



**Universidad Nacional de Educación a Distancia**

GRADO EN FÍSICA

BIOLOGÍA

Autor:  
Daniel Pérez

# Índice general

<b>1. Introducción a la Biología</b>	<b>3</b>
1.1. La teoría celular . . . . .	3
1.2. La teoría de la evolución . . . . .	3
1.3. Taxonomía fundamental . . . . .	3
<b>2. Biomoléculas</b>	<b>4</b>
2.1. Estructura y funciones de las proteínas . . . . .	4
2.1.1. Los aminoácidos . . . . .	4
2.1.2. Estructura primaria, secundaria, terciaria y cuaternaria de las proteínas	5
2.1.3. Las enzimas y la catálisis de las reacciones . . . . .	5
2.2. Estructura y función de los ácidos nucleicos . . . . .	6
2.2.1. Los nucleótidos . . . . .	6
2.2.2. El DNA . . . . .	7
2.2.3. El RNA . . . . .	7
2.3. Introducción a los hidratos de carbono . . . . .	8
2.3.1. Estructura de los hidratos de carbono: monómeros y polímeros . . . . .	8
2.3.2. Funciones (estructurales, energéticas y su papel en la célula) . . . . .	9
2.4. Introducción a los lípidos . . . . .	9
2.4.1. Características de los lípidos . . . . .	9
2.4.2. Estructura y función de los lípidos de membrana . . . . .	9
<b>3. Estructura y función celular</b>	<b>11</b>
3.1. Estructura de la célula procariota . . . . .	11
3.2. Estructura de la célula eucariota . . . . .	11
3.3. Membrana plasmática . . . . .	11
3.4. Sistema de endomembranas . . . . .	11
3.5. Núcleo . . . . .	11
3.6. Citoesqueleto . . . . .	11
<b>4. Metabolismo</b>	<b>12</b>
4.1. Conceptos generales: metabolismo y redes metabólicas . . . . .	12
4.2. Obtención y transformación de la energía por los seres vivos . . . . .	12
<b>5. Ciclo celular y meiosis</b>	<b>13</b>
5.1. Etapas del ciclo celular . . . . .	13
5.2. División celular en eucariotas: mitosis . . . . .	13
5.3. Citocinesis . . . . .	13
5.4. Control de ciclo celular y cáncer . . . . .	13
5.5. Reproducción sexual: meiosis . . . . .	13

<b>6. Replicación del DNA</b>	<b>14</b>
6.1. El DNA como material hereditario . . . . .	14
6.2. Composición química y estructura del DNA . . . . .	14
6.3. Replicación: modelo y mecanismo . . . . .	14
6.4. Los télómeros . . . . .	14
6.5. Reparación de errores . . . . .	14
<b>7. Transcripción y traducción del DNA</b>	<b>15</b>
7.1. El dogma central de la biología . . . . .	15
7.2. Síntesis del RNA o transcripción . . . . .	15
7.3. El código genético . . . . .	15
7.4. Síntesis de proteínas o traducción . . . . .	15
7.5. Mecanismos de regulación de la traducción . . . . .	15
7.6. Modificaciones postraduccionales . . . . .	15
7.7. Mutaciones . . . . .	15
<b>8. Expresión de la información génica</b>	<b>16</b>
8.1. Organización del genoma en eucariotas . . . . .	16
8.2. Tamaño del genoma . . . . .	16
8.3. Tipos de secuencias . . . . .	16
8.4. Secuencias repetitivas . . . . .	16
8.5. Estructura de los genes que codifican proteínas . . . . .	16
8.6. Regulación de la expresión: mecanismos de control de transcripción y traducción	16
<b>9. Ingeniería genética y biotecnología</b>	<b>17</b>
9.1. Herramientas de la ingeniería genética . . . . .	17
9.1.1. Endonucleasa de restricción . . . . .	17
9.1.2. DNA ligasa . . . . .	17
9.1.3. Transcriptasa inversa . . . . .	17
9.2. Tecnología del DNA recombinante . . . . .	17
9.3. Reacción en cadena de la polimerasa: fundamentos, etapas y variables a tener en cuenta . . . . .	17
9.4. Secuenciación del DNA . . . . .	17
9.5. Conocer como localizar y manipular genes asociados a enfermedades. Terapia génica. . . . .	17
9.6. Genómica y proteómica . . . . .	17
<b>10. La biología y el árbol de la vida</b>	<b>18</b>
10.1. Definiciones . . . . .	18
10.2. La teoría celular . . . . .	19
10.3. La teoría de la evolución por selección natural . . . . .	19
10.4. El árbol de la vida . . . . .	20
<b>11. Biomoléculas</b>	<b>22</b>
11.1. El agua . . . . .	22
11.2. El carbono . . . . .	23
11.3. Las proteínas . . . . .	25
11.4. Los ácidos nucleicos . . . . .	28
11.5. Los carbohidratos o hidratos de carbono . . . . .	31

# Capítulo 1

## Introducción a la Biología

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

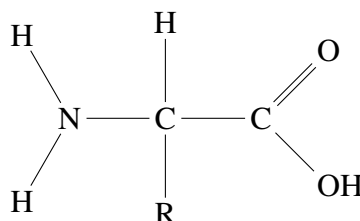
# Capítulo 2

## 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  $180^\circ$  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 interactuar 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  $\beta$ -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  $\beta$ -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

- 3.1. Estructura de la célula procariota
- 3.2. Estructura de la célula eucariota
- 3.3. Membrana plasmática
- 3.4. Sistema de endomembranas
- 3.5. Núcleo
- 3.6. Citoesqueleto

# 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 las 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 prominentemente 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.

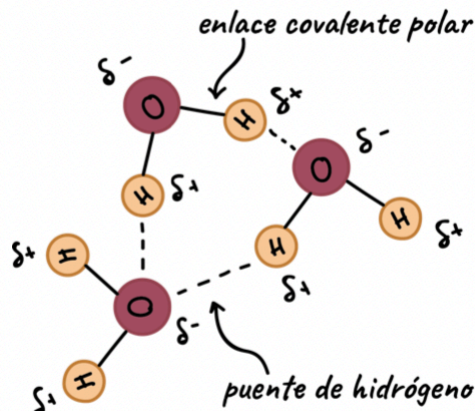
# Capítulo 11

## 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.

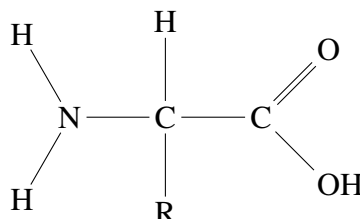
El carbono se une a otros elementos formando moléculas de diferentes tamaños y con diferentes enlaces, lo que determina su función. Los **grupos funcionales** más importantes son:



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	$\begin{array}{c} \text{R} - \text{C} - \text{R} \\    \\ \text{O} \end{array}$ $\begin{array}{c} \text{O} \\ // \\ \text{R} - \text{C} \\   \\ \text{H} \end{array}$	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 <math>\text{S} - \text{S}</math> que contribuyen a la estructura proteica</p>
Sulfhidrilo	$\text{R} - \text{SH}$	Tioles	

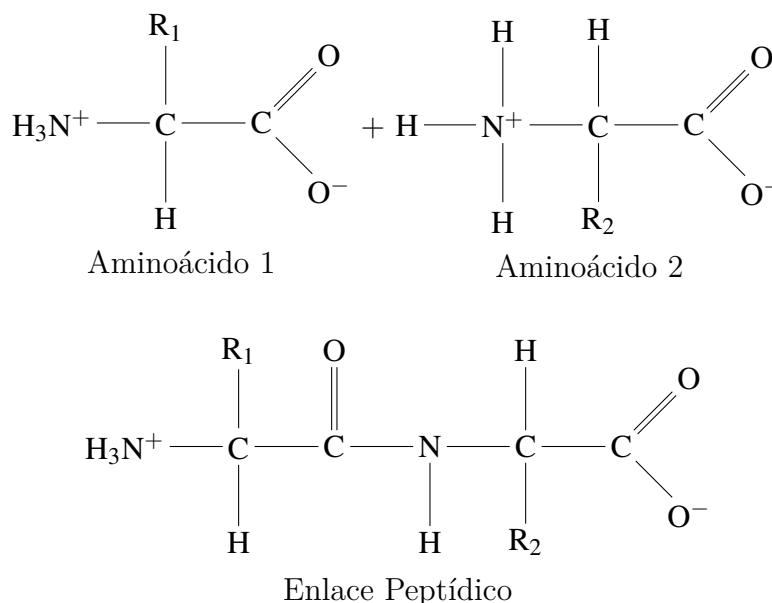
## 11.3. Las proteínas

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  $180^\circ$  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).

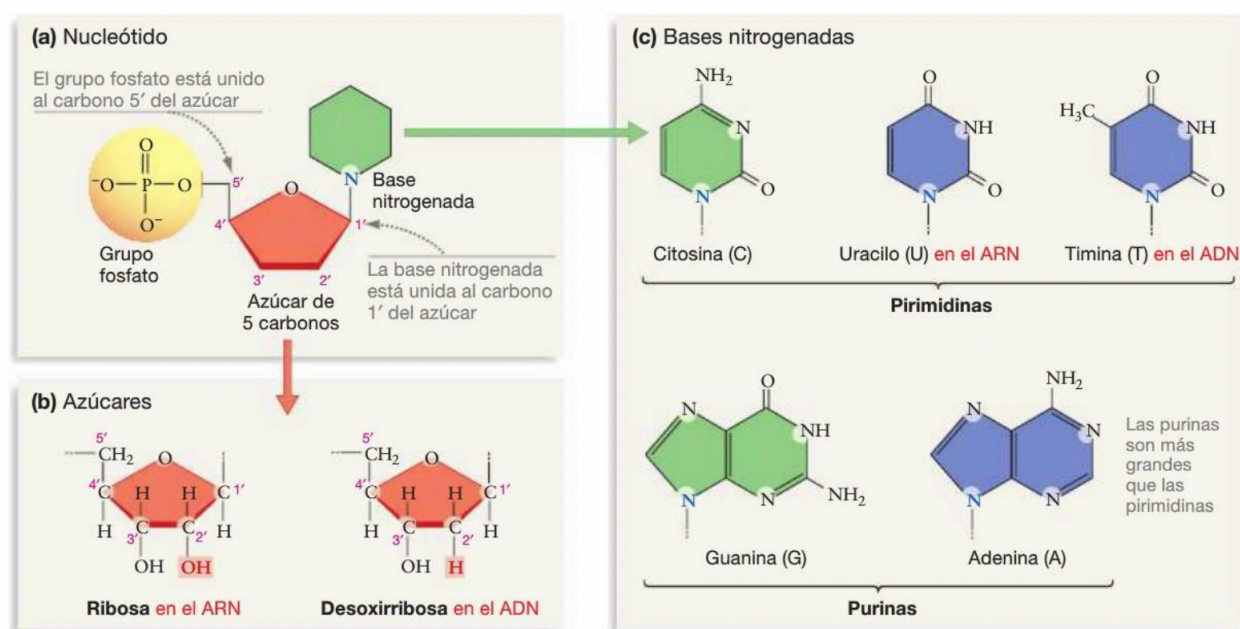


Figura 11.1: Estructura general de un nucleótido

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**.

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.

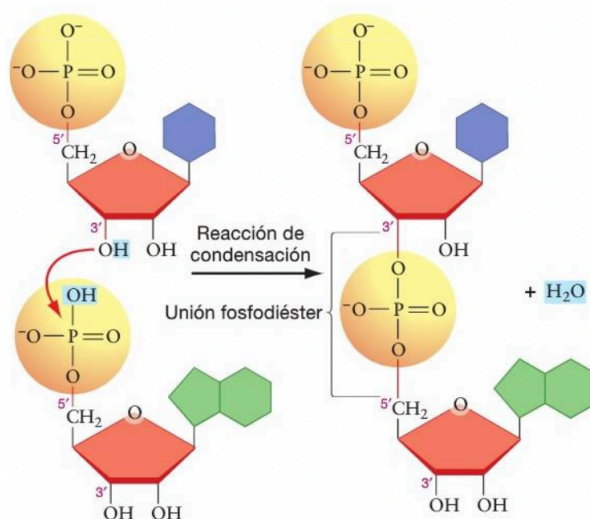


Figura 11.2: Los nucleótidos se polimerizan mediante uniones fosfodiéster.

## 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 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. Re-

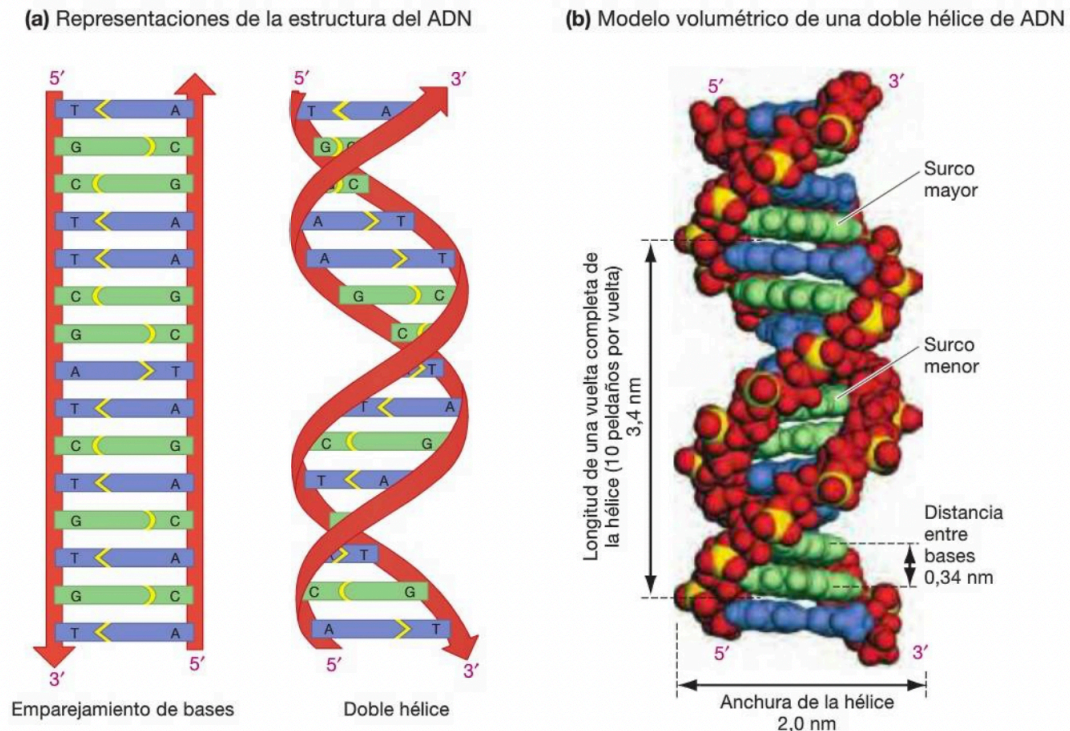


Figura 11.3: Estructura secundaria del ADN

sulta 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 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.



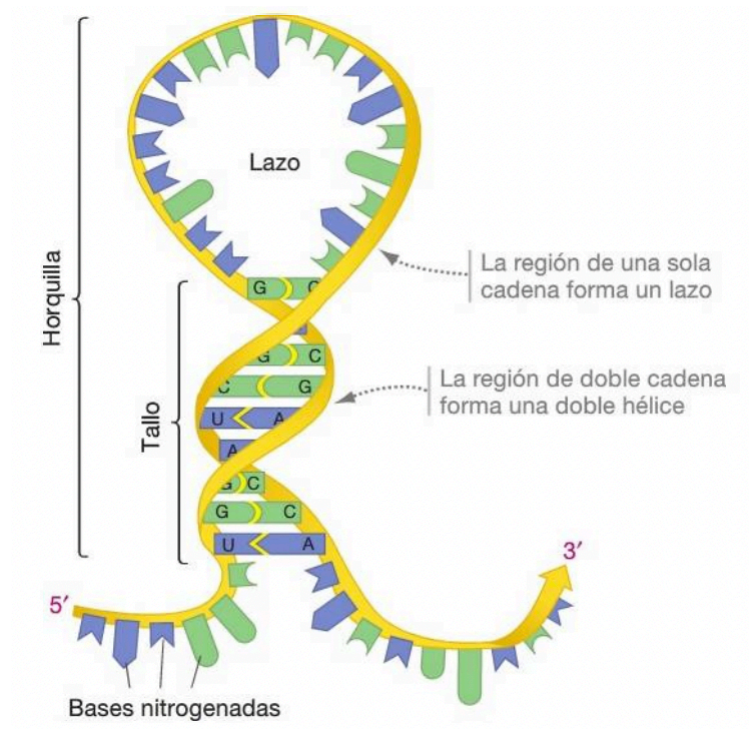


Figura 11.4: Estructura secundaria del ARN

## 11.5. Los carbohidratos o hidratos de carbono