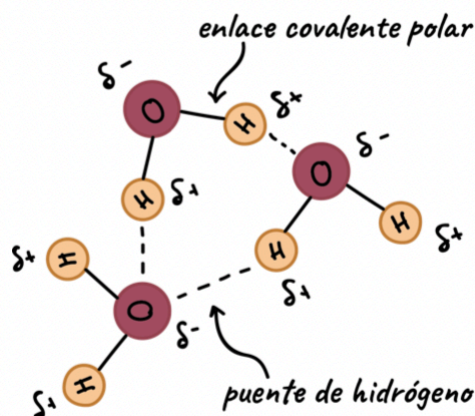
Capítulo 11

Biomoléculas

11.1. El agua

La característica común de todos los seres vivos es que ninguno podría existir sin el agua, la base de la vida. El agua es una molécula polar que forma enlaces de hidrógeno entre sí, lo que explica su estructura tetraédrica que le confiere unas propiedades características.

1. Es el **disolvente** de las moléculas bioquímicas, gracias a los dos enlaces $\text{O} \text{---} \text{H}$ polares de la molécula de agua (por la diferencia de electronegatividades) la forma de la molécula es doblada. Debido a la alta electronegatividad del oxígeno, los electrones compartidos están más cerca del átomo de oxígeno, lo que le confiere una carga negativa parcial y a los átomos de hidrógeno una carga positiva parcial (diferencia de electronegatividades). La atracción eléctrica entre las cargas parciales positivas y negativas de dos moléculas forman los enlaces de hidrógeno. Esto hace posible que casi cualquier molécula cargada o polar se pueda disolver en el agua al formar nuevos puentes de hidrógeno con el agua. A las sustancias que interaccionan de esta manera con el agua se les llama **hidrófilas**. Las sustancias no polares no interaccionan con el agua y se denominan **hidrófobas**.
2. Permite **reacciones** que son esenciales para la vida y recibe los deshechos. Además puede actuar tanto como **ácido** como de **base** en las reacciones químicas.
3. Tiene propiedades como la **cohesión**, o atracción de las moléculas iguales que se manifiesta en el agua como los enlaces de hidrógeno que hacen que permanezcan unidas. Gracias



a la cohesión se produce el fenómeno conocido como la tensión superficial ya que las moléculas de agua de la superficie no pueden unirse con otra situadas por encima de ellas, manifestándose atracciones más intensas entre las moléculas vecinas. Y la **adhesión**, o atracción entre moléculas diferentes, el agua se adhiere a superficies con componentes polares o cargados. Esta permite la capilaridad en las plantas porque las moléculas de agua adheridas a las paredes tiran hacia arriba de las otras moléculas.

4. En **estado sólido es menos densa que en estado líquido** y flota, lo que hace que la congelación comience por la superficie, permitiendo así la vida en las zonas bajo el hielo, donde permanece líquida. Los enlaces por puentes de hidrógeno de las moléculas de agua son débiles, por lo que al romperse y formarse de manera continua dan una gran libertad de movimiento al agua líquida. Pero al congelarse, cada molécula forma un total de cuatro enlaces de hidrógeno llevando a la formación de una estructura cristalina menos densa.
5. Tiene un **alto calor específico** debido a que se necesita mucha energía para romper los enlaces de hidrógeno. Además tiene un **alto calor de vaporización** lo que permite que absorba mucho calor y modere la temperatura.

11.2. El carbono

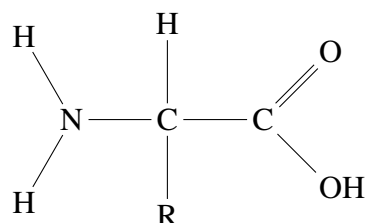
C, H, O, N, P, y S son los elementos mayoritarios en los seres vivos porque forman enlaces covalentes y mantiene las estructuras de los organismos. Pero de ellos el mayoritario es el carbono, gracias a que puede formar cuatro enlaces covalentes con sus electrones de valencia y distintas combinaciones de enlaces simples, dobles o triples lo que permite una variedad casi ilimitada de formas moleculares.

El carbono se une a otros elementos formando moléculas de diferentes tamaños y con diferentes enlaces, lo que determina su función. Los **grupos funcionales** más importantes son:

Grupo funcional	Fórmula	Familia de moléculas	Propiedades
Amino	$ \begin{array}{c} \text{H} \\ \\ \text{N} - \text{R} \\ \\ \text{H} \end{array} $	Aminos	Actúa como base
Carboxilo	$ \begin{array}{c} \text{O} \\ // \\ \text{R} - \text{C} \\ \\ \text{OH} \end{array} $	Ácidos carboxílicos	Actúa como un ácido
Carbonilo	$ \begin{array}{c} \text{R} - \text{C} - \text{R} \\ \\ \text{O} \\ \\ \text{R} - \text{C} \\ // \quad \backslash \\ \text{O} \quad \text{H} \end{array} $	Alhélidos y Cetonas	<p>Los aldehidos, especialmente, reaccionan con ciertos compuestos para producir moléculas grandes</p> <p>Altamente polar, por lo que hace los compuestos más solubles a través de la formación de enlaces de hidrógeno con el agua; también puede actuar como un ácido débil y perder un protón</p>
Hidroxilo	$\text{R} - \text{OH}$	Alcoholes	
Fosfato	$ \begin{array}{c} \text{O} \\ \\ \text{R} - \text{O} - \text{P} - \text{O}^- \\ \\ \text{O}^- \end{array} $	Fosfatos orgánicos	<p>Moléculas enlazadas con más de un fosfato almacenan grandes cantidades de energía química</p> <p>Cuando está presente en las proteínas, puede formar enlaces disulfuro $\text{S} - \text{S}$ que contribuyen a la estructura proteica</p>
Sulfhidrilo	$\text{R} - \text{SH}$	Tioles	

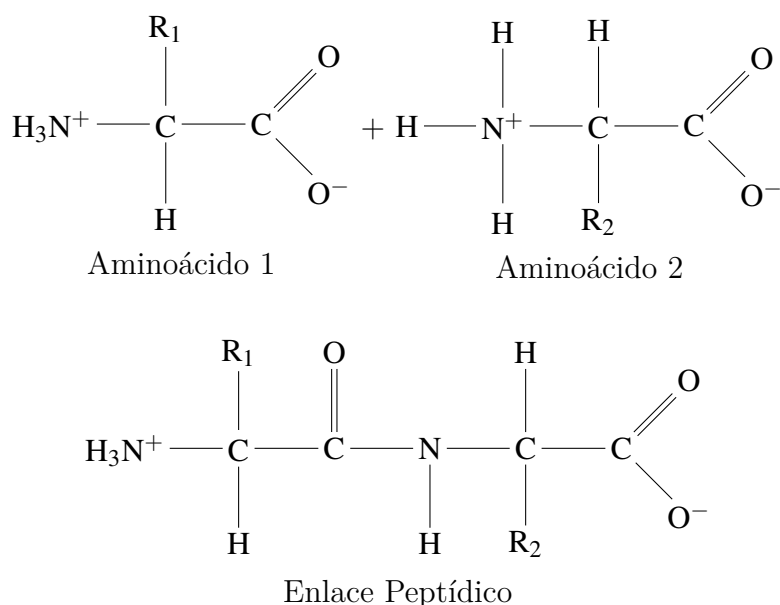
11.3. Las proteínas

Son las macromoléculas (moléculas muy grandes compuestas por moléculas más pequeñas unidas entre sí o monómeros) mayoritarias en los seres vivos. Las proteínas son polímeros de **aminoácidos**, monómeros constituidos por un átomo de carbono central que está unido a un grupo de amino, un ácido y un radical distintivo qué hace que haya 20 tipos de aminoácidos diferentes.



El carbono central se denomina carbono alpha. El radical hace que las propiedades de cada aminoácido sean diferentes. Afecta a su **reactividad**, ya que son diferentes grupos funcionales, y a su **solubilidad**, por que hacen a los aminoácidos polares (cargados positivos, cargados negativos o sin carga) o apolares.

Los monómeros se **polimerizan** para formar las proteínas. Esta reacción consiste en una reacción de condensación en la que reaccionan el grupo ácido de un aminoácido con el grupo amino del siguiente, obteniéndose una molécula de agua. Estos enlaces se denominan **enlaces peptídicos**. Los enlaces peptídicos son especialmente estables ya que una pareja de electrones



de valencia del nitrógeno están parcialmente compartidos con el carbono lo que hace que se asemeje a un enlace doble. Cuando los aminoácidos están unidos se les denomina residuos para distinguirlos de los monómeros libres. El enlace peptídico es un enlace **rígido, fuerte y direccional**, con un N terminal a la izquierda y un C terminal a la derecha, que proporciona a la estructura global de la proteína **flexibilidad**.

Cuando se unen menos de 50 aminoácidos resulta un **oligopéptido** o **péptido**, si el polímero contiene más de 50 aminoácidos se denomina **polipéptido**. Las proteínas pueden realizar

diferentes funciones en la célula porque difieren mucho en tamaño y forma, así como las propiedades químicas de sus residuos. Independientemente de lo grande o compleja que puede ser una proteína, su estructura se clasifica en cuatro niveles de organización.

1. Estructura primaria: es la secuencia característica de aminoácidos que componen la proteína. Las posibles estructuras primarias son prácticamente infinitas porque existen 20 aminoácidos que se combinan en número y orden diferente, y cada una determina la función de la proteína. La estructura primaria determina los siguientes niveles estructurales.
2. Estructura secundaria: se origina por los enlaces de hidrógeno entre los aminoácidos que conforman el esqueleto. Son posibles entre el oxígeno del grupo $\text{C}=\text{O}$ (con carga negativa parcial) del hidrógeno de los grupos $\text{N}-\text{H}$ (con carga parcial positiva). Se puede formar una hélice alfa cuando el esqueleto se enrolla, o una lámina pegada beta si el esqueleto se dobla 180° y luego se pliega el mismo plano. Que se forme una gota depende de los aminoácidos de la cadena principal debido a la geometría específica de sus cadenas laterales. El gran número de enlaces de hidrógeno en estas estructuras las hace especialmente estables.
3. Estructura terciaria: resulta de las interacciones entre los radicales o de las interacciones entre el esqueleto y radicales. Cada contacto contribuye a moldear la forma tridimensional distintiva de cada proteína. Hay cinco tipos de interacciones que producen los plegamientos.
 - a) **enlaces de hidrógeno**: entre los radicales polares y las cargas opuestas del esqueleto o de otro radical.
 - b) **interacciones hidrófobas**: las cadenas laterales no polares en una solución acuosa se juntan y forman más enlaces de hidrógeno entre sí.
 - c) **interacciones de Van der Waals**: tienen lugar por el movimiento constante de los electrones que otorga las moléculas una minúscula asimetría en su carga y hace que se atraigan. Aunque son muy débiles, un número de ellas E incrementa la estabilidad de la estructura.
 - d) **enlaces covalentes**: entre las cadenas laterales de dos cisteínas.
 - e) **enlaces iónicos**: entre grupos con cargas completas de signos opuestos.
4. estructura cuaternaria: la combinación de polipéptidos unidos mediante los mismos tipos de enlace que proporcionan la estructura terciaria, crean una estructura cuaternaria de proteínas.

Si una proteína pierde su propia estructura (plegamiento, orden de aminoácidos...) se dice que está **desnaturalizada**. Esto ocurre por diferentes factores como calor o cambio de pH. Muchas veces sólo cuando la proteína va a realizar su función se pliega correctamente. El plegamiento de las proteínas está regulado por las **chaperonas moleculares**. Ciertas proteínas pueden formar agentes infecciosos cuando se pliegan de forma defectuosa llamados **priones**.

Las proteínas realizan más tipos de funciones en los organismos que cualquier otra molécula:

1. **Defensa**: los anticuerpos atacan y destruyen virus y bacterias (inmunoglobulinas).
2. **Movimiento**: las proteínas motoras y contráctiles son los responsables de mover las células o grandes moléculas y sustancias dentro de la misma (actina y miosina).

3. **Señalización:** están implicadas en transporte y recepción de señales de una célula a otra (hormonas peptídicas).
4. **Estructura:** las proteínas forman componentes corporales como las uñas o el pelo y define la forma de las células individuales (proteínas de membrana).
5. **Transporte:** permiten que ciertas moléculas entren y salgan de la célula, y transportan sustancias por todo el cuerpo (hemoglobina, lipoproteínas, transportadores de glucosa).
6. **Catálisis:** la mayoría de las reacciones químicas que hacen posible la vida dependen de las **enzimas**, proteínas que actúan como catalizadores.

Un catalizador es una sustancia que acelera una reacción química sin consumirse él mismo, es decir, sin sufrir ninguna transformación en la reacción. A nivel biológico, un catalizador es una sustancia que permite que una reacción tenga lugar en unas determinadas condiciones de presión, temperatura,..., ya que muchas reacciones químicas requieren un aporte de energía para iniciarse (energía de activación). Las enzimas acercan entre sí los sustratos en una orientación precisa para que las reacciones sean más probables. Muchas enzimas son específicas de una reacción, lo que depende de su geometría y propiedades químicas de los sitios a los que se unen los sustratos. En una reacción catalizada por una enzima, los elementos fundamentales son:

1. sustrato: la molécula que va a sufrir la reacción química, es decir, los reactivos.
2. sitio activo: lugar de superficie de la enzima al que se une el sustrato y donde tiene lugar la reacción (catálisis). Es específico para cada sustrato de cada reacción química.
3. complejo enzima-sustrato: el producido por la unión del sustrato al sitio activo de la enzima. En este momento la enzima cambia su conformación original y da lugar al producto de la reacción química, tras lo cual vuelve a quedar libre con su forma y estado original.

Muchas enzimas sufren un cambio significativo en su forma cuando las moléculas reactantes se unen al sitio activo, lo que se llama encaje inducido. El sustrato se mantiene en su lugar mediante enlaces de hidrógeno y otras interacciones débiles. Una vez el sustrato está en el sitio activo los radicales entran en acción y la interacción entre el sustrato y la enzima aumenta hasta que llega a una condición temporal conocida como estado de transición.

Para conseguir este estado hace falta una cantidad de energía conocida como energía de activación. La función de las enzimas es reducir esta energía de activación necesaria de forma que la reacción sea más rápida. Al acabar la reacción, los productos tienen mucha menos afinidad con el sitio activo, por lo que finaliza la unión, la enzima vuelve a su conformación original y los productos se liberan.

En algún punto, los sitios activos no pueden aceptar ya los sustratos con mayor rapidez y la velocidad de reacción se estabiliza. Algunas enzimas requieren la presencia en su estructura de otras moléculas que les permitan ser químicamente activas. Estas moléculas pueden ser de diferente naturaleza.

1. cofactores: iones inorgánicos (cobre, hierro, cinc, ...)
2. coenzimas: moléculas orgánicas pequeñas que se unen temporalmente al sitio activo de la enzima para que esta actúe (vitaminas, ATP, ADP, ...)
3. grupos prostéticos: unidos de forma permanente a la enzima para que esta sea activa.

La actuación de las enzimas determina el metabolismo, por lo que es necesario regular la actividad enzimática para regular la actividad metabólica. Para ello, existen **inhibidores**, moléculas que se unen a la enzima impidiendo su actuación. La inhibición de la actividad enzimática puede ser irreversible o reversible.

Regulación mediante modificaciones no covalentes (reversibles).

1. Inhibición competitiva: la molécula reguladora es similar al sustrato natural de la enzima y se une al sitio activo inhibiendo la catálisis.
2. Inhibición alostérica: la molécula se une en una zona distinta del sitio activo y modifica la forma de la enzima.

Regulación mediante modificaciones covalentes (reversibles o irreversibles). La más común es la adición de uno o más grupos fosfato que rompe los enlaces peptídicos y modifican la estructura primaria (irreversible). Cuando decimos que una enzima se ha activado nos referimos a que su función catalítica ha sido habilitada.

11.4. Los ácidos nucleicos

Los ácidos nucleicos son polímeros, igual que las proteínas. Pero en lugar de estar compuestos por monómeros llamados aminoácidos, los ácidos nucleicos están compuestos por monómeros denominados nucleótidos. Los nucleótidos están compuestos por una base de pentosa (un azúcar que es ribosa en el ARN y desoxirribosa en el ADN), un grupo fosfato y una base nitrogenada (purinas: adenina A y guanina G, y pirimidinas: citosina C, uracilo U para el ARN y timina T para el ADN).

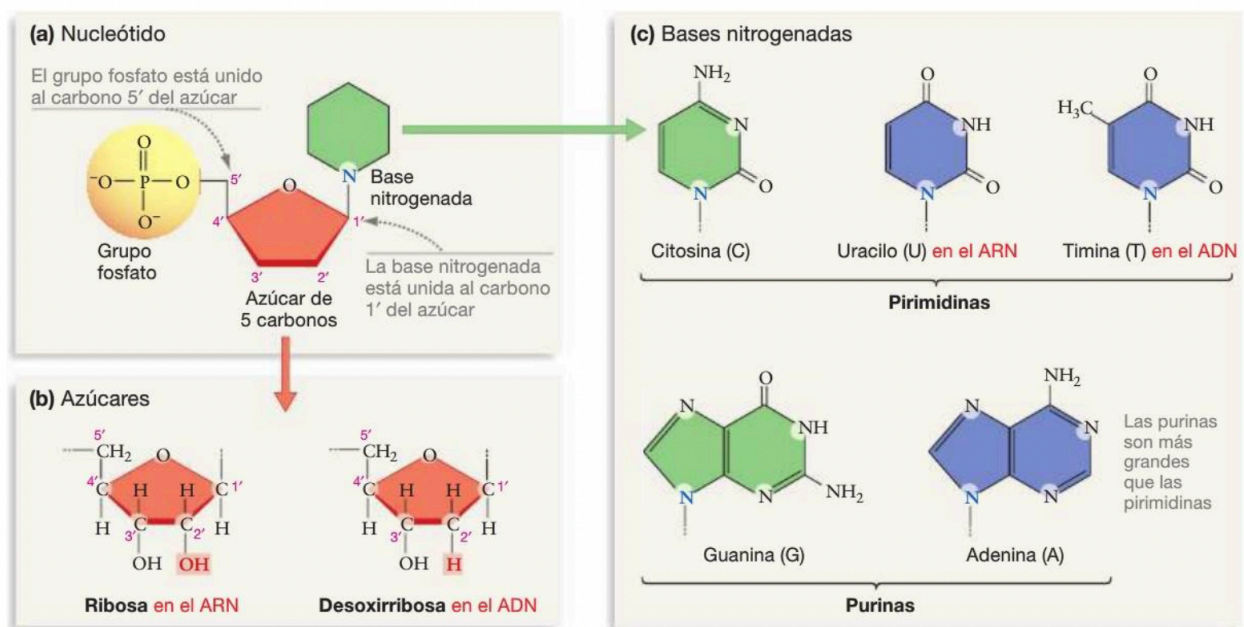


Figura 11.1: Estructura general de un nucleótido

Los ácidos nucleicos se forman mediante la polimerización de nucleótidos mediante la unión del grupo fosfato de un nucleótido (carbono 5') y el grupo hidroxilo del azúcar de otro nucleótido (carbono 3'). El resultado de la reacción de condensación se denomina **enlace fosfodiéster**.

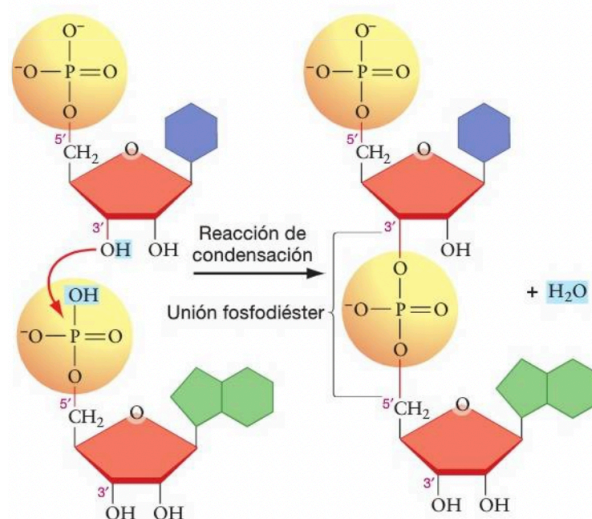


Figura 11.2: Los nucleótidos se polimerizan mediante uniones fosfodiéster.

El esqueleto de un ácido nucleico es direccional, un extremo tiene un fosfato 5' libre y el otro un hidroxilo 3' libre. La secuencia de bases del ADN o ARN siempre se escribe en la dirección 5' a 3'. El orden de las distintas bases forman la estructura primaria de la molécula. La polimerización tiene lugar porque primero se aumenta la energía potencial de los monómeros añadiendo dos grupos fosfato y creando nucleótidos trifosfato. Los grupos fosfato de carga negativa se repelen, lo que almacena suficiente energía como para hacer posible una reacción que en condiciones normales no sería espontánea.

Estructura y función del ADN

La **estructura primaria del DNA** está formada por una secuencia de bases nitrogenadas. La estructura secundaria del DNA está formada por dos hebras de DNA que discurren en direcciones opuestas y que se encuentran enfrentadas por las bases nitrogenadas, por las que se mantienen unidas mediante puentes de hidrógeno. Las cadenas con esta orientación se denominan **antiparalelas** (una va en dirección 5'3' y la otra 3'5') y están enrolladas en forma de **doble hélice** ya que las bases nitrogenadas situadas en la parte central son hidrófobas. El enrollamiento minimiza el contacto con el agua y la molécula en su conjunto se disuelve en agua porque el exterior de la molécula contiene grupos fosfato negativamente cargados que interactúan con el agua. En el exterior helicoidal se forman dos surcos, uno mayor y otro menor.

Las bases nitrogenadas del DNA son adenina (A), guanina (G), citosina (C) y timina (T), que aparecen siempre emparejadas **A — T** y **G — C**, unidas por puentes de hidrógeno (dos en el caso A y T y tres en el caso G y C). Este emparejamiento de bases complementarias, siempre una purina con una pirimidina, es muy estable, universal y es clave de la información contenida en los ácidos nucleicos y de su transmisión. La secuencia de las bases nitrogenadas es el lenguaje en el que se escribe toda la información vital para la célula.

El ADN transporta la información necesaria para el crecimiento y la reproducción del organismo, gracias a la replicación. La estructura primaria del ADN sirve como molde para la síntesis de una cadena complementaria. El calentamiento hace que la doble hélice se separe. Los desoxirribonucleótidos libres forman enlaces de hidrógeno con las bases complementarias

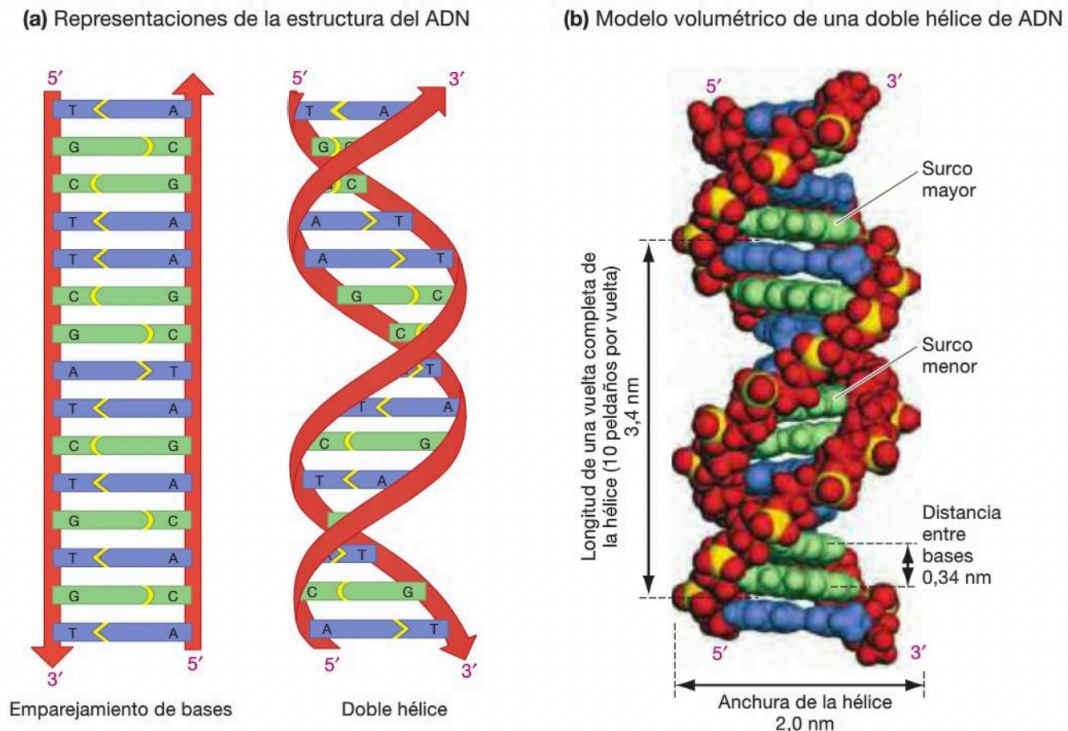


Figura 11.3: Estructura secundaria del ADN

de la cadena molde, a la vez que sus grupos azúcar-fosfato forman uniones fosfodiéster para crear una nueva cadena llamada cadena complementaria, que opuesta a la cadena molde. De esta forma, se copia con exactitud la cadena de un ADN.

Estructura y función del ARN

La **estructura primaria del RNA** está formada por una secuencia de bases nitrogenadas que son adenina (A), guanina (G), citosina (C) y uracilo (U). La presencia de dos grupos OH en su pentosa hace que sea mucho menos estable que el DNA y le permite realizar actividades catalíticas.

Su estructura secundaria son dobles hélices cortas y estructuras llamadas horquillas. Resulta del emparejamiento entre las bases complementarias de una **misma cadena**. Aparecen siempre emparejadas A — U y C — G, unidas por puentes de hidrógeno (dos en el caso de A y U y tres en el caso de G y C). Las dos cadenas azúcar-fosfato son antiparalelas y los enlaces de hidrógeno da lugar a una doble hélice estable. Las moléculas de RNA se pliegan y pueden interaccionar entre sí, formando algunas estructuras terciarias y cuaternarias. No pueden almacenar información tan eficazmente como el ADN pero si llevan a cabo funciones clave para el procesamiento de información. Se puede copiar a sí mismo al igual que el ADN. Una serie de ribonucleótidos libres forma enlaces de hidrógeno con las bases de la cadena molde de RNA. Sus grupos azúcar-fosfato forman uniones fosfodiéster para crear una molécula de doble cadena. Cuando gracias al calor los enlaces de hidrógeno se rompen, una molécula complementaria de RNA existe independientemente de la cadena molde.

Además, el RNA puede actuar como catalítico. En 1989 el descubrimiento de RNA catalítico (las ribozimas) marcó un cambio en la investigación, al demostrar que las proteínas no son las

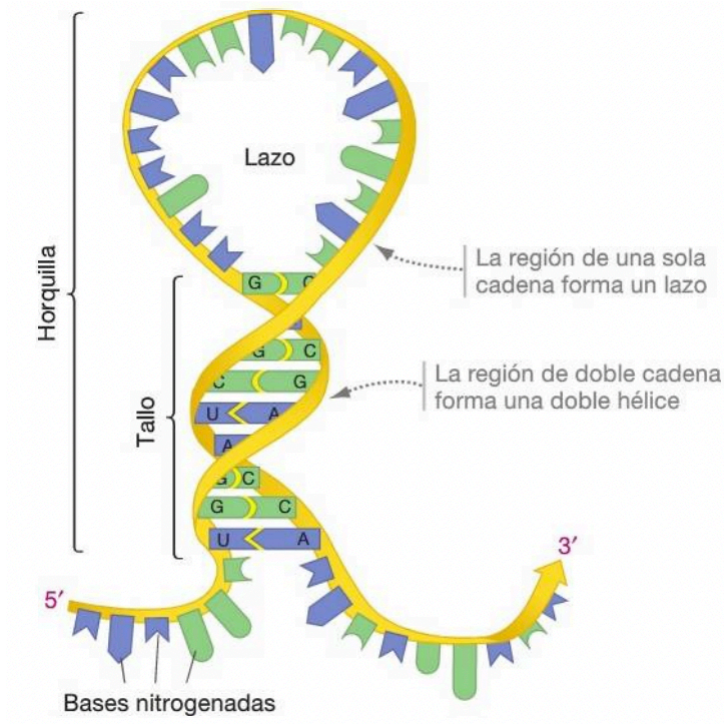


Figura 11.4: Estructura secundaria del ARN

únicas moléculas que catalizan las reacciones químicas. La naturaleza tridimensional de las ribozimas es crucial para su actividad catalítica, ya que permiten crear un sitio activo donde los sustratos se junten y se promueva la reacción.

1. RNA mensajero (mRNA): transporta información del núcleo al citoplasma, al traducirse da lugar a las proteínas. Se traduce en los ribosomas. Cadena simple.
2. RNA ribosómico (rRNA): forma parte de los ribosomas. Hay varios tipos que forman la subunidad pequeña y grande del ribosoma junto con proteínas. Cadena simple con estructura secundaria.
3. RNA transferente (tRNA): transporta los aminoácidos al ribosoma. Cadena simple con estructura secundaria en forma de trébol.
4. RNA no codificante (ncRNA): incluye gran variedad de RNAs con funciones muy diversas. Cadena simple, cada uno con estructura diferente.

11.5. Los carbohidratos o hidratos de carbono