

# **CIENCIAS**

## **ENVINATU**

Marcelo F. Amores Palma

marzo, 2025





UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI  
FACULTAD CIENCIAS AGROPECUARIAS Y RECURSOS  
NATURALES  
CARRERA DE INGENIERÍA EN MEDIO AMBIENTE

PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

**Evaluación de la calidad del agua en la Cuenca Alta del Río  
Pita**

Proyecto de Investigación presentado previo a la obtención del Título de Ingeniero en  
Medio Ambiente

Autor:

Marcelo Fernando Amores Palma

Tutora:

M.Sc. Kalina Marcela Fonseca Largo

Coautora:

Ph.D. (c) Mercy Lucila Ilbay Yupa

Latacunga - Ecuador

6 de marzo de 2025



# Índice

<b>Presentación</b>	<b>1</b>
<b>I. Biología I</b>	<b>3</b>
<b>1. El origen de la vida</b>	<b>5</b>
1.1. El método científico . . . . .	7
1.2. Microscopía . . . . .	9
1.3. Origen y evolución del universo . . . . .	13
1.4. Origen y evolución de la Tierra . . . . .	15
1.5. Teorías sobre el origen de la vida . . . . .	23
1.6. Agua . . . . .	30
<b>2. Biomoléculas orgánicas y metabolismo</b>	<b>45</b>
2.1. Glúcidos . . . . .	47
2.2. Lípidos . . . . .	51
2.3. Vitaminas . . . . .	58
2.4. Las proteínas . . . . .	61
2.5. Aminoácidos . . . . .	66
2.6. Enzimas . . . . .	68
2.7. Ácidos nucleicos . . . . .	78
2.8. Metabolismo . . . . .	85
<b>3. Evolución de la vida</b>	<b>95</b>
3.1. El origen de las especies . . . . .	97
3.2. El darwinismo . . . . .	99
3.3. La especiación y las teorías actuales . . . . .	107
3.4. Tipos de selección natural . . . . .	109
3.5. Las pruebas de la evolución . . . . .	115
3.6. La evolución humana . . . . .	119
<b>4. Clasificación de los seres vivos</b>	<b>125</b>
4.1. Nomenclatura de los seres vivos . . . . .	127
4.2. Los dominios y reinos de los seres vivos . . . . .	131
4.3. Bacteria y Archaea . . . . .	131
4.4. Protoctista . . . . .	135
4.5. Fungi . . . . .	137
4.6. Plantae . . . . .	139

4.7. Animalia . . . . .	141
4.8. Diversidad biológica . . . . .	149
4.9. Diversidad genética . . . . .	149
4.10. Diversidad específica . . . . .	149
4.11. Diversidad ecológica . . . . .	150
<b>5. Biología celular</b>	<b>151</b>
5.1. Teoría celular . . . . .	153
5.2. Origen de la célula . . . . .	153
5.3. La célula . . . . .	154
<b>6. Sistema digestivo y nutrición</b>	<b>179</b>
6.1. El sistema digestivo . . . . .	179
6.2. El sistema excretor . . . . .	182
6.3. Nutrición . . . . .	184
6.4. Biotecnología . . . . .	199
<b>II. Biología II</b>	<b>205</b>
<b>7. La base de la vida</b>	<b>207</b>
7.1. El ADN como base de la vida . . . . .	207
7.2. Introducción a la genética molecular . . . . .	208
7.3. Control de la expresión genética . . . . .	229
<b>8. El ciclo celular</b>	<b>237</b>
8.1. Mitosis . . . . .	237
8.2. Interfase celular . . . . .	240
8.3. La meiosis . . . . .	242
8.4. Control del ciclo celular . . . . .	245
8.5. Función de reproducción . . . . .	250
<b>9. Genética</b>	<b>257</b>
9.1. Los genes . . . . .	257
9.2. La transmisión de los caracteres . . . . .	258
9.3. La expresión de los genes: la herencia . . . . .	258
9.4. Genética mendeliana . . . . .	263
9.5. Herencia de enfermedades ligadas al sexo . . . . .	266
9.6. La ingeniería genética . . . . .	267
<b>10. Histología y fisiología vegetal</b>	<b>275</b>
10.1. La organización pluricelular . . . . .	275
10.2. El medio interno . . . . .	276
10.3. El desarrollo embrionario y la diferenciación celular . . . . .	277
10.4. Tejidos vegetales . . . . .	278
10.5. Captación y transformación de nutrientes en vegetales . . . . .	281

10.6. Excreción en los vegetales . . . . .	283
10.7. La respiración en los vegetales . . . . .	284
10.8. El transporte de sustancias en los vegetales . . . . .	285
<b>11. Fisiología animal</b>	<b>291</b>
11.1. Desarrollo embrionario en los animales . . . . .	291
11.2. Tejidos animales . . . . .	292
11.3. Sistemas animales . . . . .	297
<b>12. Anatomía y fisiología humana</b>	<b>319</b>
12.1. El sistema circulatorio . . . . .	322
12.2. El cerebro humano . . . . .	325
12.3. El aparato locomotor . . . . .	330
12.4. El sistema endocrino humano . . . . .	333
<b>III. Biología III</b>	<b>339</b>
<b>13. Seres vivos y su ambiente</b>	<b>341</b>
13.1. Biomas del mundo . . . . .	341
13.2. Biodiversidad del Ecuador . . . . .	347
13.3. Estrategias y políticas para la conservación de la biodiversidad . . . . .	357
<b>14. Ecología y crecimiento poblacional de los seres humanos</b>	<b>361</b>
14.1. Ecología humana . . . . .	361
14.2. Crecimiento y modelos poblacionales . . . . .	365
14.3. Bioingeniería y necesidades humanas . . . . .	371
<b>15. Anatomía y fisiología de los seres vivos</b>	<b>377</b>
15.1. Sistema nervioso y endócrino . . . . .	377
15.2. El sistema nervioso . . . . .	387
15.3. Alteraciones del sistema nervioso esta perturbación . . . . .	395
15.4. Enfermedades del sistema nervioso y endócrino . . . . .	397
15.5. Sistema inmunológico en animales . . . . .	399
<b>16. Reproducción en seres vivos</b>	<b>409</b>
16.1. Sistemas de reproducción en seres vivos . . . . .	409
16.2. Reproducción asexual en plantas y animales . . . . .	409
16.3. Desarrollo embrionario animal . . . . .	414
16.4. Fecundación, embarazo y parto en los seres humanos . . . . .	426
<b>17. Relaciones humanas y salud sexual</b>	<b>437</b>
17.1. La salud y las enfermedades . . . . .	437
17.2. La sexualidad . . . . .	456
<b>18. Recursos naturales y educación ambiental</b>	<b>467</b>
18.1. Los recursos del planeta . . . . .	467

18.2. La sostenibilidad o desarrollo sostenible . . . . .	477
18.3. Ecogestión . . . . .	479
18.4. Medidas preventivas para el cambio medioambiental . . . . .	480
18.5. Medidas correctoras para el cambio medioambiental . . . . .	485
18.6. Salud ambiental y calidad de vida . . . . .	488
<b>Referencias</b>	<b>493</b>

# Listado de Figuras

7.1. De esta forma, quedó demostrado que el ADN es el portador de la información genética. . . . .	208
7.2. Las uniones (estables o temporales) entre dos cadenas de ácido nucleico se establecen por complementariedad de bases. . . . .	209
7.3. Mecanismos que hacen posible este flujo de información. . . . .	210
7.4. Cuando se habla de modificaciones en las cadenas de ADN (alargamiento o acortamiento) en sentido 5' 3' (desde 5' hasta 3'), significa que el extremo 5' no se altera y la modificación tiene lugar en el extremo 3'. Si la modificación es en sentido 3' 5', el extremo 3' no se altera y la modificación tiene lugar en el extremo 5'. . . . .	215
15.1. Evolución de los órganos linfoides en animales vertebrados. En aves y mamíferos surgen los centros germinales. . . . .	402
16.1. La interrelación de ambos ciclos determina el período fértil en las mujeres, que es el intervalo de días en los que la probabilidad de embarazo es elevada.	425
17.1. Las drogas funcionan como los neurotransmisores, uniéndose a las células nerviosas. En el ejemplo, vemos cómo los neurotransmisores o encefalinas tienen similitudes con la morfina. . . . .	450
18.1. Las tres zonas de una reserva de la biosfera: 1-zona núcleo. 2-zona tampón. 3-zona de transición. . . . .	484



# Listado de Tablas

1.1. Algunos colorantes y partes u orgánulos que tiñen. . . . .	11
1.5. Funciones biológicas del agua . . . . .	39
6.9. Número de raciones diarias de cada grupo de alimentos . . . . .	194



# **Presentación**

BIOLOGÍA

Digital Editor: Marcelo F. Amores P.

Adaptado del Ministerio de educación del Ecuador (MINEDUC 2021)



**Parte I.**

**Biología I**





# 1. El origen de la vida



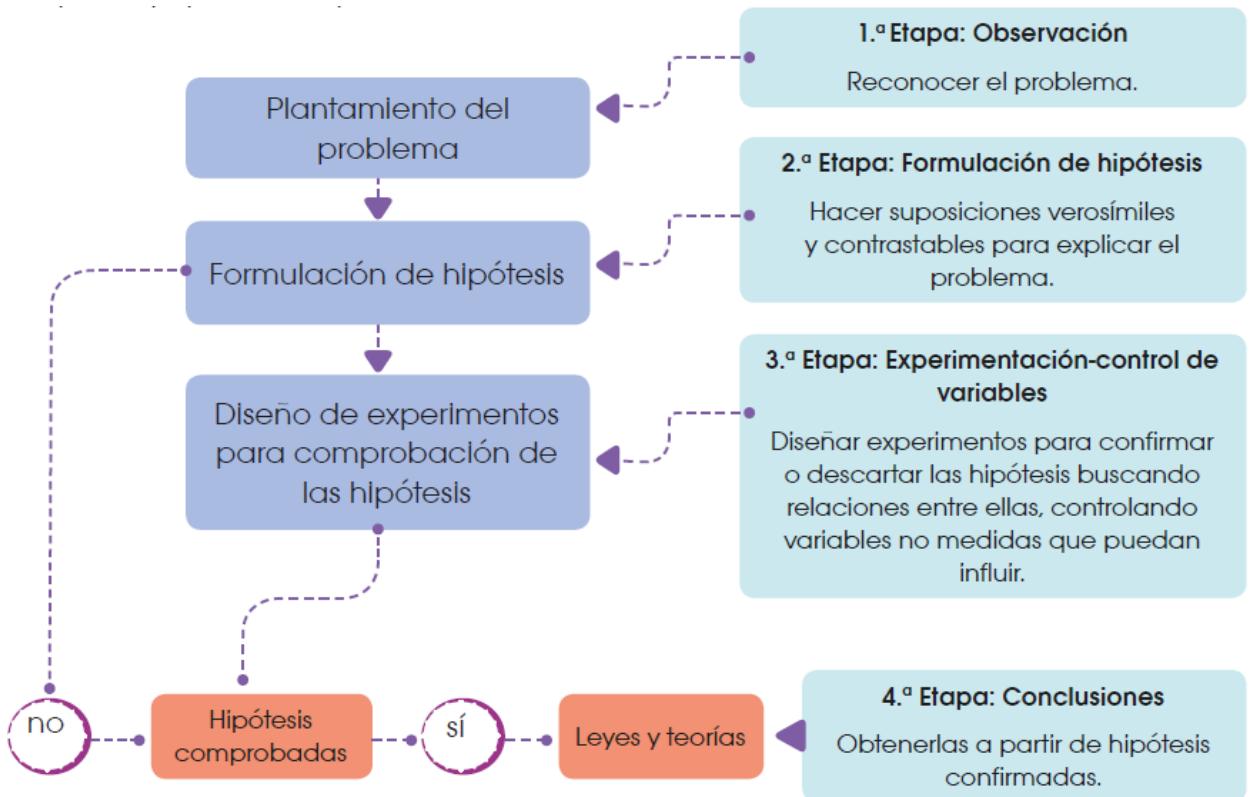
## 1.1. El método científico

La biología, al igual que el resto de las ciencias naturales como la química, la física o la geología, pretende encontrar una explicación sobre cómo y por qué se dan los distintos procesos de la naturaleza; en el caso concreto de la biología, en los seres vivos.

Para esto, científicos han aceptado la necesidad de cumplir una serie de pasos para que las conclusiones a las que se lleguen sean válidas y aceptables. A estas etapas las conocemos como el método científico.

El método científico es un proceso sistemático basado en la observación y la experimentación, gracias al cual obtenemos conocimiento científico, y para llegar a este, es necesario seguir una serie de pasos:

- **Observación:** Reconocemos un problema al aplicar los sentidos a algún objeto o fenómeno natural.
- **Planteamiento del problema:** Planteamos el problema en forma de pregunta a la que hay que dar respuesta.
- **Formulación de hipótesis:** Hacemos suposiciones lógicas y que puedan ser contrastables para dar respuesta a la pregunta.
- **Experimentación:** Diseñamos experimentos que puedan confirmar o descartar la hipótesis planteada. En este punto es importante controlar las variables que puedan influir en el experimento.
- **Aceptación/refutación:** Si el experimento ha demostrado que la hipótesis no es válida, se ha refutado la hipótesis, por lo que debemos plantear una hipótesis nueva y seguir de nuevo todos los pasos. Si después del experimento la hipótesis se considera cierta, creamos una teoría.
- **Conclusión:** Una vez que hemos confirmado la hipótesis, redactamos una teoría o una ley que explique el problema inicial.



Gracias al método científico, podemos construir un conocimiento que explique cómo funciona el mundo natural, pero para aplicar este método de forma exitosa, hay que cumplir ciertos requisitos:

Para empezar, es importante eliminar los prejuicios. Esto significa que tenemos que ser lo más objetivos posible, sin permitir que nuestras ideas previas sobre un concepto afecten al análisis o a la experimentación. Debemos demostrar una actitud imparcial.

A la hora de plantear hipótesis y experimentos que prueben o refuten la hipótesis, es importante ser creativo para poder proponer ideas novedosas, pero siempre desde un razonamiento lógico y teniendo en cuenta que las hipótesis deben ser comprobables mediante un experimento, y que ese experimento pueda repetirse en distintas condiciones.

Durante la realización del experimento, hay que tener en cuenta todas las variables que puedan influir en el mismo. Una vez que tengamos claras las variables y cómo afecta cada una al fenómeno que se está estudiando, debemos controlarlas o reducirlas al mínimo para asegurarnos de que los datos que obtendremos del experimento estén más apegados a la realidad.

Al analizar los datos, es necesario ser honesto y no manipular el experimento ni modificar los datos para hacer que la hipótesis se cumpla. El análisis debe ser objetivo e imparcial.

Para finalizar, es importante tener la mente abierta a nuevas ideas. A lo largo de toda la historia de la ciencia, se han afirmado o descartado teorías y leyes sobre el entorno que nos rodea. Esto es algo normal, ya que, al mejorar la tecnología, podremos mejorar la experimentación, y así podremos acercarnos más al conocimiento científico. No debemos pensar que una teoría es completamente cierta, sino que debemos asumir que es una forma de expresar, lo más acertadamente que podamos, un fenómeno natural; y que cabe la posibilidad de que no sea totalmente irrefutable.

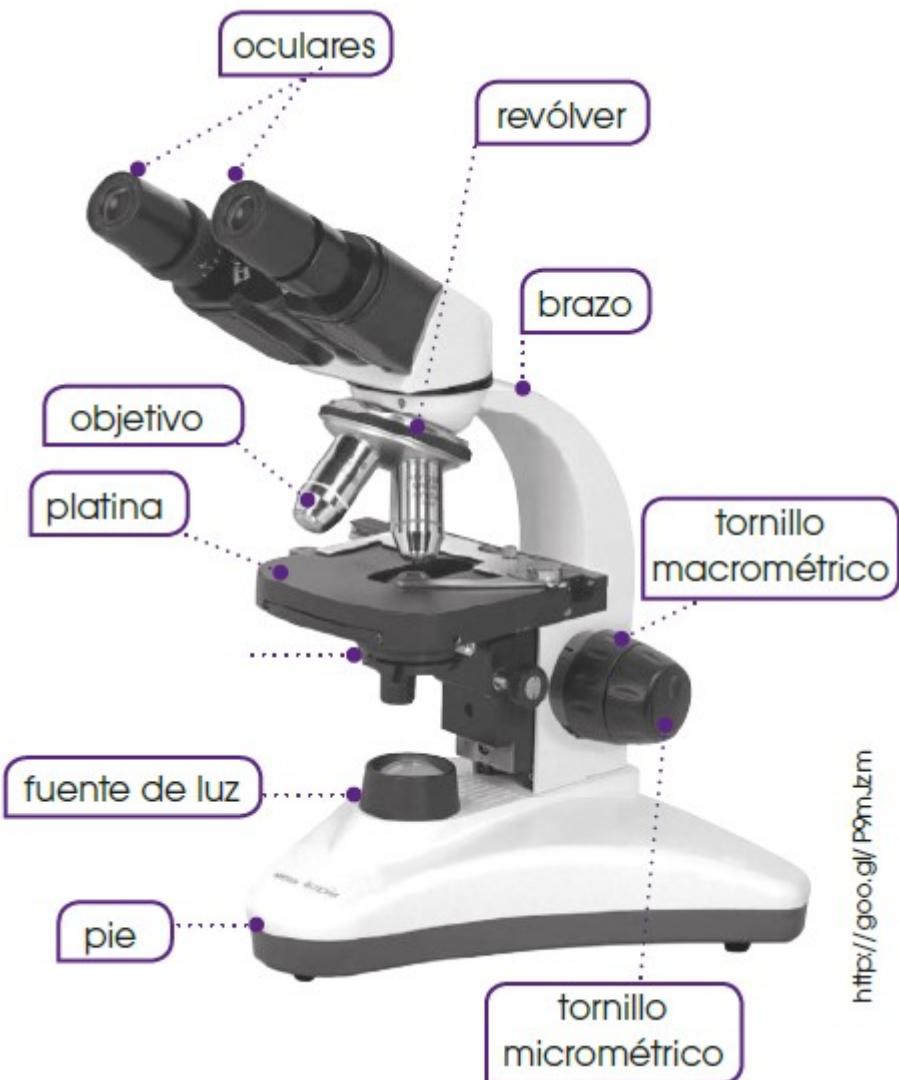
## 1.2. Microscopía

Como ya vimos, en cualquier ciencia, para poder avanzar en el conocimiento que poseemos sobre el funcionamiento del mundo que nos rodea, es importante seguir una serie de procedimientos y aplicar el método científico a nuestra investigación. En concreto, dentro de la biología, uno de los puntos más relevantes es la observación, pero, la base de cualquier ser vivo, la célula, no es visible al ojo humano. Para poder observar y estudiar células o estructuras más pequeñas que una célula, debemos utilizar técnicas como la microscopía.

### 1.2.1. Microscopía óptica

Esta técnica se basa en la observación de las células y los tejidos por medio del microscopio óptico. Este instrumento, ideado en el siglo XVII, abrió el camino de la investigación celular gracias a los estudios realizados por Robert Hooke y otros contemporáneos suyos. Hoy en día, aún continúa siendo muy útil, tanto en la investigación como en otros campos (microbiología, medicina...).

El microscopio óptico se basa en la capacidad de la luz para atravesar superficies muy finas. Contiene varias lentes que proporcionan un aumento de hasta 1500 veces y un poder de definición de 200 nm (0,2 micras). Es preciso llevar a cabo una serie de operaciones sobre el material que se quiere observar, para obtener una preparación; es decir, una muestra tratada para conseguir el máximo rendimiento del microscopio.



<http://goo.gl/P9mJzm>

### Elaboración de preparaciones

En la mayor parte de los casos, procedemos del modo siguiente:

- **Fijación:** Esta operación estabiliza los componentes celulares, con el objetivo de que su aspecto sea tan parecido como sea posible al del tejido vivo. Empleamos formaldehído, ácido acético y alcohol etílico.
- **Deshidratación:** El agua es un componente muy abundante en la mayoría de los tejidos y conviene eliminarla de la muestra para facilitar las operaciones posteriores. Para ello, sumergimos la muestra en diversos baños de alcohol de graduación creciente hasta llegar al alcohol absoluto, que produce una deshidratación total.
- **Inclusión:** Los tejidos son, mayoritariamente, blandos y frágiles, por lo que resulta muy difícil hacer cortes finos sin estropear el material. Para evitar este problema, añadimos a la muestra una sustancia líquida que se interpone entre los componentes del tejido y que, después, se solidifica. Esta sustancia es, habitualmente, la parafina.

- **Corte:** Cortamos la muestra incluida en parafina y solidificada en láminas muy finas con el microtomo. Obtenemos cortes de 1 a 25 μm de espesor que permiten el paso de la luz. Existen distintos diseños de microtomo. En los modelos más sencillos, el corte se hace a mano con una cuchilla muy afilada. En otros casos, los microtomos incorporan automatismos y son más precisos.
- **Montaje:** Colocamos los cortes sobre un portaobjetos y cubrimos con xileno (o xilol), para eliminar el material de la inclusión y dejar la muestra lista para la acción de los colorantes.
- **Tinción:** Las células, en su estado natural, son transparentes e incoloras y resultan, por lo tanto, casi invisibles; por ello, requerimos la aplicación de colorantes. Los colorantes presentan especificidad para unas sustancias concretas. De este modo, tenemos compartimentos celulares en los que predomina en su mayoría una determinada sustancia. La utilización de diversos tipos de colorantes sobre una célula permite distinguir distintos componentes celulares. Una de las técnicas de tinción más usada es la aplicación de hematoxilina y eosina (H-E). La eosina tiene carácter ácido y, por afinidad química, tiñe de color rosado las zonas de la célula en las que predomina el pH básico, fundamentalmente el citoplasma. La hematoxilina es de carácter básico y tiñe de color azulado los componentes ácidos de la célula. Por ello, es útil para destacar zonas, como el núcleo y algunas regiones citoplasmáticas, debido a su contenido en ácidos nucleicos. Después de aplicar los colorantes, lavamos el exceso y colocamos un cubreobjetos sobre la muestra.

**Tabla 1.1.: Algunos colorantes y partes u orgánulos que tiñen.**

Colorante.	Componentes celulares teñidos.
Orceína-acética.	Cromosomas.
Verde-Yodo.	Cromatina.
Verde-Jano.	Mitocondrias.
Safranina.	Paredes celulares de celulosa.
Azul de toluidina.	Coloración general con elevado contraste.

- **Conservación:** En el caso de las preparaciones que queremos conservar, sellamos el cubreobjetos con sustancias, como el bálsamo del Canadá, que evitan la entrada de aire y la putrefacción de la muestra.

Otra técnica habitual en microscopía óptica es el frotis, que llevamos a cabo con sustancias líquidas o semilíquidas, como la sangre, que extendemos sobre un portaobjetos formando una capa fina. A continuación, realizamos los procesos de fijación, deshidratación y tinción, y podemos observar la preparación sin necesidad de cubreobjetos.

### 1.2.2. Microscopía electrónica

Esta técnica se basa en la utilización de haces de electrones en lugar de luz. Existen distintos tipos de microscopios electrónicos.

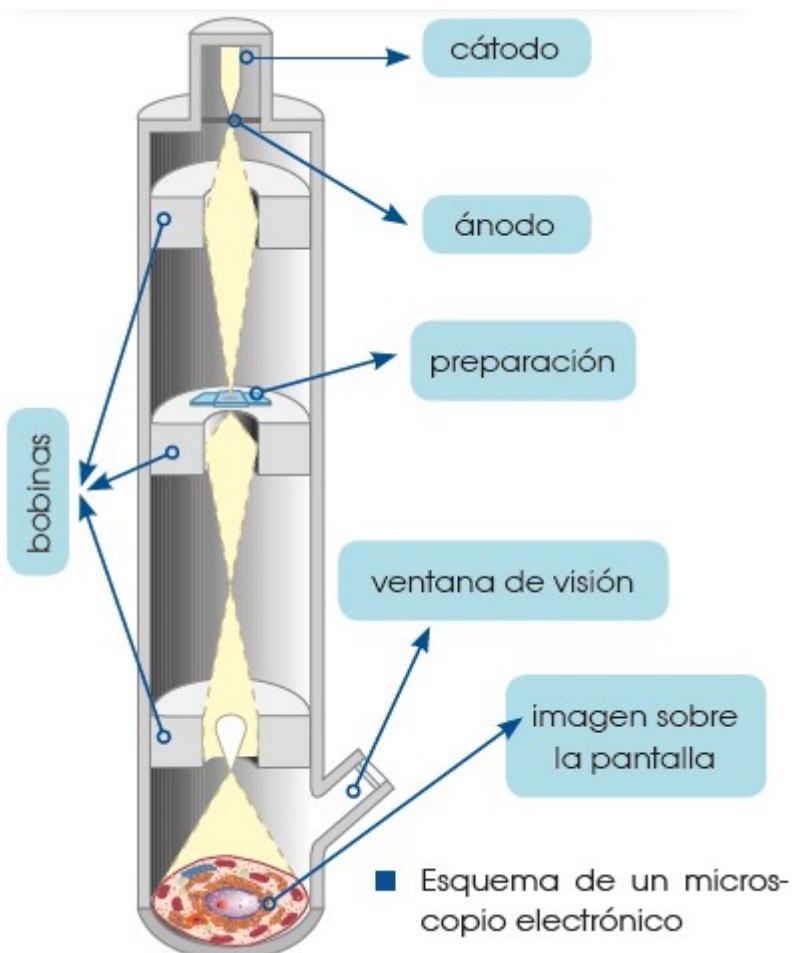
El microscopio electrónico de transmisión permite la observación detallada del interior de las células.

La sustitución de la luz por electrones proporciona un poder de resolución de hasta 10 Å; es decir, la distancia mínima entre dos puntos próximos que pueden verse separados es de 10 Å. El número de aumentos puede llegar a 106 veces, valores muy superiores a los que se consiguen con el microscopio óptico.

Obtenemos las imágenes del modo siguiente:

- Los electrones se producen en un filamento de tungsteno que constituye el cátodo y que está situado en la parte superior de un cilindro de unos dos metros de longitud. Para evitar que los electrones se dispersen al colisionar con las moléculas y los átomos de aire, mantenemos el vacío en el interior del cilindro.
- Los electrones son atraídos hacia una placa con carga positiva, el ánodo. Entre el ánodo y el cátodo aplicamos una diferencia de potencial que aumenta la energía cinética de los electrones.
- En el ánodo existe un pequeño orificio. Cuando los electrones lo atraviesan, obtenemos un haz fino de electrones.
- Unas bobinas electromagnéticas actúan como lentes (condensadora, objetivo y de proyección) y enfocan el haz de electrones.

Colocamos la muestra en el interior del cilindro. Al atravesar la muestra, los electrones reducen su velocidad de distinta manera según las características de la parte de la muestra que atraviesan. Finalmente, inciden sobre una pantalla fluorescente, donde producen un punto luminoso cuya intensidad es directamente proporcional a la velocidad de los electrones.



### 1.3. Origen y evolución del universo

Hace cientos de miles de años, con temperaturas de unos miles de grados, los electrones fueron frenados lo suficiente como para ser capturados por los núcleos atómicos, que originaron los primeros átomos completos. La materia así creada se asoció 1000 millones de años después, formó protogalaxias, compuestas por estrellas que en su interior sintetizaron núcleos atómicos pesados, como carbono, nitrógeno, hierro... A partir de los productos de estas protogalaxias, se formaron nuevas generaciones de galaxias, como la Vía Láctea.

Según las últimas teorías sobre el origen del universo, este se habría originado entre 15 000 y 20 000 millones de años a partir de la expansión de un único punto de temperatura y densidad infinitas en lo que conocemos como el *big bang*. Este punto o singularidad inicial contendría toda la materia y la energía que constituyen nuestro universo, y su expansión marcaría el inicio del tiempo y el espacio.

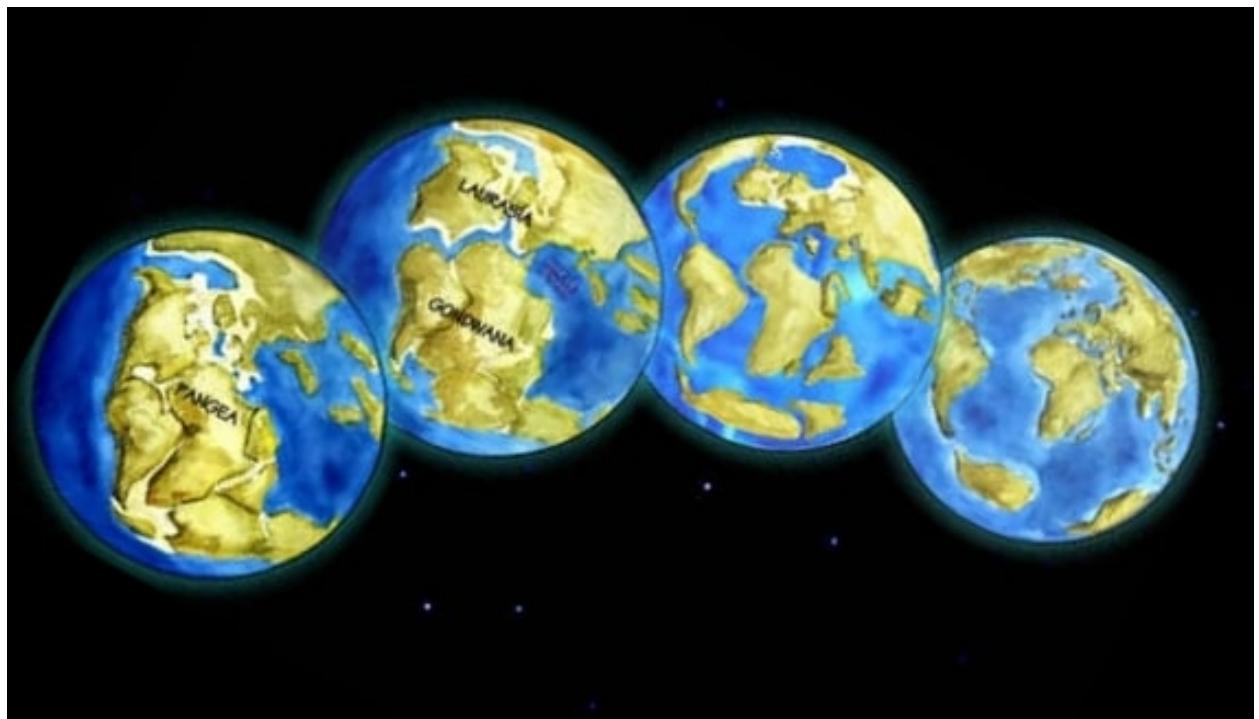
---

0	Singularidad de la gran explosión inicial Big bang Leyes de la física exóticas y desconocidas.
$10^{-43}$ segundos	Era de la teoría de la gran unificación. El equilibrio entre materia y antimateria se decanta a favor de la materia.
$10^{-35}$ segundos	Era electrodébil, dominada por quarks y antiquarks.
$10^{-10}$ segundo	Era de los hadrones y leptones. Los quarks se asocian formando protones, neutrones y otras partículas.
1 segundo	Los protones y neutrones se combinan formando núcleos de hidrógeno, helio, litio y deuterio.
3 minutos	La materia y la radiación se acoplan y se forman los primeros átomos estables.
1000 millones de años	Cúmulos de materia forman quásares, estrellas y protogalaxias. En el interior de las estrellas comienzan a sintetizarse núcleos más pesados.
15 000 millones de años	Se forman nuevas galaxias con sistemas solares alrededor de las estrellas. Los átomos se enlazan entre ellos para formar moléculas.

---

A continuación, vamos a ver los fenómenos que estas teorías suponen que tuvieron lugar desde lo que se considera el inicio del tiempo y del universo. A medida que se producía la expansión, la temperatura disminuyó, hasta alcanzar los 100000 millones de grados aproximadamente tres minutos después del inicio de la expansión. Este descenso abrió la posibilidad de la condensación de la energía en partículas subatómicas, quarks en primer lugar, que acabaron asociándose en protones, neutrones, mesones y bariones. Unos tres minutos después del *big bang*, estas partículas dieron lugar a los núcleos atómicos más ligeros.

## 1.4. Origen y evolución de la Tierra



Mucho después del origen del universo, la materia creada chocaba y se fusionaba generando estructuras cada vez mayores llamadas *planetesimales*, las cuales seguían chocando entre sí para originar planetas. De esta manera, hace aproximadamente 4500 millones de años, se formó la Tierra.

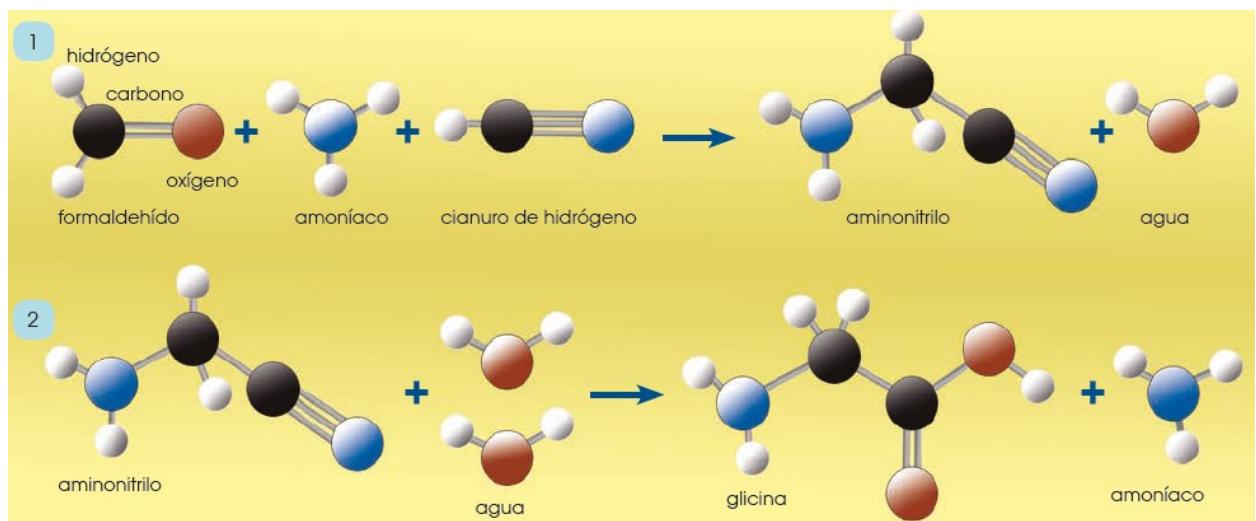
A medida que los protoplanetas chocaban entre ellos en el proceso de formación de la Tierra primitiva, la energía liberada por los impactos, así como la desintegración de los elementos radioactivos, incrementaron la temperatura, y provocaron que los materiales que formaban el planeta se fundieran. De esta manera, se produjo una segregación durante la cual los componentes más pesados se desplazaron hacia el centro por efecto de la gravedad, mientras que los más ligeros quedaron en las capas exteriores.

Poco a poco, estos materiales fueron enfriándose y solidificándose, y produjeron una delgada corteza. La dinámica interna del planeta condujo a una serie de episodios volcánicos continuados, durante los cuales se liberaron al exterior los gases generados por el magma, tales como CO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub>, compuestos de nitrógeno y vapor de agua. Este último se condensó en la atmósfera, y originó una capa nubosa de gran potencia, que precipitó en forma de lluvia sobre la superficie y originó los océanos.

En la Tierra primitiva, con una atmósfera reductora, pobre en oxígeno, podrían haberse formado una gran variedad de compuestos orgánicos. Algunos científicos afirman que, solo con la energía que se libera actualmente en la Tierra en forma de relámpagos, las reacciones en la atmósfera habrían podido formar en 100000 años materia orgánica suficiente

como para cubrir la superficie de la Tierra con un espesor de un metro. Estas moléculas, arrastradas por la lluvia, se acumularían en los océanos, que quedarían convertidos en una suspensión de materia orgánica: algo parecido a un caldo, el caldo primigenio.

A partir de este punto, se iniciaría un proceso de evolución química, a través del cual las moléculas orgánicas se irían perfeccionando, creando un sistema de autorreplicación basado en los ácidos nucleicos (ADN y ARN). De este modo, las moléculas orgánicas crearían un entorno propio en el que se aislarían gracias a capas de sustancias grasas o lípidos, que delimitarían los primeros protoorganismos.



Estos primeros organismos, semejantes a las bacterias actuales, se alimentarían de la materia orgánica presente en el agua de los océanos hasta que esta dejó de ser abundante. Entonces, obligados a buscar nuevas estrategias de obtención de nutrientes, un grupo de seres vivos descubriría una reacción que habría de cambiar radicalmente el aspecto del planeta: la fotosíntesis.

La captación de CO<sub>2</sub> y la liberación a la atmósfera de O<sub>2</sub> por parte de los organismos autótrofos tendrá una serie de consecuencias que marcarán la evolución del planeta y de sus pobladores.

**El descenso de la concentración atmosférica de CO<sub>2</sub> provoca:**

- Disminución del efecto invernadero
- Bajada de las temperaturas en la superficie del planeta
- Futuras glaciaciones a escala local y planetaria

**El incremento de la concentración atmosférica de O<sub>2</sub> produce:**

- 
- Cambio de la química planetaria: reacciones de oxidación
  - Extinción de los organismos anaerobios o regresión a hábitats marginales
  - Posibilidad de metabolismos aerobios, más rentables energéticamente, y con ellos posibilidad del paso a la pluricelularidad
  - Formación de la capa de ozono y protección de la superficie de los rayos ultravioletas; se hace posible la colonización de la Tierra fuera de los océanos
- 

Si observamos las atmósferas de los otros dos planetas interiores que disponen de ella, Venus y Marte, observaremos que se basan fundamentalmente en CO<sub>2</sub> y N<sub>2</sub>, tal y como se supone que era la primitiva atmósfera terrestre. La Tierra es el único planeta que conocemos con un porcentaje de oxígeno atmosférico cercano al 20 %, producto de la actividad de los seres vivos.

### Métodos de datación y eras geológicas

La datación de los acontecimientos geológicos que se han sucedido en el planeta Tierra se ha realizado de diversas maneras. En primer lugar cabe diferenciar entre la *datación relativa* y la *datación absoluta*.

La datación relativa nos informa que materiales son más antiguos que otros, pero no nos dice cuáles son sus edades. Por ejemplo, podemos saber que un fósil A situado en un estrato horizontal por encima de otro, es más moderno que otro fósil B contenido en el estrato inferior, pero no obtenemos información de cuál es su edad.



### ■ Datación relativa

Para realizar una datación absoluta se utilizan actualmente métodos de radiocronología. Estos métodos se basan en la capacidad de desintegración de los isótopos radiactivos de diferentes elementos. Los elementos radiactivos o padres se desintegran y dan lugar a los elementos radiogénicos. Así, en una determinada roca, a partir del momento en que se forma y a medida que pasa el tiempo, aumenta el porcentaje de los elementos radiogénicos y disminuye el de los radiactivos. Si conocemos la tasa de desintegración del elemento radiactivo en cuestión y los porcentajes en los que aparece en la roca junto con sus elementos hijos, podremos inferir la época de formación de dicha roca.

---

## **La datación por carbono-14.**

---

Uno de los métodos de determinación de la edad de las sustancias orgánicas por radiocronología es el método del carbono-14. Este es un isótopo radiactivo del carbono que se origina en las capas altas de la atmósfera y que es incorporado a lo largo de la vida por plantas y animales. Se mantiene una proporción constante entre el carbono-14 y el carbono-12 ordinario.

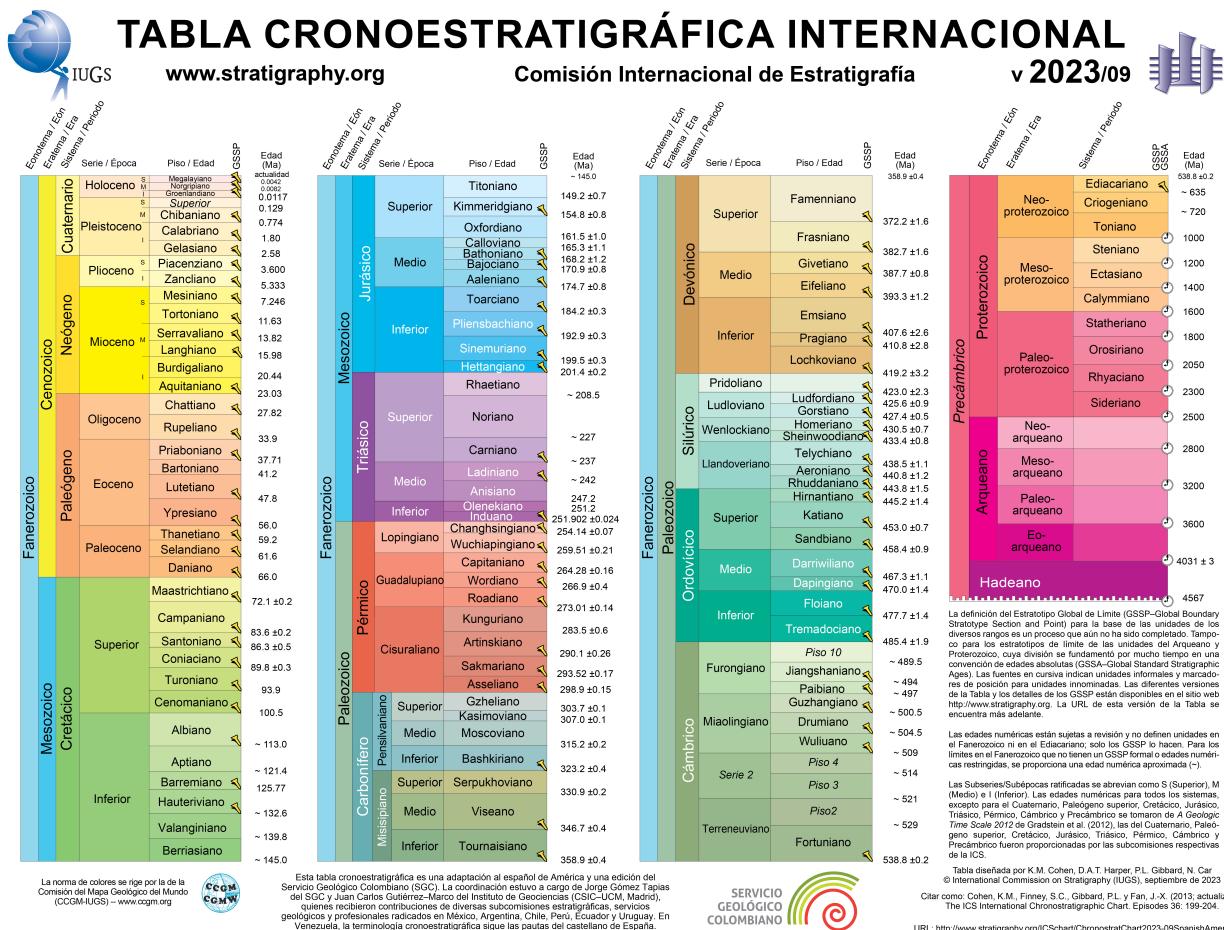
A partir de la muerte del organismo, la cantidad de carbono-14 empieza a disminuir, porque se detiene su incorporación a la vez que va desintegrándose y da lugar a carbono-12. Conociendo la relación que existe entre carbono-14 y carbono-12 en una muestra de materia orgánica, podemos conocer de forma muy precisa la fecha de la muerte del organismo. El carbono-14 tiene una vida media muy breve (5730 años) y, por ello, solo es aplicable a muestras de menos de 40 000 años de antigüedad.

---

Cuando una roca ígnea se solidifica, se forman minerales que atrapan isótopos radiactivos, los cuales iniciarán su desintegración hacia los elementos hijos estables. Los isótopos más utilizados en datación geológica son los de la tabla adjunta. La datación de las rocas nos permite establecer una escala de tiempo geológico sobre la cual situar los acontecimientos y etapas por los cuales ha pasado el planeta. Las eras y períodos en los que se divide la historia de la Tierra no tienen la misma duración, ya que esta escala se estableció en función de las formas de vida fósiles presentes en las diferentes rocas, y se determina posteriormente la datación absoluta de las mismas.

Isótopo padre	Productos hijos estables	Vida media (millones de años)
$\text{U}^{238}$	$\text{Pb}^{236}$ y $\text{He}$	4,5
$\text{U}^{235}$	$\text{Pb}^{207}$ y $\text{He}$	0,71
$\text{Th}^{232}$	$\text{Pb}^{208}$ y $\text{He}$	14
$\text{Rb}^{84}$	$\text{Sr}^{87}$	51
$\text{K}^{40}$	$\text{Ar}^{40}$ , $\text{Ca}^{40}$	1,3

## 1.4.1. Escala temporal geológica



### 1. Precámbrico:

Es un supereón que abarca la mayor parte de la historia de la Tierra antes de la aparición de organismos con conchas duras o esqueletos. Este eón se divide en tres períodos: el Hádico, el Arcaico y el Proterozoico. Después del Precámbrico, sigue la división en eras geológicas, como la Paleozoica, la Mesozoica y la Cenozoica.

- **Eón Hádico (4560-4000 millones de años):** Formación de la Tierra y condiciones inhóspitas.
- **Eón Arcaico (4000-2500 millones de años):** Formación de océanos y primeras formas de vida unicelular.
- **Eón Proterozoico (2500-541 millones de años):** Evolución de organismos unicelulares y formación de la supercontinente Rodinia.
  - **Período Paleoproterozoico (2500-1600 millones de años):** Desarrollo de cianobacterias y primeras acumulaciones significativas de oxígeno.
  - **Período Mesoproterozoico (1600-1000 millones de años):** Formación de supercontinentes y diversificación de eucariotas.

- **Período Neoproterozoico (1000-541 millones de años):** Glaciaciones globales y aparición de organismos multicelulares complejos.

## 2. Era Paleozoica:

- **Cámbrico (541-485 millones de años):** Aparición de vida multicelular, explosión de diversidad biológica.
- **Ordovícico (485-443 millones de años):** Desarrollo de los primeros peces y plantas terrestres.
- **Silúrico (443-419 millones de años):** Expansión de los bosques y aparición de los primeros insectos.
- **Devónico (419-358 millones de años):** Desarrollo de los vertebrados terrestres y plantas con semillas.
- **Carbonífero (358-298 millones de años):** Formación de grandes bosques de helechos y aparición de los primeros anfibios.
- **Pérmico (298-252 millones de años):** Diversificación de los reptiles y formación de Pangea.

## 3. Era Mesozoica:

- **Triásico (252-201 millones de años):** Dominio de los dinosaurios y primeros mamíferos.
- **Jurásico (201-145 millones de años):** Auge de los dinosaurios y evolución de los mamíferos.
- **Cretácico (145-66 millones de años):** Extinción de los dinosaurios no avianos y proliferación de mamíferos.

## 4. Era Cenozoica:

- **Paleógeno (66-23 millones de años):**
  - **Paleoceno (66-56 millones de años):** Diversificación de mamíferos.
  - **Eoceno (56-34 millones de años):** Aparición de los primeros primates y ungulados.
  - **Oligoceno (34-23 millones de años):** Evolución de los primeros homínidos.
- **Neógeno (23-2.6 millones de años):**
  - **Mioceno (23-5.3 millones de años):** Evolución de homínidos tempranos.

- **Plioceno (5.3-2.6 millones de años):** Diversificación de homínidos.
- **Cuaternario (2.6 millones de años hasta el presente):**
  - **Pleistoceno (2.6 millones de años hasta aproximadamente 11,700 años atrás):** Glaciaciones y evolución de Homo sapiens.
  - **Holoceno (Aproximadamente 11,700 años atrás hasta el presente):** Desarrollo de civilizaciones humanas.

## 1.5. Teorías sobre el origen de la vida

Existen varias hipótesis de cómo se generó la vida en nuestro planeta. A continuación, repasaremos algunas de ellas.

Una de las teorías planteadas sobre el origen de la vida es el creacionismo, donde se propone que todos los seres vivos provienen de un creador divino. Sin embargo, esta teoría no se puede probar a través del método científico.

### 1.5.1. La generación espontánea

La palabra biología proviene del griego bios que significa ‘vida’ y logos que significa ‘estudio’. Por lo tanto, podemos definir a la biología como la ciencia que estudia los seres vivos. Ya hemos visto la principal teoría sobre el origen de la Tierra, pero ¿cuándo y cómo apareció la vida?

Durante la Edad Media y hasta el siglo XVI predominaba la idea de que los seres vivos eran creados por un poder divino. Sin embargo, ya en el siglo XVII, comenzó a tomar fuerza una idea que ya había surgido en pueblos de la Antigüedad: que los organismos vivos aparecían por generación espontánea. La teoría de la generación espontánea mantiene el pensamiento de que ciertos seres vivos, como insectos, gusanos o ratones, se originan de forma repentina a partir de materia inorgánica.

En 1668, Francesco Redi realizó un experimento con el objetivo de refutar la teoría de la generación espontánea. Para ello, puso carne en descomposición en distintas bandejas, una de ella tapada con una tapa, otra cubierta por una tela y otra totalmente descubierta. Según la teoría de la generación espontánea las larvas aparecerían de forma repentina, pero Redi demostró que las larvas solo aparecían en la carne sin tapar, ya que en el resto las moscas no podían depositar los huevos.

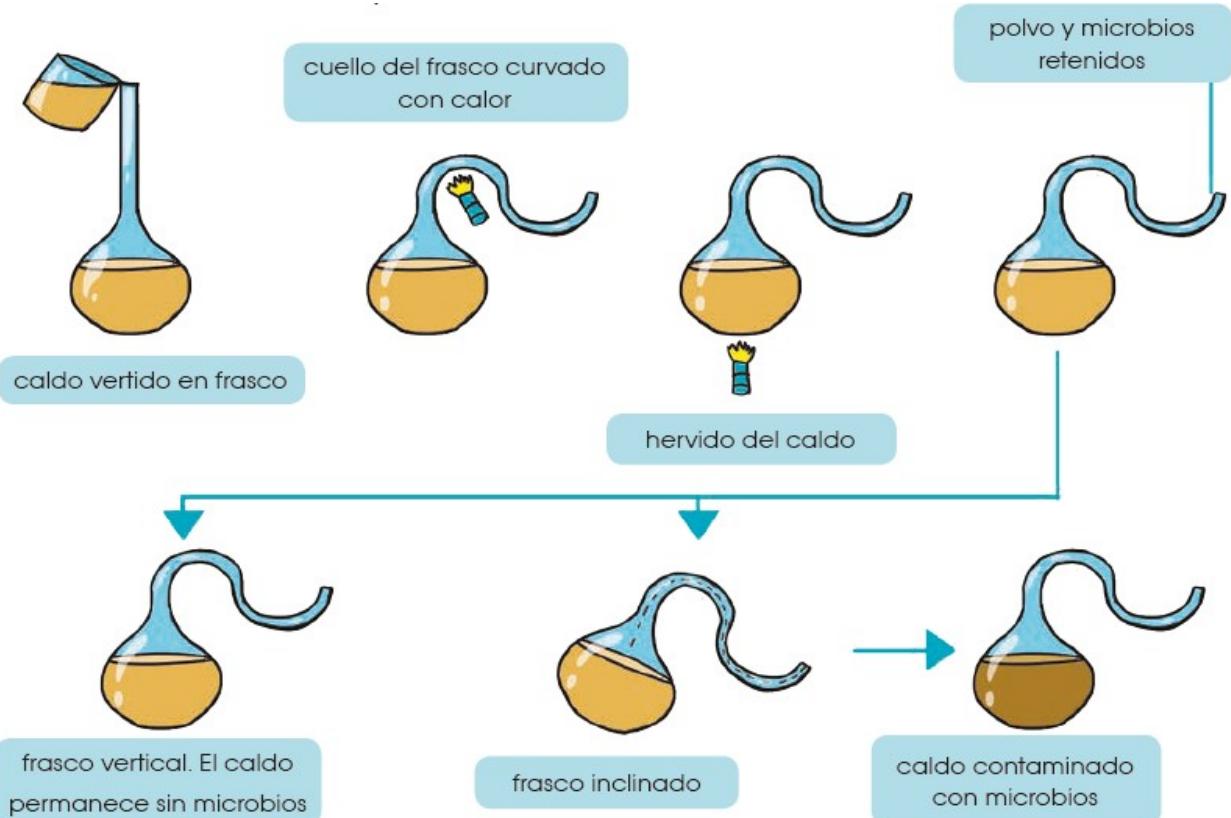


### 1.5.2. Pasteur y los matraces de cuello de cisne

Con el experimento de Redi, quedó en evidencia que los organismos macroscópicos no podían surgir por generación espontánea, pese a ello, durante el siglo XVIII aún se creía en la generación espontánea de los microorganismos. Según las creencias de la época, simplemente poniendo sustancias en descomposición en un lugar cálido, los microorganismos aparecían en el caldo de cultivo. La controversia duró hasta 1864 cuando Louis Pasteur presentó su experimento en el cual demostró que los microorganismos están presentes en el aire y no se generan de forma espontánea.

En sus experimentos, Pasteur utilizó matraces de cuello de cisne, matraces modificados para conseguir que pasara el oxígeno (solo indispensable para la vida) pero que impedían que las bacterias pasaran ya que quedaban atrapadas en las curvas del cuello del matraz.

Pasteur demostró que si hervía el líquido de los matraces y no se manipulaba el cuello, no aparecía ningún organismo. Sin embargo, si se giraba el matraz o se rompía el cuello del mismo, aparecían microorganismos en el caldo de cultivo, pero no porque se generaran espontáneamente, sino porque estos se encuentran en el aire. Después de este experimento, quedó claro para toda la comunidad científica que los organismos no aparecían de forma repentina y la teoría de la generación espontánea quedó totalmente sin piso.



### 1.5.3. Teoría de la evolución química

Después de los experimentos de Pasteur, quedó claro que la vida no aparecía de forma espontánea, pero seguía sin existir una teoría clara que explicara el posible origen de la vida. Esto fue así hasta 1924 cuando A. I. Oparin y J. B. S. Haldane, de forma independiente, propusieron un marco teórico en el que la vida tuvo que desarrollarse en la Tierra, gracias al cual ya podrían realizarse experimentos que aceptaran o refutaran la teoría.

Tanto Oparin como Haldane propusieron la idea de que, para conocer cómo se originó la vida en la Tierra, debían plantearse las condiciones que existían en la Tierra en ese momento, es decir, hace aproximadamente 3500 millones de años. Estas condiciones eran totalmente diferentes a las que conocemos actualmente, ya que existía una atmósfera reducida (sin oxígeno libre o con muy poco oxígeno), altas temperaturas y grandes cantidades de descargas eléctricas en forma de rayos.

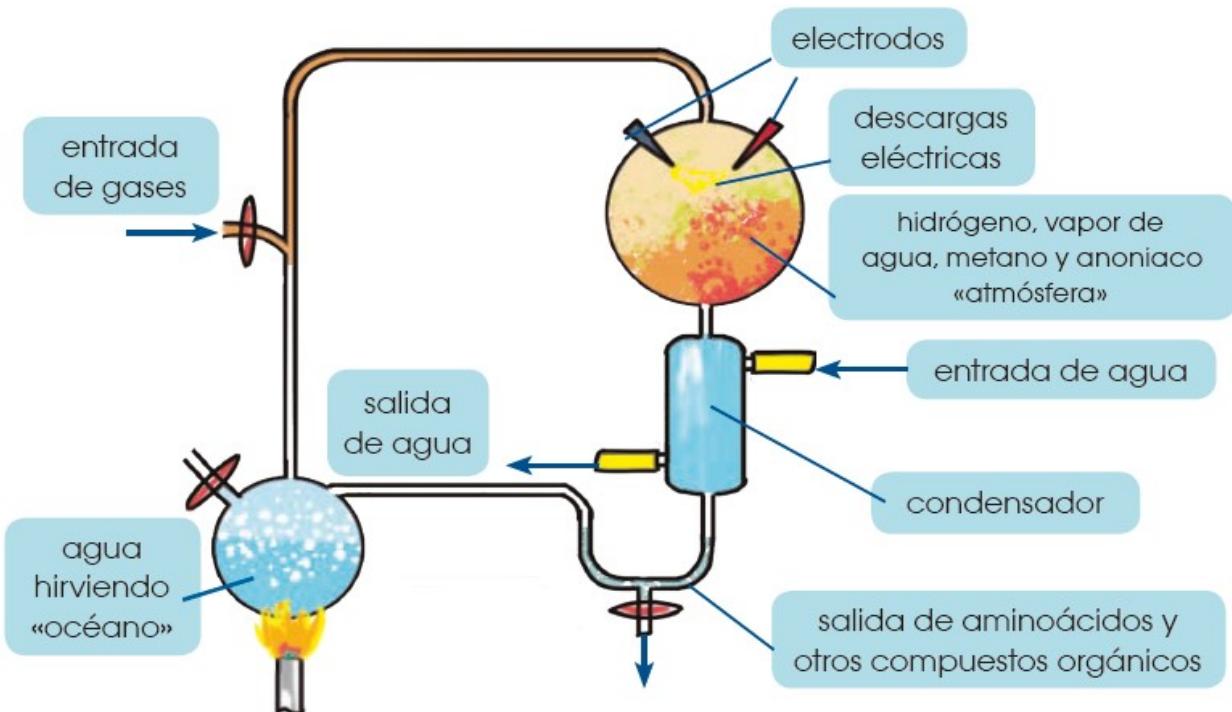
Haldane fue el primero en hablar de un caldo primordial, haciendo referencia al océano que cubriría gran parte de la Tierra en aquella época. En ese caldo, aparecería una enorme cantidad de moléculas orgánicas formadas a partir de moléculas inorgánicas, simplemente desde la energía que se liberaba sobre la Tierra. Del mismo modo, Oparin propuso que las altas temperaturas junto con la radiación ultravioleta y las descargas eléctricas que ocurrían en la atmósfera debido a las tormentas, provocarían una reacción química de los compuestos inorgánicos que darían lugar a los compuestos orgánicos. Esto es lo que conocemos como la evolución química.

Las grandes moléculas orgánicas que se formaron por evolución química debieron seguir evolucionando en moléculas más complejas, hasta que quedara rodeada por una membrana, fuera capaz de autorreplicarse, y diera origen a la vida celular similar a la que conocemos hoy en día.

Las teorías propuestas por Oparin y Haldane no fueron totalmente aceptadas por la comunidad científica, en vista de que recordaban demasiado a la teoría de la generación espontánea. Sin embargo, en 1953, se llevó a cabo un experimento que demostró la viabilidad de la teoría de la evolución química.

Basándose en las teorías de Oparin y Haldane, el científico Stanley L. Miller ideó un experimento que simulara las condiciones terrestres de hace 3 500 millones de años para comprobar si era posible la aparición de moléculas orgánicas a partir de inorgánicas.

Para ello Miller mezcló en un recipiente cerrado los gases que supuestamente existían en la atmósfera primitiva: metano, amoniaco, hidrógeno y vapor de agua. Esta mezcla de gases fue sometida a temperaturas de 80 °C y sobre ella se aplicaron descargas eléctricas durante una semana. Pasado este tiempo, se observó que, disueltos en agua, aparecían varios aminoácidos, moléculas constituyentes de las proteínas. En experimentos posteriores, se descubrió que también se podía obtener uracilo y citosina, moléculas que forman parte del ADN y ARN.



Gracias a este experimento, se concluyó que, si las condiciones de la Tierra eran realmente las que se habían reproducido, la síntesis de compuestos orgánicos a partir de elementos y compuestos inorgánicos sencillos era posible.

Muchos científicos han rechazado esta teoría, puesto que es muy posible que las condiciones en la Tierra primitiva no fueran las planteadas en el experimento de Miller. Sin embargo, durante la segunda mitad del siglo XX se han realizado numerosos experimentos que han modificado las condiciones iniciales, como el experimento realizado por Joan Oró en 1960, en el que, a partir de cianuro de hidrógeno (constituyente de las nubes interestelares y los núcleos de los cometas), obtuvo adenina, compuesto de gran importancia en el ADN.

Aún existen muchos interrogantes sobre las condiciones de la Tierra hace miles de millones de años, pero sí sabemos con seguridad que puede existir una evolución química que forme moléculas orgánicas a partir de inorgánicas, y esto es uno de los posibles orígenes de la vida en nuestro planeta.

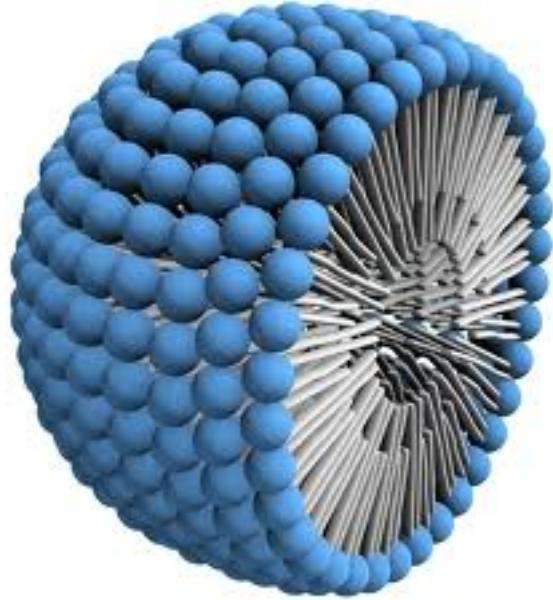
Una vez que se hubieran formado las moléculas orgánicas, estas deberían quedar rodeadas por una membrana que las aislará del medio externo y deberían ser capaces de autorreplicarse, pero ¿cómo puede ocurrir esto?

¿Cómo sucede un aislamiento entre un medio externo y uno interno?

El aislamiento del medio exterior proporciona cierta protección frente a los efectos adversos del entorno, y esto permite que en el medio interno se mantengan concentraciones elevadas de componentes que de otra manera se difundirían y dispersarían. Las sustancias,

cuando se hallan en mayor concentración pueden reaccionar más rápido y aumentar su eficacia en la producción de polímeros y otros tipos de reacciones químicas.

En sus experiencias, Oparin observó que, cuando se mezclan con agua, algunos polímeros forman unas pequeñas gotitas (de hasta quinientas micras de diámetro), denominadas coacervados o micelas. Estas microesferas sirven para imaginar el comportamiento de gotitas similares que pudieron haberse producido.



Actualmente, las teorías se dirigen a la búsqueda de moléculas que combinan en su estructura una parte hidrofóbica y una parte hidrofílica. Estas moléculas, en contacto con el agua, forman vesículas membranosas (sacos llenos de líquido) que crecen y se dividen.

¿Cómo se originó la capacidad de reproducción?

Este punto es aún confuso. Si las vesículas contuvieran alguna molécula con capacidad informativa, estaríamos ante el precursor de una célula. La capacidad reproductiva debió desarrollarse paralelamente a la capacidad de sintetizar sustancias y la de obtener energía para la construcción de las propias estructuras.

El flujo de información genética, tal como funciona hoy día, es el paso de ADN a ARN y de este a proteínas. Y aunque se necesita ADN para producir proteínas, también necesitamos para transcribir, traducir, replicar, etc. Por tanto, ¿qué macromolécula fue primero: las proteínas o el ADN?

Según diversas hipótesis, el ARN surgió antes que el ADN y las proteínas en las primeras etapas de la evolución. El ARN controlaría la traducción de proteínas, y el ADN sería posterior. Así se intenta explicar de qué modo se obtuvieron las que se consideran las primeras células: seres similares a las células procariotas.

Sin embargo, estas teorías solo son respuestas provisionales. Con toda seguridad, el desarrollo de nuevas líneas de investigación puede modificar cualquiera de los planteamientos anteriores y posiblemente nos acerquemos, cada vez más, al conocimiento del origen de la vida.

#### **1.5.4. Otras teorías sobre el origen de la vida**

A pesar de que actualmente el paradigma sobre el origen de la vida aceptado por la mayoría de la comunidad científica se basa en las teorías de Oparin, existe aún mucha controversia y se mantienen otras posibles hipótesis que darían respuesta a la pregunta ¿cómo se inició la vida en la Tierra?

Dentro de estas hipótesis, hay muchas que sitúan el origen de la vida en algún punto del universo lejano a la Tierra, planteando que la vida en nuestro planeta proviene del exterior y habría llegado a la Tierra a través de cometas o meteoritos. El ejemplo más representativo de estas hipótesis es la panspermia, que propone que formas de vida microscópicas o moléculas orgánicas llegaron a la Tierra a través de meteoritos y, una vez en nuestro planeta, evolucionaron hasta convertirse en las formas de vida que conocemos actualmente.

A favor de esta teoría se han encontrado, en restos de meteoritos, estructuras que podían haber sido causadas por organismos microscópicos. Además, se ha demostrado que algunas bacterias son capaces de sobrevivir largos períodos en el espacio exterior.

La parte negativa de estas teorías es que realmente no dan una respuesta a cómo se originó la vida, simplemente sitúan el inicio de esta en un escenario lejano a la Tierra.

#### **1.5.5. Bioelementos y biomoléculas**

El análisis de la composición de los seres vivos nos muestra que los elementos químicos que los constituyen son los mismos que componen el resto de la materia de nuestro planeta, de nuestra galaxia y del universo. Sin embargo, la proporción en la que se encuentran los distintos elementos es diferente en los seres vivos y en la materia inanimada.

Los elementos que predominan en los seres vivos son el carbono (C), hidrógeno (H), oxígeno (O), nitrógeno (N), fósforo (P) y azufre (S). A estos elementos los conocemos como bioelementos primarios, ya que son los elementos indispensables para formar las moléculas que conforman la materia viva y constituyen aproximadamente el 96 % de la misma.

En los seres vivos, encontramos, en un porcentaje mucho menor, otros elementos que consideramos bioelementos secundarios. Estos son necesarios para mantener el equilibrio osmótico y para realizar el metabolismo, por lo que son indispensables para la vida. Los

bioelementos secundarios son calcio (Ca), sodio (Na), potasio (K), cloro (Cl), magnesio (Mg), hierro (Fe) y yodo (I).

Por último, encontramos los oligoelementos, que se encuentran en proporciones mucho más bajas y no en todos los seres vivos, pero que tienen un papel importante. Algunos de estos oligoelementos son el flúor (F), el cobre (Cu), el zinc (Zn) o el cobalto (Co).

Los bioelementos establecen entre ellos múltiples y complejas combinaciones, que dan lugar a las biomoléculas, moléculas que constituyen a los seres vivos.

Existen dos tipos de biomoléculas: orgánicas e inorgánicas. Las biomoléculas orgánicas son los glúcidos, los lípidos, las proteínas y los ácidos nucleicos. Todas ellas son sustancias basadas en la unión de numerosos átomos de carbono.

Aunque las biomoléculas orgánicas constituyen una parte importante de los seres vivos, existen dos biomoléculas inorgánicas de gran relevancia para la vida: el agua y las sales minerales.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
1	H Hidrógeno 1,01																He Helio 4,00	
2	Li Litio 6,94	Be Berilio 9,01															Ne Neón 20,18	
3	Na Sodio 22,99	Mg Magnesio 24,31															Ar Argón 39,95	
4	K Potasio 39,10	Ca Calcio 40,08	Sc Escandio 44,96	Ti Titanio 47,87	V Vanadio 50,94	Cr Cromo 52,00	Mn Manganoso 54,94	Fe Hierro 55,85	Co Cobalto 58,93	Ni Níquel 58,69	Cu Cobre 63,55	Zn Cinc 65,41	Ga Gallo 69,72	Ge Germanio 72,64	As Arsénico 74,92	Se Selenio 78,96	Br Bromo 79,90	Kr Cripotón 83,80
5	Rb Rubidio 85,47	Sr Estroncio 87,62	Y Itrio 88,91	Zr Circonio 91,22	Nb Niobio 92,91	Mo Molibdeno 95,94	Tc Tecnecio —	Ru Rutenio 101,07	Rh Rodio 102,91	Pd Paladio 106,42	Ag Plata 107,87	Cd Cadmio 112,41	In Indio 114,82	Sn Estafno 118,71	Sb Antimonia 121,76	Te Tetruo 127,60	I Yodo 126,90	Xe Xenón 131,29
6	Cs Cesio 132,91	Ba Bario 137,33	La Lantano 138,91	Hf Hafnio 178,49	Ta Tantalo 180,95	W Volframio 183,84	Re Renio 186,21	Os Osmio 190,23	Ir Iridio 192,22	Pt Platino 195,08	Au Oro 196,97	Hg Mercurio 200,59	Tl Talio 204,38	Pb Plomo 207,19	Bi Bismuto 208,98	Po Polonio 210,40	At Astato 217,60	Rn Radón 222,00
7	Fr Francio —	Ra Radio —	Ac Actinio —	Rf Rutherfordio 104	Db Dubnio —	Sg Seaborgio 105	Bh Bohrto —	Hs Hassio —	Mt Meltberio —	Ds Darmstadtio —	Rg Roentgenio —	Cp Copernicio —	Uut Ununtrio —	Fl Flerovio —	Uup Ununpentio —	Lv Livermorio —	Uus Ununseptio —	Uuo Ununoctio —

Metales de transición interna																		
Ce Cerio 140,12	Pr Praseodimio 140,91	Nd Neodimio 144,24	Pm Prometio —	Sm Samario 150,36	Eu Europio 151,96	Gd Gadolino 157,25	Tb Terbio 158,93	Dy Disprosio 162,50	Ho Holmo 164,93	Er Erbio 167,26	Tm Tulio 168,93	Yb Iterbio 173,04	Lu Lutecio 174,97					
Th Torio 232,04	Pa Protactinio 231,04	U Uranio 238,03	Np Neptunio —	Pu Plutonio 94	Am Americio 95	Cm Curio 96	Bk Berquelio 97	Cf Californio 98	Es Einstenio 99	Fm Fermio 100	Md Mendelevio 101	No Nobelio 102	Lr Laurencio 103					

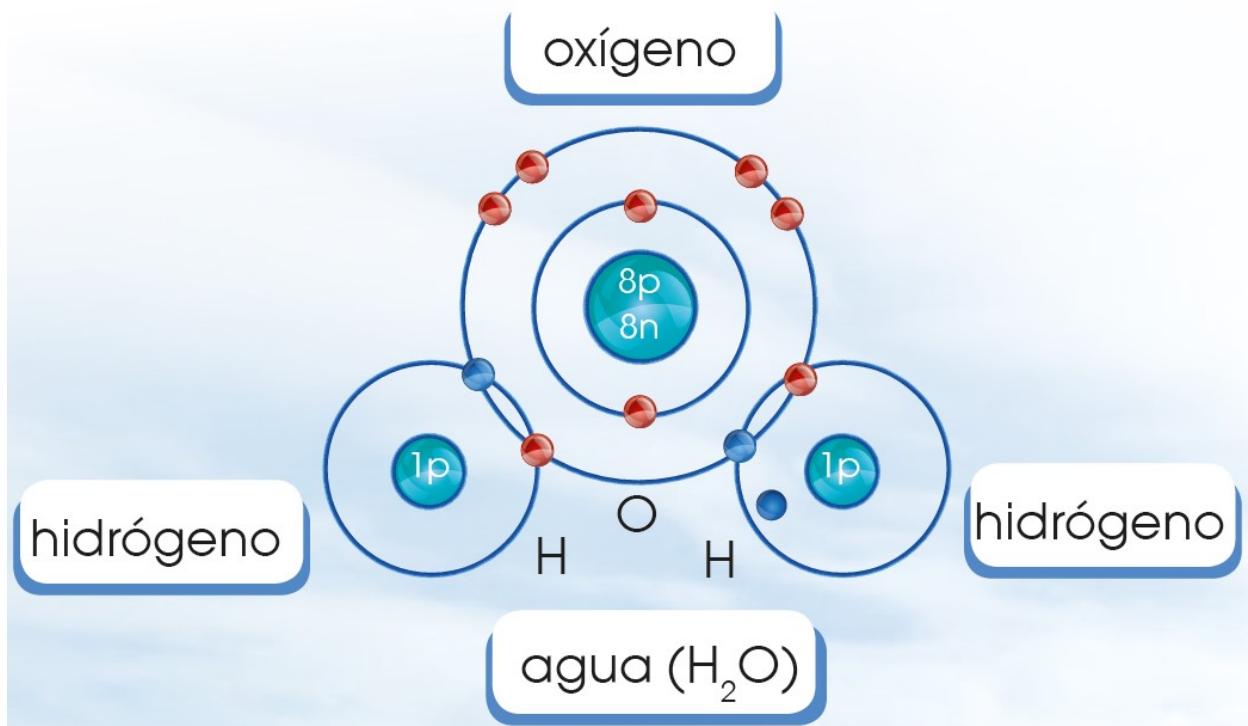
## 1.6. Agua

El agua es la sustancia más abundante en los seres vivos, ya que constituye alrededor del 70 % de su masa. Debido a su estructura molecular, presenta propiedades que la hacen imprescindible para el desarrollo de la vida.

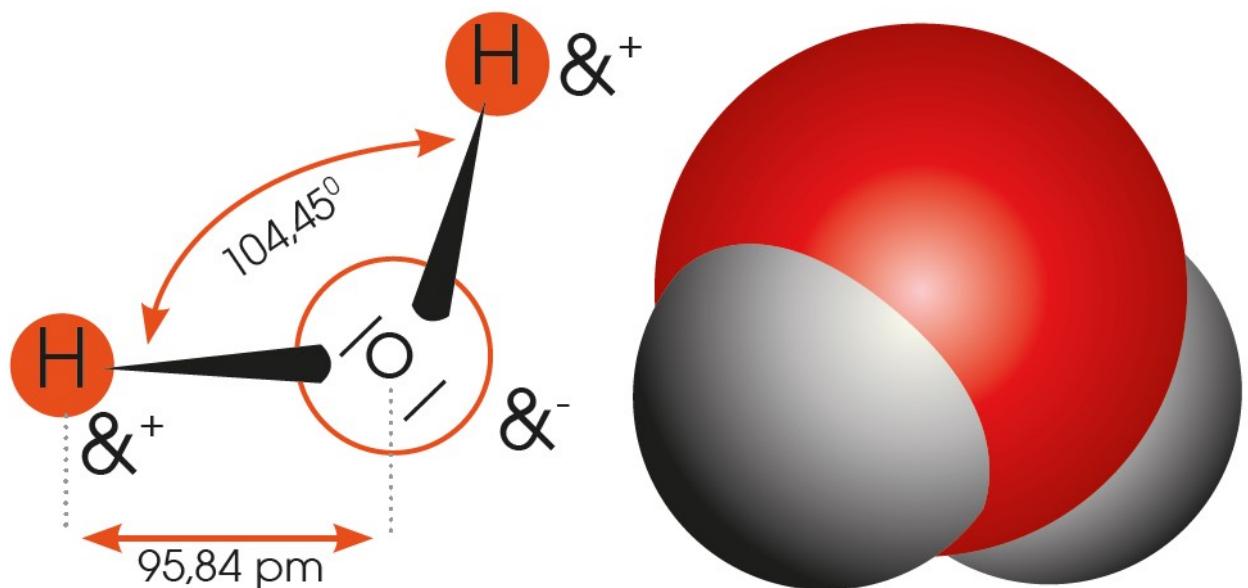
#### 1.6.0.1. Composición y estructura molecular

La molécula de agua ( $\text{H}_2\text{O}$ ) está formada por el enlace covalente entre un átomo de oxígeno y dos de hidrógeno, y se caracteriza por:

- **Compartición de dos electrones:** La compartición de electrones permite mantener una configuración estable.

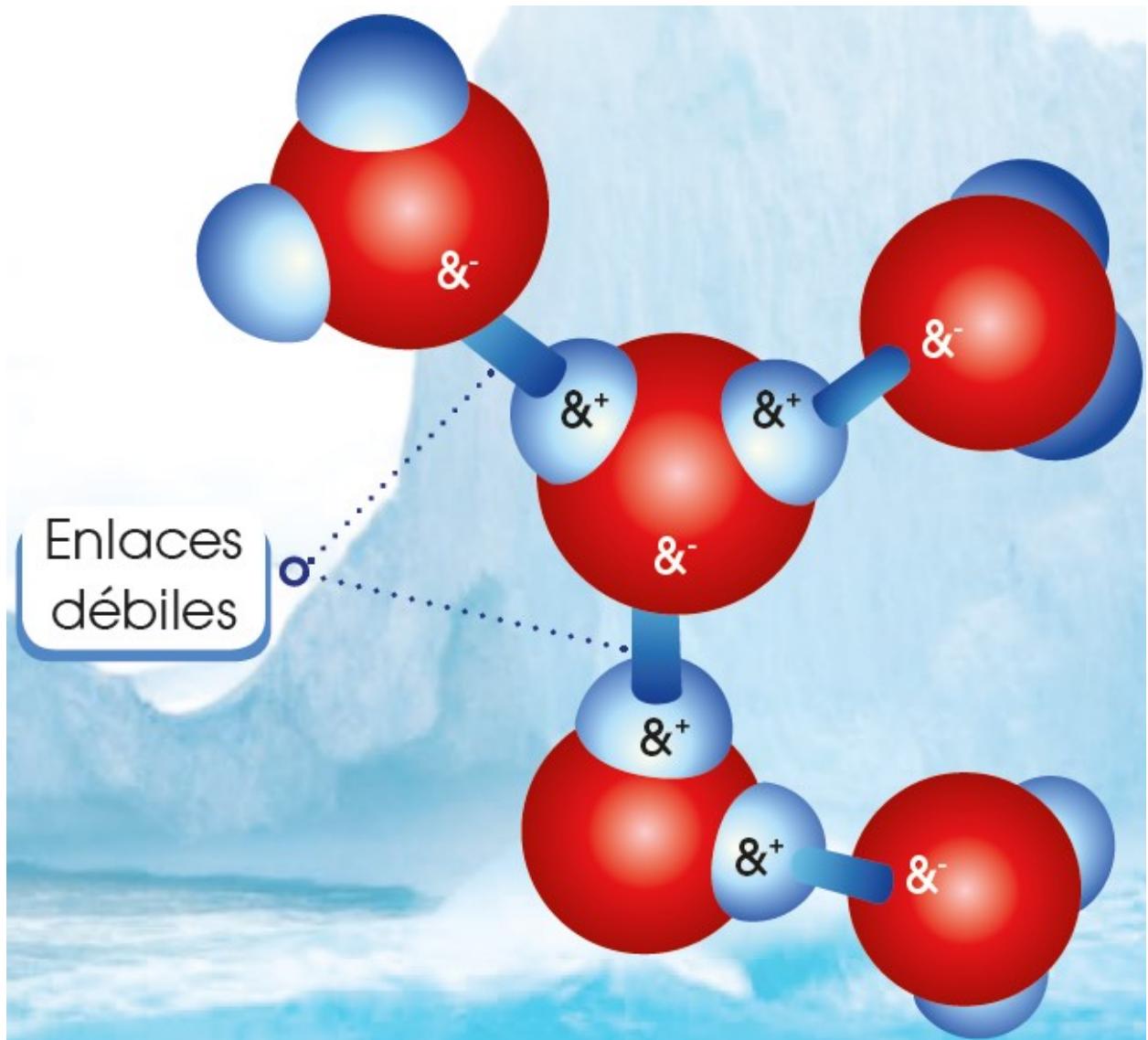


- **Polaridad de la molécula:** El oxígeno es más electronegativo que el hidrógeno, por lo que atrae hacia su núcleo a los electrones del hidrógeno. Esto produce un reparto desigual de las cargas, por lo que la molécula de agua se convierte en un dipolo eléctrico en el que el oxígeno cuenta con carga negativa y los hidrógenos con carga positiva.



## ■ Dipolo en una molécula de agua

- **Formación de puentes de hidrógeno:** La atracción entre los átomos de hidrógeno y de oxígeno de diferentes moléculas de agua debido a su diferencia de carga forma un tipo de enlace débil que lo conocemos como puente de hidrógeno.



### 1.6.1. Propiedades fisicoquímicas del agua

Gracias a su composición y estructura molecular, el agua presenta unas propiedades fisicoquímicas que la convierten en una sustancia indispensable para la vida. A continuación, veremos las principales propiedades fisicoquímicas del agua y su utilidad para los seres vivos:

- **Elevada tensión superficial**

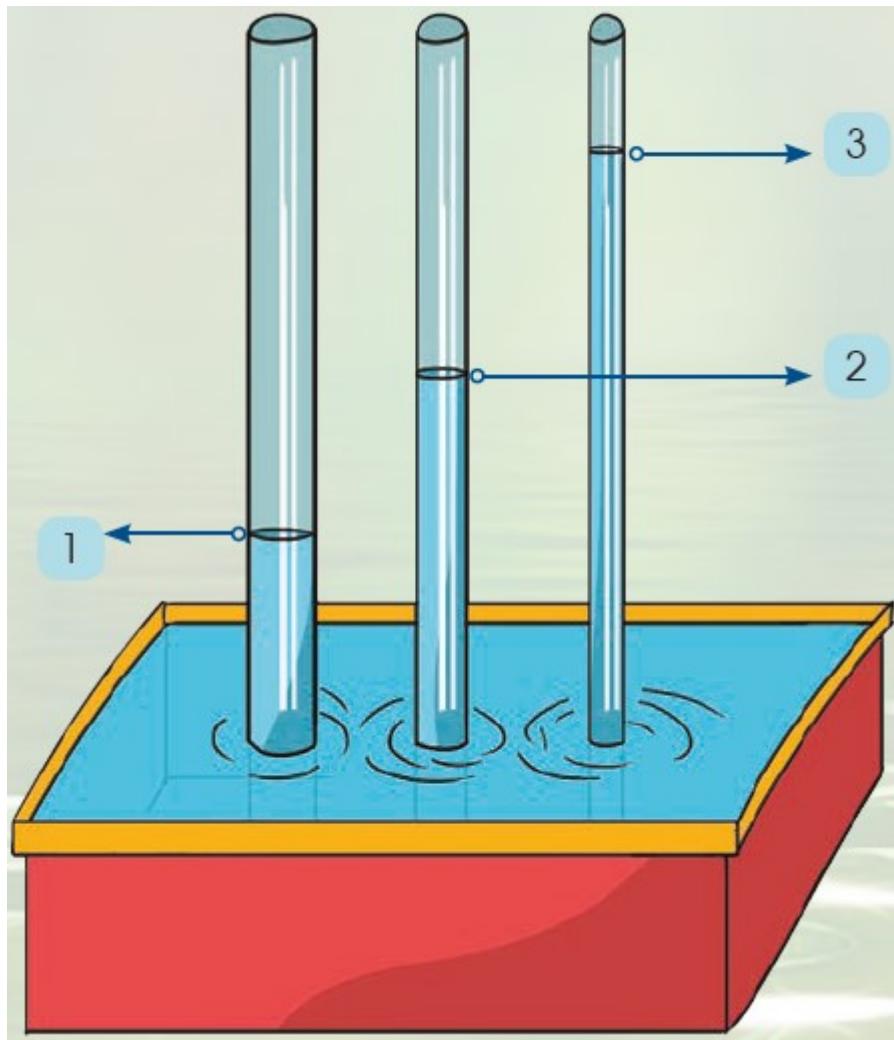
La fuerte cohesión entre las moléculas de agua, causada por los puentes de hidrógeno, provoca que el agua tenga una elevada tensión superficial. Esto se traduce en que las masas de agua, en su superficie, se comportan como una fina película elástica que puede soportar el peso de pequeñas partículas. Muchos insectos son capaces de aprovecharse de esta situación y viven caminando sobre el agua, ya que se desplazan sobre ella sin romper su tensión superficial.



© Marcelo F. Amores Palma

- **Capilaridad**

Gracias a su tensión superficial y a la adhesión de las moléculas, el agua también presenta la propiedad de la capilaridad. Este fenómeno consiste en el ascenso del agua sin gasto energético a través de tubos estrechos. Cuanto menor sea el diámetro del tubo, más ascenderá el agua. Este proceso, que podemos comprobar viendo cómo se comporta el agua en un sorbete, es muy importante en los seres vivos, ya que ayuda a los sistemas circulatorios y es el fenómeno gracias al cual las plantas pueden absorber agua subterránea desde las raíces y transportarla hasta las hojas sin consumir energía.



- **Elevado calor específico**

La capacidad calorífica específica, es decir, la cantidad de calor necesaria para aumentar 1 °C la temperatura de un kilogramo de una sustancia, es muy elevada en el caso del agua, porque los numerosos puentes de hidrógeno que se establecen entre sus moléculas limitan el movimiento de estas y atrasan el incremento de la agitación térmica. El calor específico del agua es de 1 caloría/gramo · °C, o lo que es lo mismo: 4186 julios/ gramo · °C. Esto es más alto que el de cualquier otra sustancia similar al agua.

De este modo, cuando el agua se calienta, la temperatura asciende lentamente, porque no todo el calor se utiliza para aumentar el movimiento de las moléculas, sino que una parte se invierte en romper los puentes de hidrógeno. El descenso de 1 °C también se produce lentamente, en vista de que supone la pérdida de una importante cantidad de calor, la misma que se ha utilizado para producir este incremento.

Por este motivo, el agua desempeña un papel de vital importancia en la regulación de la temperatura de los seres vivos, porque es capaz de absorber y almacenar gran cantidad

de calor aumentando muy poco su temperatura. Igualmente, esta propiedad hace que los océanos regulen la temperatura de la Tierra y mantengan un ambiente favorable para el desarrollo de la vida.

- **Gran poder disolvente**

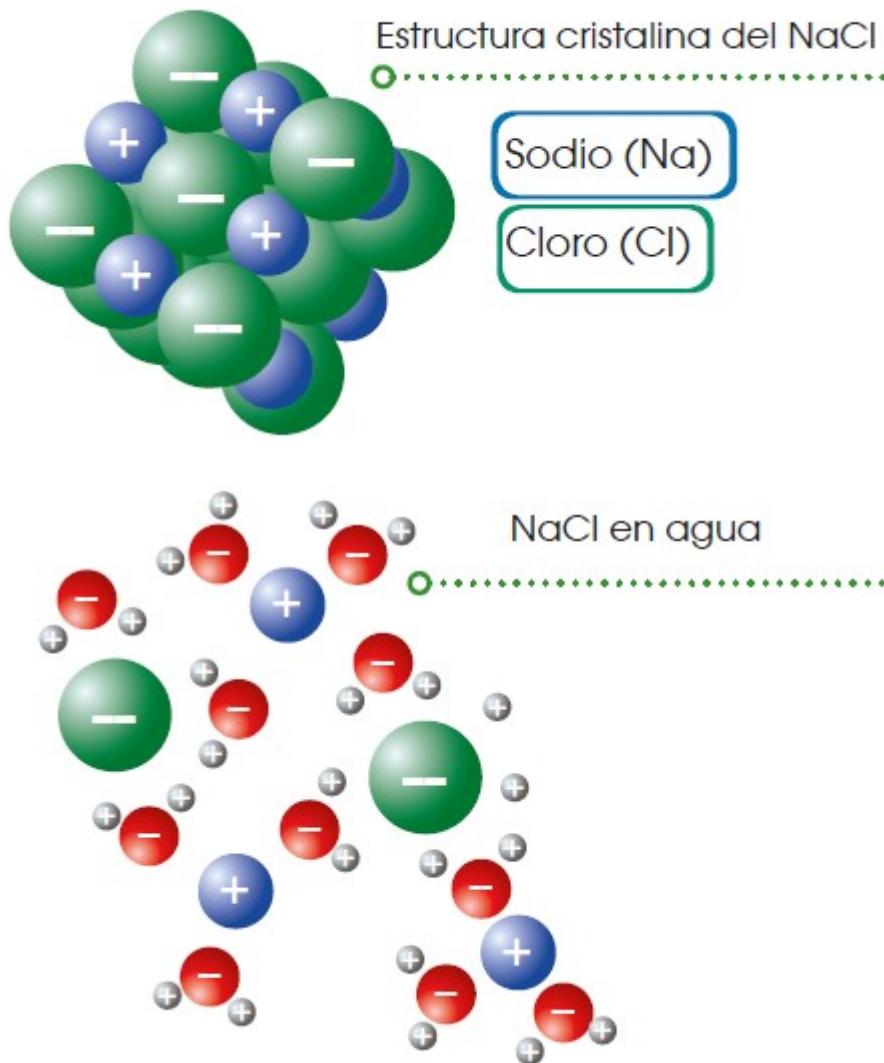
Debido a la polaridad de las moléculas, el agua tiene la capacidad de disolver distintas sustancias ya sean iónicas o polares. Las sustancias iónicas, como la sal (cloruro de sodio), están formadas por iones, átomos cargados positiva o negativamente. Cloruro de sodio: NaCl ->  $\text{Na}^+ + \text{Cl}^-$ . En contacto con el agua, los iones se separan y quedan rodeados por las moléculas de H<sub>2</sub>O, así se provoca la disolución de la sustancia iónica en agua.

Las sustancias polares son aquellas que tienen zonas con carga de distinto signo, pero no forman iones. Sustancias, como algunos glúcidos o proteínas, son polares y pueden disolverse en agua, ya que se establecen puentes de hidrógeno entre ellas y el agua y quedan rodeadas por moléculas de H<sub>2</sub>O.

Esta propiedad es muy importante para la vida, ya que moléculas grandes pueden disolverse y transportarse a través de los sistemas circulatorios de los seres vivos, disueltos en la sangre o en la savia de las plantas.

A las sustancias iónicas y polares que tienen afinidad con el agua y se pueden disolver en ella, las conocemos como hidrófilas; pero del mismo modo existen sustancias hidrófobas, sustancias apolares que repelen el agua como los lípidos.

El agua disuelve los compuestos iónicos.



- Densidad

El valor máximo de densidad del agua se obtiene a 4 °C, cuando se establecen numerosos puentes de hidrógeno entre sus moléculas. En este punto, consideramos la densidad del agua como 1 kg/dm<sup>3</sup>, o lo que es lo mismo, cada litro de agua tiene una masa de un kilogramo. A medida que aumentamos o disminuimos la temperatura del agua desde los 4 °C, su densidad disminuye. Esto es lo que permite que el hielo (agua a 0 °C) flote sobre el agua en estado líquido.

Este hecho será muy importante para la vida ya que, en épocas de frío, los lagos y lagunas quedarán congelados pero solo en su superficie, puesto que el agua congelada flota sobre el agua líquida y permite que en la profundidad siga existiendo vida.



- **Bajo grado de ionización**

Por lo general, solo una pequeña proporción de las moléculas de agua tienden a ionizarse, es decir, uno de los átomos de hidrógeno se separa para combinarse con otra molécula de agua y esto da lugar al ion hidronio ( $\text{H}_3\text{O}^+$ ) y al ion hidroxilo ( $\text{OH}^-$ ).

Cuando una sustancia iónica o polar se disuelve en agua, se altera la cantidad de iones y eso provoca que se modifique el pH. La mayoría de los procesos biológicos dependen del pH y su variación puede alterar el correcto funcionamiento de los organismos.

Como el agua tiene un bajo grado de ionización, es necesario que en los seres vivos existan otros compuestos que actúan como tampón, es decir, mantienen el pH estable.

Aunque el agua no puede actuar como tampón, es importante que existan pequeñas cantidades de iones hidronio e hidroxilo, ya que estas son importantes para llevar a cabo algunas reacciones que ocurren en la célula.

El agua forma parte de diversas soluciones, entre las que destacan por su importancia biológica las soluciones tampón, porque mantienen constante el pH del medio intracelular y extracelular.

Las soluciones tampón están formadas por ácidos débiles o bases débiles, es decir, ácidos y bases que no se ionizan completamente cuando se disuelven en agua.

Cuando las soluciones tampón están formadas por ácidos débiles, estos pueden ionizarse y dar lugar a iones hidrógeno y a un ion acceptor de protones, es decir, una base. La reacción es reversible.  $\text{HA} \rightleftharpoons \text{H}^+ + \text{A}^-$

Cuando las soluciones tampón están formadas por bases débiles, como resultado de la ionización, se obtienen iones hidroxilo y un ion dador de protones, es decir, un ácido. La reacción también es reversible.  $\text{BO} \rightleftharpoons \text{B}^+ + \text{OH}^-$

### 1.6.2. Funciones biológicas del agua

El agua desempeña unas funciones biológicas decisivas en los procesos vitales. Estas funciones se relacionan con las propiedades anteriores.

**Tabla 1.5.:** Funciones biológicas del agua

Funciones	Propiedades
<b>Distribuye sustancias.</b> Algunas sustancias, como las sales minerales, circulan hacia las partes aéreas de las plantas y se distribuyen por ellas, gracias al desplazamiento del agua por los vasos conductores.	La ascensión del agua por los vasos conductores es posible por capilaridad, es decir, por la combinación de la cohesión y la adhesión de las moléculas de agua. Debido a la atracción que ejercen las paredes del vaso conductor sobre las moléculas de agua, estas se adhieren a su superficie y avanzan en sentido ascendente. El resto de las moléculas que constituyen la columna de agua se mueve por cohesión.
<b>Modera la temperatura interna de los seres vivos.</b> El contenido en agua de los seres vivos amortigua las variaciones de su temperatura interna como consecuencia de cambios bruscos de la temperatura ambiental, o por la producción de calor durante el metabolismo. Este efecto moderador favorece el desarrollo de las reacciones metabólicas.	El agua necesita absorber mucho calor para aumentar $1\ ^\circ\text{C}$ su temperatura. Del mismo modo, para que esta descienda $1\ ^\circ\text{C}$ , se ha de desprender de una gran cantidad de calor. El lento ascenso o descenso de la temperatura del agua se debe a su elevada capacidad calorífica específica

Funciones	Propiedades
<p><b>Permite la vida bajo la superficie helada de lagos y océanos.</b></p> <p>La capa de hielo que se forma en los lagos y los océanos durante el invierno no impide que, por debajo de ella, en el agua líquida, vivan numerosos organismos. El hielo actúa como aislante térmico y, como no se acumula en el fondo, no supone un obstáculo para el desarrollo de la vida.</p>	<p>A temperaturas inferiores a los 4 °C, la densidad del agua disminuye en vez de aumentar. De esta manera, el hielo flota sobre el agua líquida.</p>
<p><b>Actúa como disolvente.</b></p> <p>La disolución de sustancias en el citoplasma permite su transporte y su participación en las reacciones metabólicas.</p>	<p>Las moléculas de agua tienden a separar numerosos compuestos por su elevada capacidad disolvente.</p> <p>Los enlaces de las sustancias se debilitan por la atracción que se establece entre cargas opuestas.</p>
<p><b>Participa en diversas reacciones.</b></p> <p>En las células tienen lugar numerosas reacciones y en algunas de ellas el agua actúa como reactivo. En estas reacciones, denominadas reacciones de hidrólisis, se rompen enlaces de las moléculas por adición de H<sup>+</sup> o OH<sup>-</sup>.</p>	<p>Algunas moléculas de agua tienen tendencia a ionizarse, es decir, a separarse del oxígeno al que se unen covalentemente para unirse con otro átomo de oxígeno al que están unidas por puentes de hidrógeno. Los iones resultantes son atraídos por otros compuestos, de modo que rompen algunos enlaces existentes y forman nuevos.</p>

### Sales minerales

Las sales minerales forman parte de los seres vivos y, aunque se encuentran en cantidades muy pequeñas en comparación con el agua o las biomoléculas, tienen funciones muy importantes en las reacciones metabólicas, en la regulación de estas o como constituyentes celulares.

Las sales más abundantes en los seres vivos son los cloruros, los fosfatos y los carbonatos de calcio, sodio, potasio y magnesio.

### Características

Las sales minerales son sustancias formadas por un catión procedente de una base y un anión procedente de un ácido. Distinguimos dos tipos de sales minerales:

- **Insolubles:** Se encuentran formando un precipitado que no se disocia. Por ejemplo, el fosfato cálcico,  $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ .
- **Solubles:** Se encuentran disociadas en iones, como en el caso del cloruro sódico,  $\text{NaCl}$ .

#### Funciones

Las funciones de las sales minerales dependen de su solubilidad en el agua.

Las sales insolubles tienen función estructural, ya que, por ejemplo, los fosfatos y los carbonatos de calcio son componentes de huesos y conchas de los animales.

Las sales solubles se ionizan en sus iones correspondientes, los cuales tienen diversas funciones en las células. Por ejemplo, la transmisión del impulso nervioso depende del intercambio de iones  $\text{Na}^+$  y  $\text{K}^+$  entre el medio intracelular y el extracelular a través de la membrana plasmática.

#### Ósmosis

La presencia de sales disueltas en el agua condiciona el movimiento de las moléculas de agua a través de la membrana plasmática para igualar las concentraciones. Este movimiento es un caso especial de transporte pasivo y lo llamamos ósmosis. Así, las moléculas de agua atraviesan la membrana plasmática desde la disolución de menor concentración, disolución hipotónica, hacia la de mayor concentración, la disolución hipertónica. Cuando el paso del agua iguala las dos concentraciones, las disoluciones reciben el nombre de isotónicas.

Este movimiento del agua a través de la membrana plasmática puede producir que algunas células se arruguen por una pérdida excesiva de agua, que conocemos como plasmólisis, o bien que se inflen por un aumento también excesivo en el contenido celular de agua, fenómeno que llamamos turgencia. Para evitar estas dos situaciones, de consecuencias desastrosas para las células, estas poseen mecanismos para expulsar el agua o los iones mediante un transporte que requiere gasto de energía.



- La difusión es el transporte de sustancias a través de la membrana que se da a favor del gradiente de concentración. No requiere de aporte energético, pero si las moléculas que atraviesan la membrana son de gran tamaño (ciertas proteínas, por ejemplo), es necesaria la participación de transportadores de membrana.

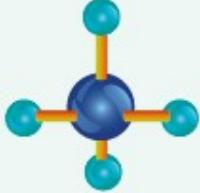
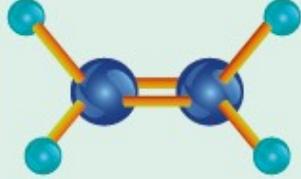
La diálisis es un caso de difusión selectiva a través de membrana, en el que solo la atraviesan moléculas pequeñas.

### Biomoléculas orgánicas

Junto con el agua y las sales minerales, las biomoléculas orgánicas son los componentes fundamentales de la materia viva. Las biomoléculas orgánicas están formadas principalmente por carbono (C) y tienen funciones muy diversas en los seres vivos: estructurales, energéticas, de control en reacciones metabólicas, etc.

La vida, tal y como la conocemos, está basada en el carbono, y este es el único elemento que sirve como esqueleto de las biomoléculas que conforman a todos los organismos. La principal característica que hace que el carbono sea tan relevante es su configuración electrónica que permite que forme cuatro enlaces covalentes simples muy estables, e igualmente podría crear enlaces dobles e incluso triples. De esta forma, los átomos de carbono pueden crear cadenas lineales, ramificadas o cíclicas muy estables sobre las que se van situando otros grupos funcionales, formados en su mayoría por hidrógeno (H), oxígeno (O) y nitrógeno (N).

$-\text{OH}$	Hidroxilo	$\begin{array}{c} \text{O} \\ \parallel \\ -\text{C}- \\   \\ -\text{CO}- \end{array}$	Cetona	$-\text{NH}_2$	Amina
$\begin{array}{c} \text{O} \\ \diagup \\ -\text{C}-\text{H} \\ \diagdown \\ -\text{CHO} \end{array}$	Aldehido	$\begin{array}{c} \text{O} \\ \diagup \\ -\text{C}-\text{O}-\text{H} \\ \diagdown \\ -\text{COOH} \end{array}$	Ácido carboxílico	$\begin{array}{c} \text{O} \\ \diagup \\ -\text{C}-\text{NH}_2 \\ \diagdown \\ -\text{CONH}_2 \end{array}$	Amina

Hibridación	Formada por	Forma en el espacio	Ángulos	Tipos de enlaces C-C
$\text{sp}^3$	un orbital s y tres orbitales $p$	Tetraédrica 	$109^\circ$	simples
$\text{sp}^2$	un orbital s y dos orbitales $p$	Trigonal-planar 	$120^\circ$	dobles
$\text{sp}$	un orbital s y un orbital $p$	Lineal 	$180^\circ$	triples

Lo que permite que el carbono pueda formar los cuatro enlaces tan estables, es que sus cuatro electrones de valencia se disponen en una configuración electrónica especial que da lugar al carbono excitado ( $\text{C}^+$ ).

Configuración electrónica del carbono en su estado normal:  $\text{C}: 1\text{s}^2, 2\text{s}^2, 2\text{p}^2$ . Configuración electrónica del carbono excitado:  $\text{C}^*: 1\text{s}^2, 2\text{s}^1, 2\text{p}^1$ .

Gracias a esta configuración, los orbitales del carbono hibridan y pueden formar los

distintos enlaces.



## 2. Biomoléculas orgánicas y metabolismo

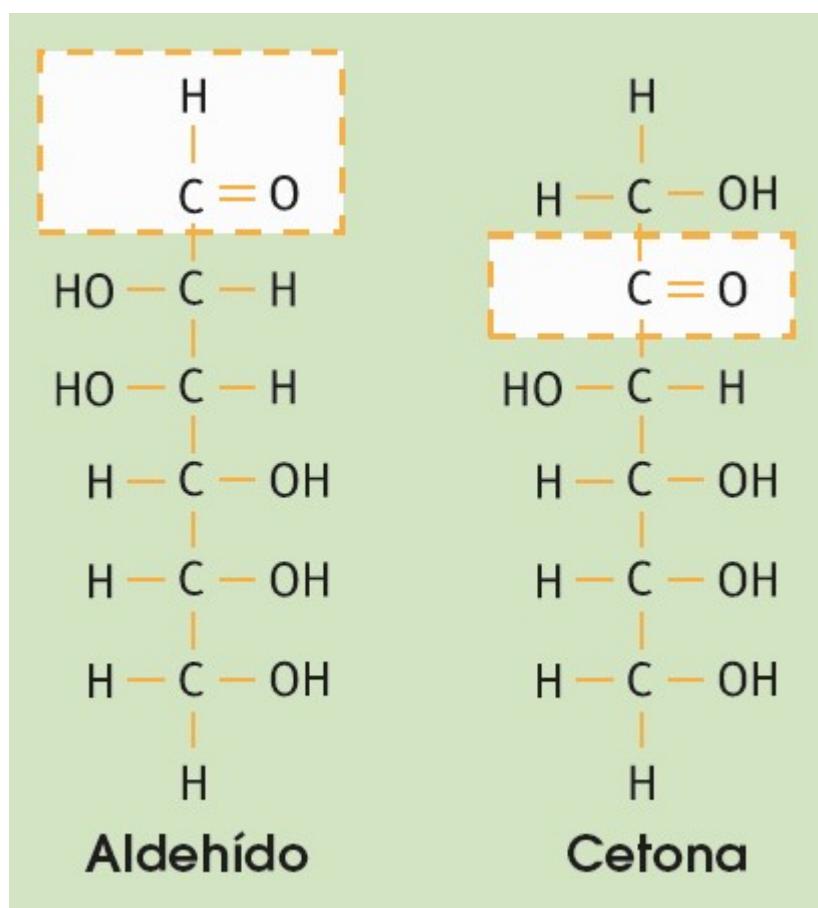


## 2.1. Glúcidos

Como sabemos, las biomoléculas orgánicas son aquellas moléculas que forman parte de los seres vivos y están constituidas por un esqueleto de carbono. Estas son los glúcidos, lípidos, proteínas y ácidos nucleicos. A continuación, veremos las características, clasificación, propiedades y funciones biológicas de cada uno de ellos.

Los glúcidos son biomoléculas orgánicas formadas por carbono, oxígeno e hidrógeno. Constituyen un grupo de sustancias muy extenso y variado y en algunas ocasiones los conocemos como hidratos de carbono o, simplemente, azúcares. Químicamente son polihidroxialdehídos o polihidroxicetonas (un grupo aldehído o un grupo cetona y numerosos grupos hidroxilo) o bien compuestos formados por la unión de moléculas de este tipo.

Solemos distinguir tres grandes grupos de glúcidos: los monosacáridos, los oligosacáridos y los polisacáridos.



### 2.1.1. Monosacáridos

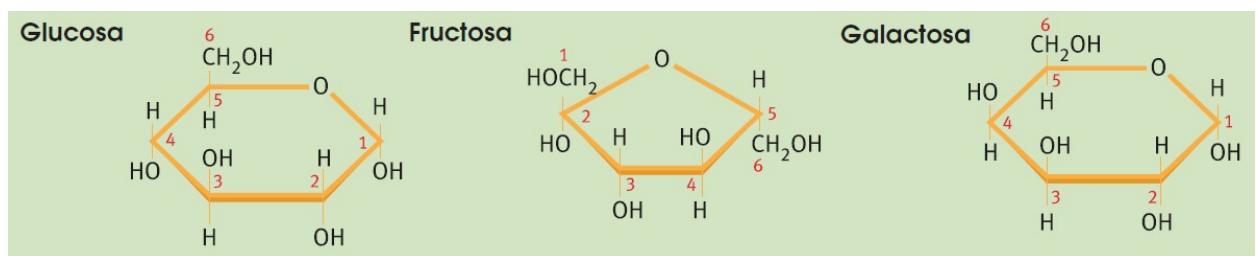
Los monosacáridos son los glúcidos más sencillos, formados por una cadena de entre tres y siete átomos de carbono. Según este número, los clasificamos en triosas, tetrosas,

pentosas, hexosas o heptosas.

Los monosacáridos, por lo general, son solubles en agua, blancos y de sabor dulce. Son las sustancias que utiliza la célula para obtener energía. Cuando ocurre una reacción química, se produce la ruptura de unos enlaces y la formación de enlaces nuevos. Si los enlaces que se rompen tienen más energía que los que se forman, se libera energía. Esto ocurre cuando los monosacáridos reaccionan con el oxígeno, generan moléculas con enlaces de menor energía y, por lo tanto, producen energía.

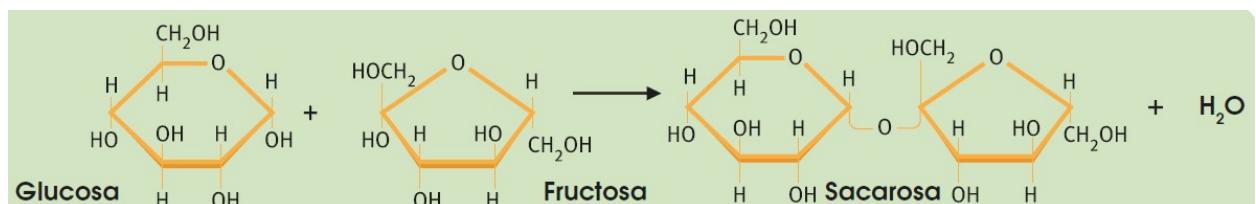
Los monosacáridos poseen una fórmula química  $(CH_2O)_n$ ; sustituimos  $n$  por el número de carbonos. Por ejemplo, una hexosa tiene seis átomos de carbono; su fórmula será  $(CH_2O)_6$  o lo que es lo mismo  $C_6H_{12}O_6$ , ya que contienen seis átomos de carbono, doce átomos de hidrógeno y seis átomos de oxígeno.

El monosacárido más representativo es la glucosa. Está formada por seis átomos de carbono y es utilizada como fuente de energía básica por muchos seres vivos. Es el monosacárido más abundante en la naturaleza y se encuentra en la fruta y en la miel. Otros monosacáridos importantes son la ribosa, la fructosa o la galactosa.



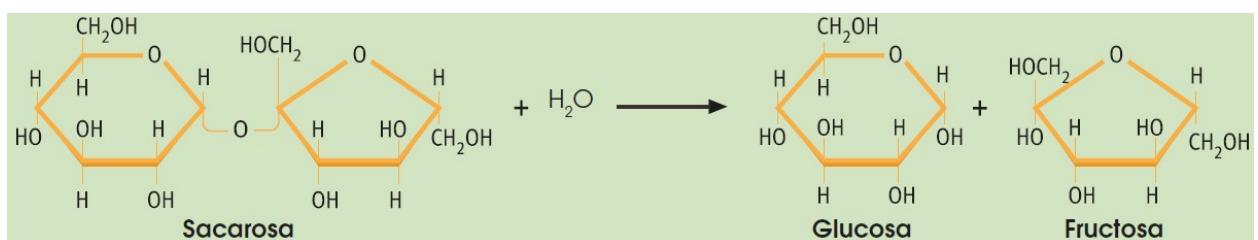
## 2.1.2. Oligosacáridos

Los oligosacáridos son glúcidos compuestos por la unión de dos a diez monosacáridos, los cuales se unen mediante enlaces O-glucosídicos. Al igual que los monosacáridos, son dulces y solubles en agua. Los oligosacáridos formados por dos monosacáridos reciben el nombre de disacáridos; y los constituidos por tres, trisacáridos.

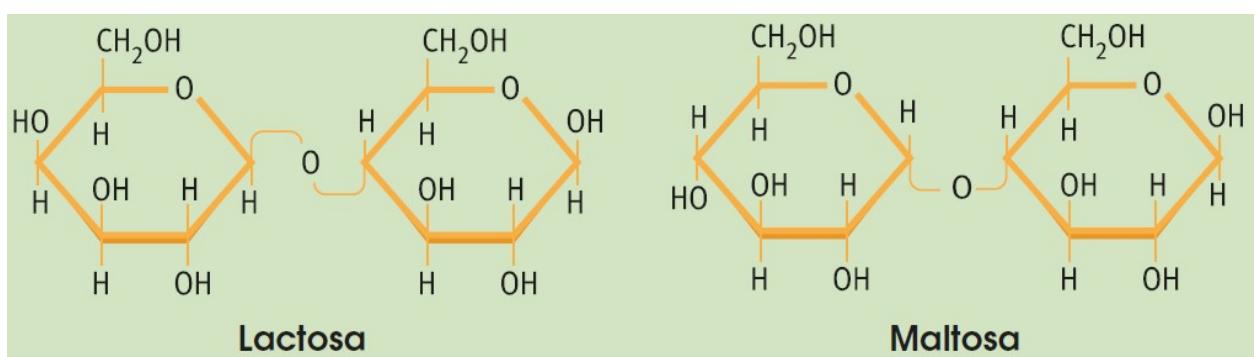


El enlace O-glucosídico se realiza entre el carbono de un grupo hidroxilo de un monosacárido y el carbono del grupo aldehído o cetona del siguiente monosacárido, con lo que se crea, además, una molécula de agua.

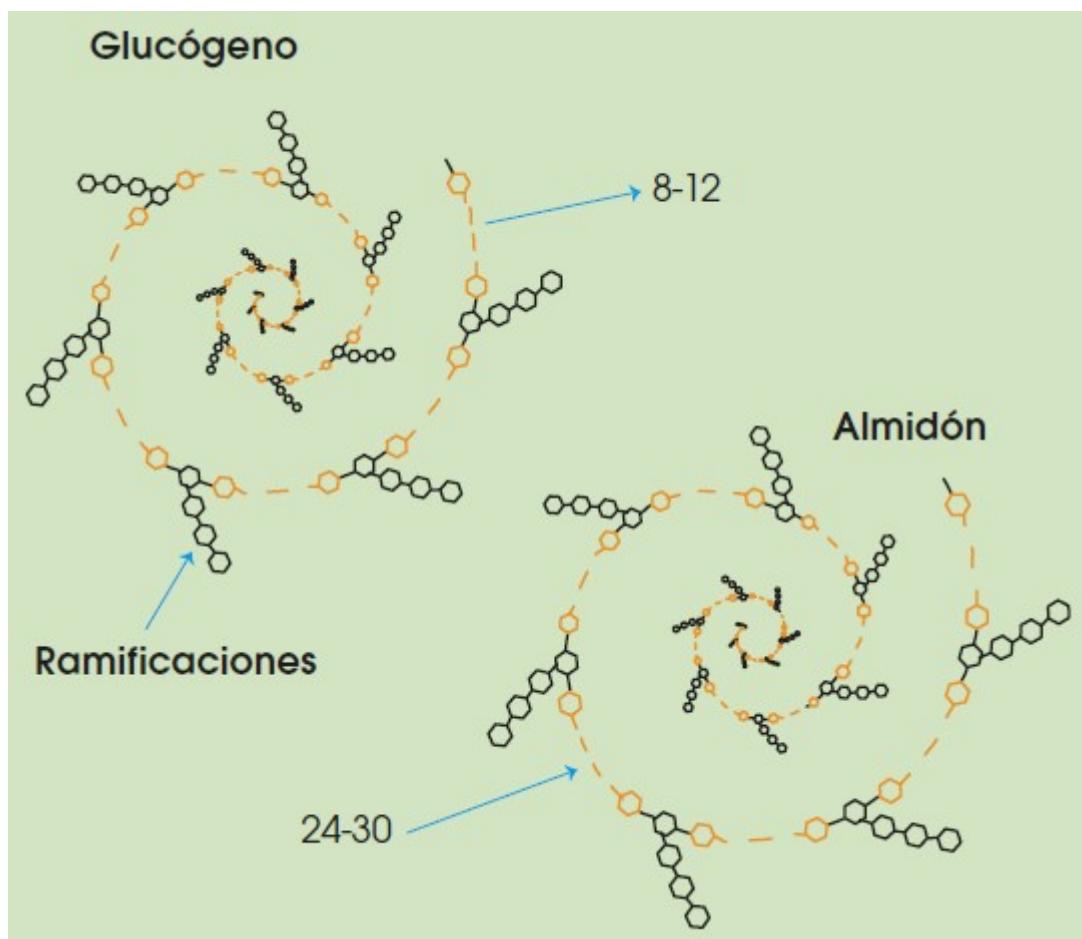
De la misma forma que podemos formar un enlace O-glucosídico, este puede romperse mediante una reacción de hidrólisis. Añadiendo  $H_2O$ , un disacárido puede dar lugar a dos monosacáridos libres. Esta reacción de hidrólisis provoca la ruptura del enlace O-glucosídico y, por tanto, la liberación de energía. Por esto, los oligosacáridos, al igual que los monosacáridos, cumplen la función de aporte energético en los seres vivos.



La mayoría de los oligosacáridos representativos en los organismos vivos son disacáridos, entre los que destacan la sacarosa (glucosa + fructosa) que obtenemos de la caña de azúcar o la remolacha, y es el azúcar que consumimos habitualmente; la lactosa (galactosa + glucosa) que se encuentra exclusivamente en la leche o la maltosa (2 glucosas). Sus funciones son siempre energéticas.



### 2.1.3. Polisacáridos



Una sustancia formada por varias moléculas menores la conocemos como polímero, mientras que cada una de las pequeñas moléculas que forman el polímero reciben el nombre de *monómero*. Esto ocurre en el caso de los polisacáridos, compuestos por un gran número de monosacáridos unidos entre ellos por enlaces O-glucosídicos.

Los polisacáridos se forman como largas cadenas lineales o ramificadas. Si en estas cadenas se repite siempre el mismo monosacárido hablamos de un *homopolisacárido*, mientras que si intervienen distintos tipos de unidades, hablamos de un *heteropolisacárido*.

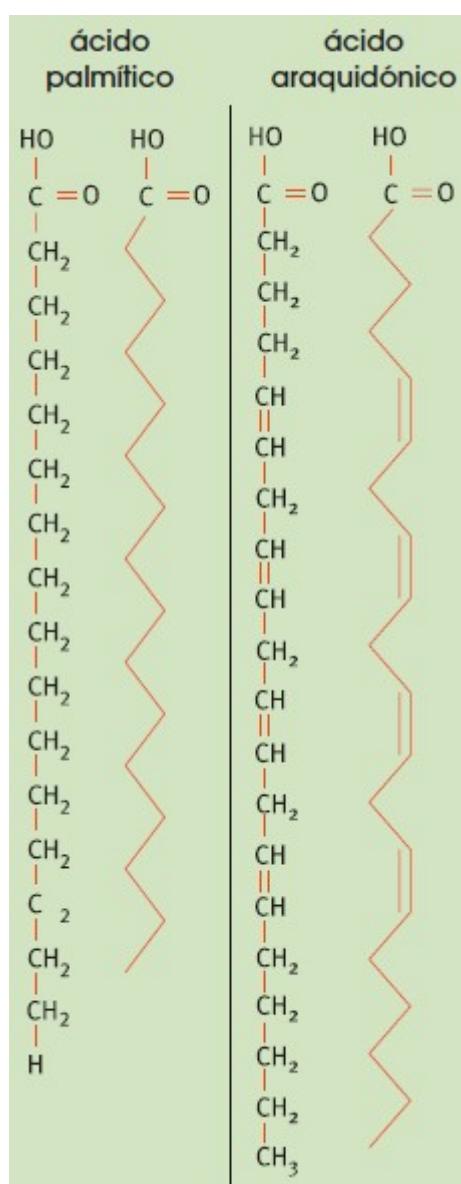
Al contrario que los monosacáridos y los oligosacáridos, los polisacáridos no tienen sabor dulce ni son solubles en agua. Por este motivo, cumplen principalmente un papel estructural en los seres vivos, aunque también actúan a menudo como reserva de energía.

Los polisacáridos con función de reserva más representativos son el almidón y el glucógeno. El almidón es la sustancia de reserva energética propia de las plantas y se encuentra de forma abundante en las semillas y los tubérculos. Está formado por la unión de miles de moléculas de glucosa. Por otro lado, el glucógeno cumple la misma función que el almidón, pero en los animales. Se encuentra de manera muy abundante tanto en el hígado como en

los músculos. Al igual que el almidón, el glucógeno es un polímero de miles de moléculas de glucosa. La diferencia entre ellos es que el almidón tiene ramificaciones cada 24-30 glucosas mientras que las ramificaciones en el glucógeno ocurren cada 8-12.

En cuanto a los polisacáridos con función estructural, los más representativos son la celulosa y la quitina. La celulosa forma la pared celular de las células vegetales y es un polímero formado por glucosa. En este caso, varias cadenas se unen entre sí por puentes de hidrógeno, lo que otorga mayor estabilidad al polisacárido. Por su parte, la quitina forma los exoesqueletos de algunos animales como insectos y crustáceos, así como la pared de las células de los hongos; y se trata de un polisacárido de N-acetilglucosamina.

## 2.2. Lípidos



Los lípidos son un grupo de biomoléculas orgánicas, compuestas por carbono, hidrógeno y oxígeno, aunque en ocasiones pueden presentar otros elementos como nitrógeno, fósforo o azufre.

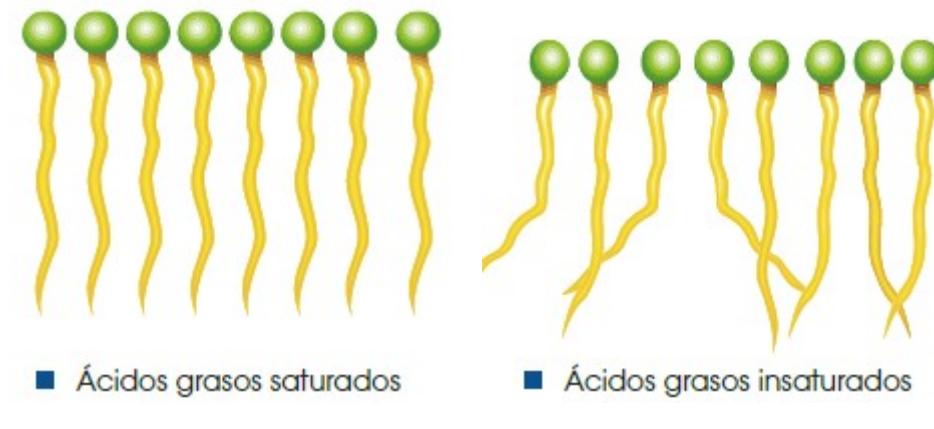
Constituyen un grupo muy amplio con gran diversidad de estructuras y funciones, pero todos tienen algo en común de vital importancia para los organismos vivos: no son solubles en agua.

Al ser un grupo tan extenso y variado, no existe una clasificación clara para los lípidos, y los podemos catalogar de distintas maneras en función de distintos criterios. La división más común dentro de este grupo es la de los lípidos saponificables e insaponificables.

## 2.2.1. Lípidos saponificables

La saponificación es un proceso químico en el que un lípido puede dar un jabón. A los lípidos que pueden provocar este tipo de reacción los conocemos como lípidos saponificables, y dentro de ellos encontramos lípidos saponificables simples: ácidos grasos, acilglicerídos y ceras; y lípidos saponificables compuestos: fosfolípidos y glucolípidos.

### 2.2.1.1. Ácidos grasos



Son la estructura básica de los lípidos. Son cadenas largas formadas por átomos de carbono con un grupo carboxilo (-COOH) en el extremo. Los ácidos grasos pueden ser saturados si todos los enlaces entre los carbonos son sencillos o insaturados si tienen algún doble enlace entre los carbonos. Igualmente, pueden ser monoinsaturados si solo poseen un doble enlace y poliinsaturados si tienen más de uno.

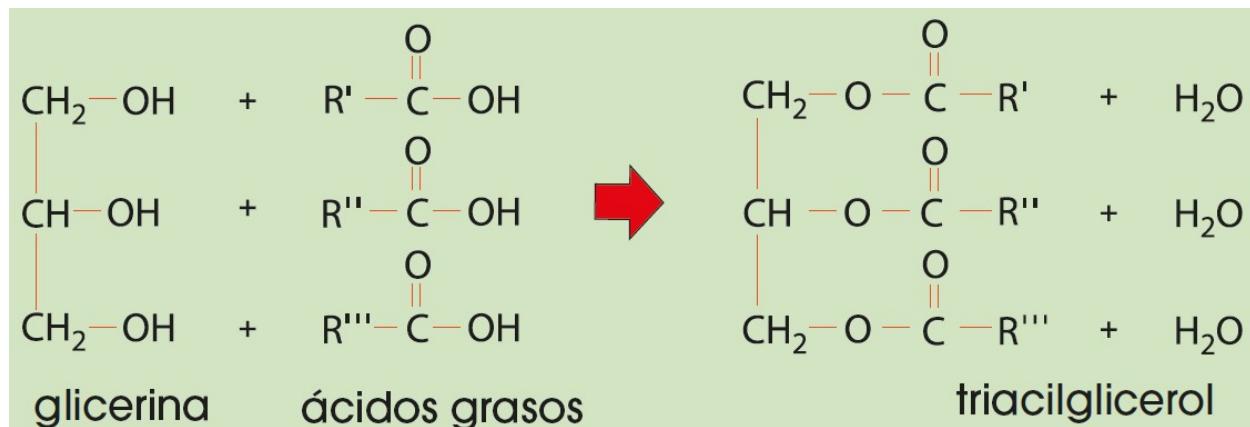
Los ácidos grasos se unen entre sí hasta formar agrupaciones compactas. Las insaturaciones provocan doblamientos en las cadenas por lo que los ácidos grasos insaturados

forman agrupaciones menos compactas. Esto provoca que los ácidos grasos insaturados sean algo más solubles que los saturados, y que tengan un punto de fusión más bajo, lo que hace que a temperatura ambiente (25 °C) los ácidos grasos insaturados sean líquidos; mientras que los saturados, sólidos.

Los ácidos grasos son moléculas anfipáticas, lo que significa que tienen una zona hidrófila (con afinidad por el agua) y otra zona hidrófoba (que repele el agua). Esta propiedad es la que permite que se formen micelas o bicapas lipídicas, como la membrana plasmática. Como veremos más adelante, esta propiedad es de vital importancia para permitir la existencia de las células tal y como las conocemos actualmente.

### 2.2.1.2. Acilgliceroles

Los acilgliceroles (o acilglicéridos) son derivados de los ácidos grasos y constituyen el tipo de lípido más abundante. Reciben comúnmente el nombre de grasas. Los más habituales son los triacilgliceroles (o triglicéridos), compuestos por tres ácidos grasos y una molécula de glicerina. Los triglicéridos formados por ácidos grasos saturados son sólidos a temperatura ambiente y los conocemos como grasas, mientras que los compuestos por ácidos grasos insaturados son líquidos y los conocemos como aceites.



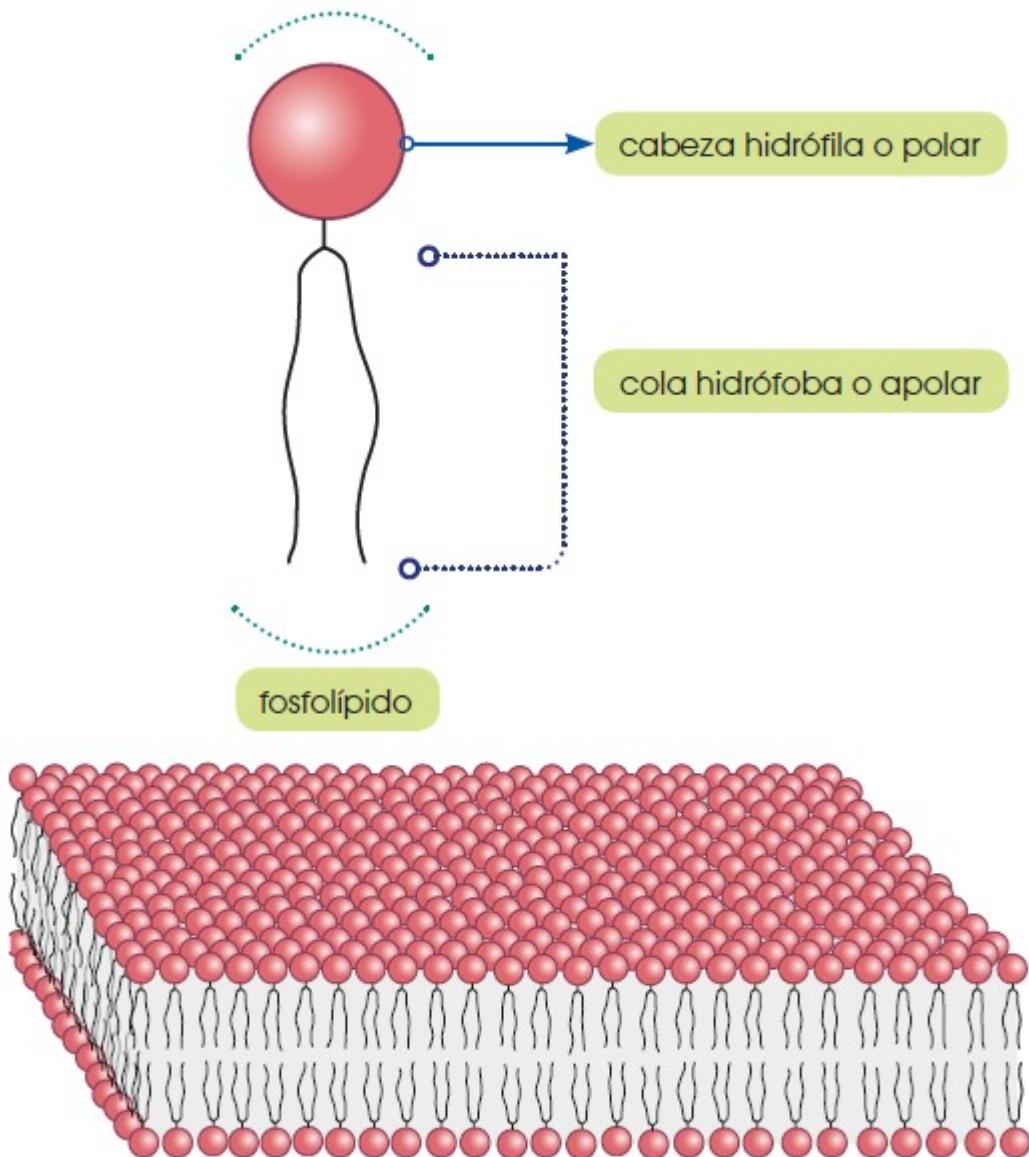
Son sustancias insolubles en agua y su función, al igual que la de los ácidos grasos, es de reserva energética. Aunque los glúcidos son la principal fuente energética debido a que su oxidación es una vía muy rápida de obtención de energía, los lípidos son una importante reserva, ya que liberan mayor cantidad de energía que los glúcidos. Sin embargo, debido a su naturaleza insoluble, son mucho más complicados de transportar y utilizar por los seres vivos, por lo que quedan relegados como fuentes de reserva energética.

### 2.2.1.3. Ceras



Las ceras también son lípidos derivados de los ácidos grasos. Igual que los anteriores, son insolubles en agua, y presentan un punto de fusión aún más elevado. Además de actuar como fuente de reserva energética, las ceras suelen tener otras funciones como la de impermeabilizar y proteger diversos órganos tanto animales (piel, pelos y plumas) como vegetales (hojas y frutos).

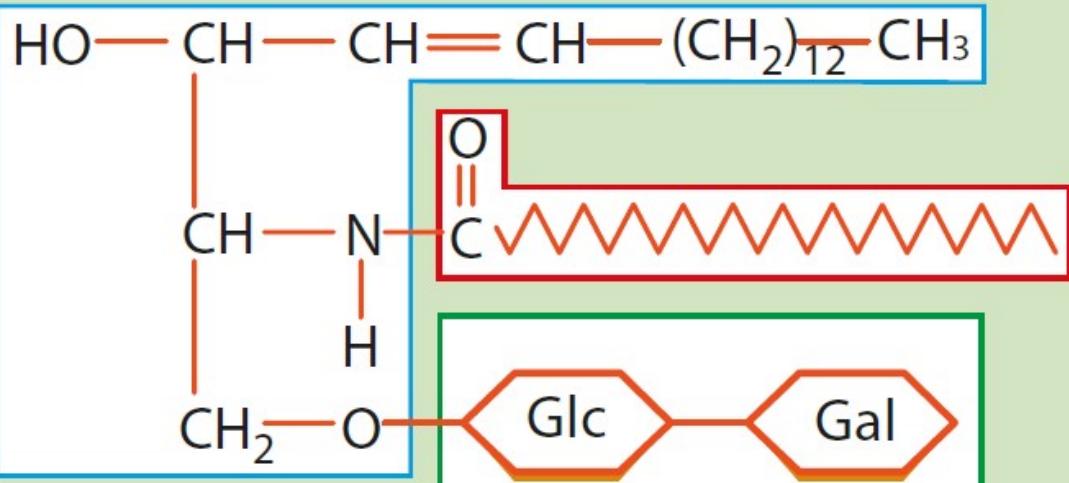
#### 2.2.1.4. Fosfolípidos



Los fosfolípidos son lípidos que contienen un grupo fosfato. Están formados por una molécula de glicerina, dos ácidos grasos y una molécula de ácido fosfórico. Tienen función estructural, principalmente forma parte de la membrana plasmática de las células. Forman una bicapa lipídica en la que las cabezas polares (grupos fosfatos) quedan hacia el medio mientras que las colas apolares (ácidos grasos) quedan hacia el interior.

Pese a que la función estructural como membrana plasmática es la más relevante de los fosfolípidos, también cumplen con otros papeles importantes como la activación de enzimas, el componente detergente de la bilis o la síntesis de sustancias de señalización celular.

#### 2.2.1.5. Glucolípidos



### ■ Molécula de glucolípido neutro

Los glucolípidos son lípidos que contienen uno o varios monosacáridos, normalmente glucosa o galactosa. Son muy abundantes en la cara externa de las membranas plasmáticas que conforman el glicocálix, zona de reconocimiento celular y recepción de antígenos.

#### 2.2.2. Lípidos insaponificables

Los lípidos insaponificables no producen la reacción de saponificación. Dentro de este grupo, hay tres tipos de lípido representativos: los terpenos, los esteroides y las prostaglandinas.

##### 2.2.2.1. Terpenos

Son un tipo de lípido que puede presentar muchas modificaciones. Suelen tener estructuras multicíclicas que difieren mucho entre sí. Son los principales constituyentes de los aceites esenciales de las plantas y flores. También dan coloración a algunos órganos vegetales y participan en la síntesis de vitaminas A, E y K. Por ejemplo, el caroteno, encargado de dar el color anaranjado a la zanahoria, es un terpreno.

### **2.2.2.2. Esteroides**

Los esteroides son lípidos con gran diversidad de funciones importantes en los seres vivos. El más representativo es el colesterol, que forma parte de las membranas plasmáticas y a partir del cual se sintetizan las hormonas esteroides.

Estas hormonas son los corticoides, las hormonas sexuales masculinas (andrógenos y testosterona), las hormonas sexuales femeninas (estrógenos y progesterona) y la vitamina D que cumple funciones de mineralización del hueso que ayuda al desarrollo del sistema óseo.

### **2.2.3. Prostaglandinas**

También conocidas como eicosanoides, son lípidos que participan como hormonas en la reacción inflamatoria mediante la vasodilatación, la regulación de la temperatura corporal o favoreciendo el desprendimiento del endometrio durante la menstruación.

#### **2.2.3.1. El colesterol y la aterosclerosis**

Existen proteínas específicas que transportan distintos tipos de lípidos, como triacilgliceroles, fosfolípidos y colesterol, y que forman unos complejos llamados lipoproteínas.

Estos complejos tienen forma esférica y en su parte interior se concentran los lípidos, mientras que las proteínas se sitúan en la superficie.

Las lipoproteínas presentan diferentes densidades según los lípidos y los aminoácidos que contengan. De este modo, distinguimos cuatro clases de lipoproteínas:

- **Quilomicrones:** Su densidad es muy baja y contienen una cantidad elevada de triacilgliceroles.
- **Lipoproteínas de muy baja densidad** (very low-density lipoproteins, VLDL): Están constituidas, principalmente, por triacilgliceroles.
- **Lipoproteínas de baja densidad** (low-density lipoproteins, LDL): Contienen, principalmente, colesterol.
- **Lipoproteínas de alta densidad** (high-density lipoproteins, HDL): Contienen muchas proteínas y un bajo nivel de colesterol.

En muchas ocasiones, una concentración elevada de colesterol en la sangre se relaciona con un trastorno cardiovascular muy frecuente que conlleva graves complicaciones clínicas, la aterosclerosis. Este trastorno consiste en una acumulación de lípidos, principalmente colesterol, en las paredes internas de las arterias.

El colesterol que tiene efectos perjudiciales para la salud es el que forma parte de las LDL, ya que estas lipoproteínas penetran fácilmente en la pared de las arterias y liberan el colesterol. En cambio, el colesterol de las HDL no resulta perjudicial, porque se transporta hasta el hígado, donde es metabolizado. Así, pues, es importante que la concentración de colesterol de las LDL no supere los valores que se presentan a continuación.

Los niveles deseables de lípidos plasmáticos para la población general son:

Colesterol total .....< 5,2 mmol/l

Triacilgliceroles .....< 2,3 mmol/l

cLDL (colesterol de las LDL) .....< 3,8 mmol/l

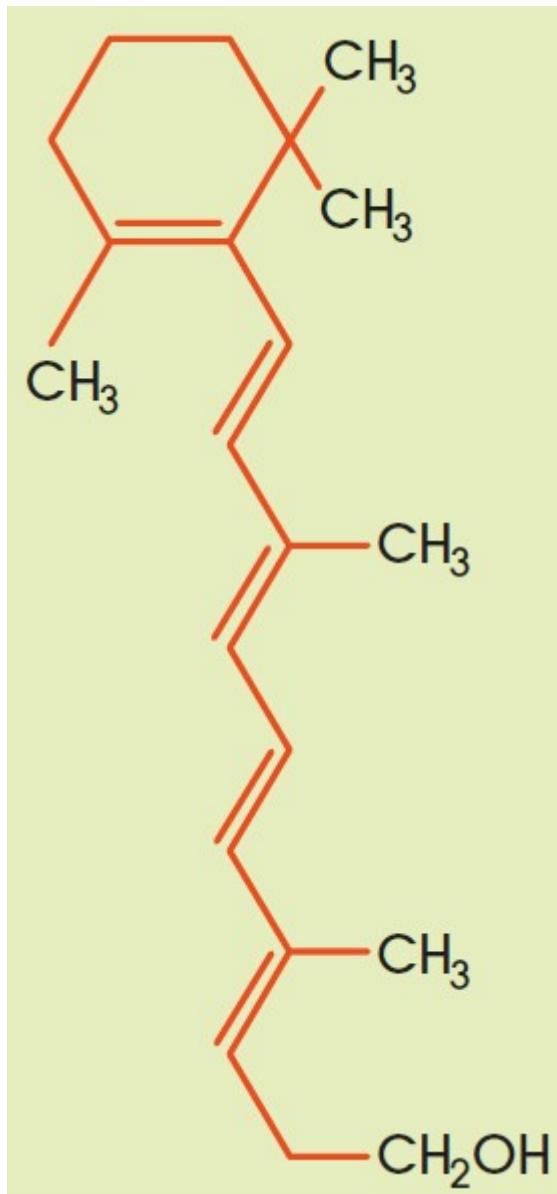
cHDL (colesterol de las HDL) .....> 0,9 mmol/l

## 2.3. Vitaminas

Existe una serie de compuestos imprescindibles para todos los seres vivos conocidos como vitaminas. Son un grupo muy heterogéneo y algunas son de naturaleza lipídica, pero otras no.

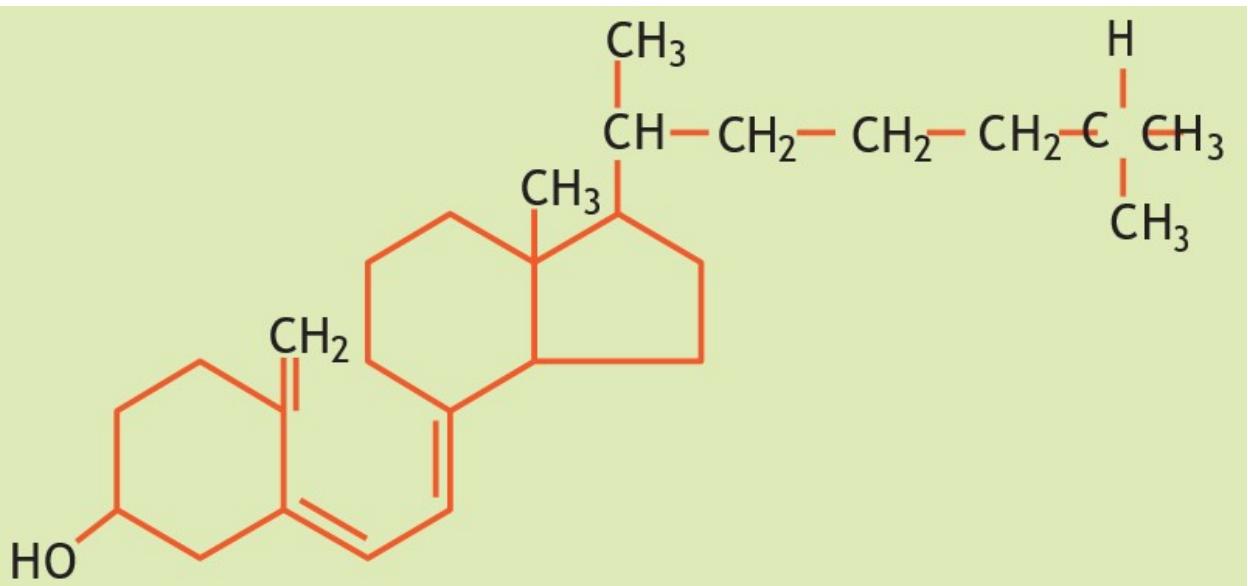
Las vitaminas de composición lipídica derivan del isopreno, un compuesto intermedio en la vía de síntesis del colesterol. Son compuestos liposolubles, es decir, se disuelven en medios gramos, y la mayor parte tiene numerosas funciones. A continuación, mostramos algunos ejemplos:

### Vitamina A<sub>1</sub>



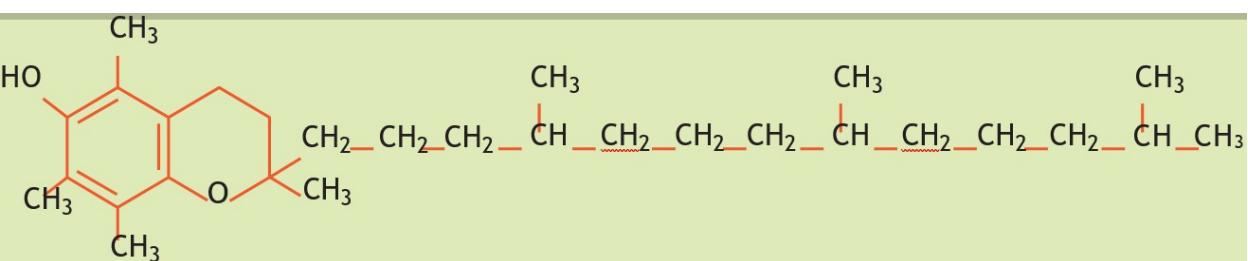
- Participa en la formación de los pigmentos visuales y mantiene la estructura del tejido epitelial.
- Su carencia causa xeroftalmia (sequedad de la conjuntiva), alteraciones en la piel y ceguera nocturna.
- Se encuentra en la yema de huevo, las verduras, el hígado de bacalao, la mantequilla y las zanahorias.

### Vitamina D<sub>3</sub>



- Aumenta la absorción de calcio y fósforo en el intestino y favorece la formación de las estructuras óseas.
- Su carencia produce raquitismo en los niños y osteomalacia en los adultos. Los síntomas de estas enfermedades son el reblandecimiento y la deformación de los huesos.
- Se encuentra en los aceites de hígado de pescado, la leche entera de vaca.

### Vitamina E



- Protege las membranas celulares de la oxidación de los lípidos.
- Su carencia produce infertilidad en algunos animales.
- Se encuentra en los aceites vegetales, la leche, los huevos y verduras.

Existe otro gran grupo de vitaminas, no derivadas del isopreno, que se caracterizan por ser hidrosolubles. Entre estas vitaminas destacan, por su importancia en los organismos:

- **Vitamina B<sub>1</sub>**: Interviene en la oxidación de los glúcidos.

Su carencia causa beriberi, enfermedad cuyos síntomas son debilidad muscular, pérdida de reflejos, confusión mental e insuficiencia cardíaca.

Se encuentra en los cereales, las legumbres y las verduras.

- **Vitamina B<sub>2</sub>**: Participa en la respiración celular.

Su carencia produce alteraciones de la piel y las mucosas, y trastornos del crecimiento.

Se encuentra en los huevos, la leche, el hígado y las frutas.

- **Vitamina B<sub>5</sub> y vitamina B<sub>6</sub>**: Intervienen en las reacciones metabólicas de las biomoléculas.

No se han observado alteraciones debidas a la falta de B<sub>5</sub>. La carencia de B<sub>6</sub> provoca anemia y convulsiones.

La vitamina B<sub>5</sub> se encuentra en la mayoría de los alimentos; la B<sub>6</sub>, en los cereales y los frutos secos.

- **Vitamina B<sub>12</sub>**: Participa en la síntesis de ADN y en la maduración de los eritrocitos.

Su carencia causa trastornos neurológicos.

Se encuentra en la carne.

- **Vitamina C**: Actúa como antioxidante en las reacciones de óxido-reducción del metabolismo y se encarga de proteger las mucosas.

Su carencia produce escorbuto, cuyos síntomas son inflamación de las encías e hinchazón de las articulaciones.

Se encuentra en vegetales frescos y frutas, especialmente los cítricos.

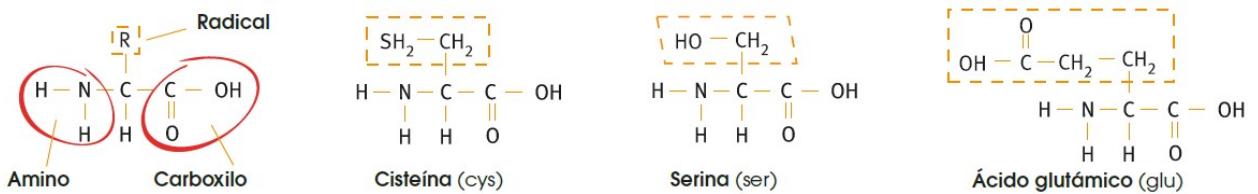
## 2.4. Las proteínas

Las proteínas son las biomoléculas orgánicas más abundantes en las células. Todas las proteínas contienen carbono, oxígeno, hidrógeno y nitrógeno; además, la mayoría contiene azufre y, algunas, fósforo, hierro, cinc y cobre.

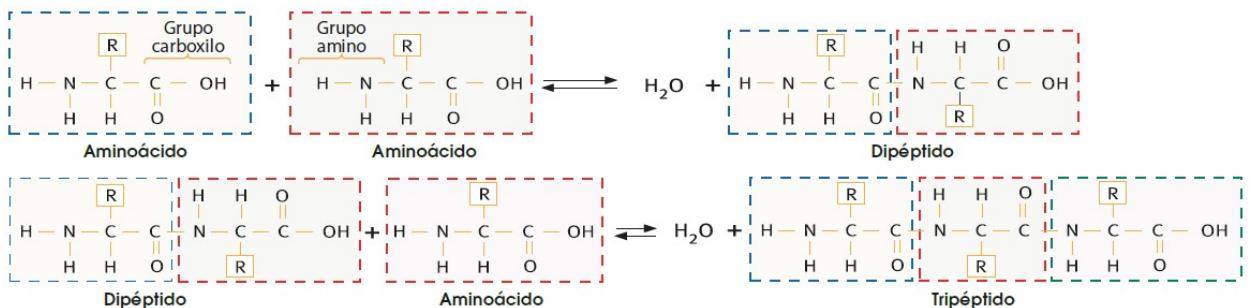
### 2.4.1. Composición de las proteínas

Las proteínas son grandes moléculas formadas por la unión de subunidades más pequeñas llamadas aminoácidos.

Existen 20 aminoácidos diferentes y todos tienen una estructura básica idéntica: un grupo amino, un grupo carboxilo y un carbono central unido a un radical que varía de un aminoácido a otro.



El enlace se produce entre el grupo carboxilo de un aminoácido y el amino del siguiente; esta unión libera una molécula de agua. Este enlace es covalente y se denomina enlace peptídico. Debido a ello, a las moléculas formadas las podemos denominar también polipéptidos.



## 2.4.2. Características las proteínas

Las proteínas forman soluciones coloidales que pueden precipitar en coágulos, al añadir sustancias ácidas o básicas, o cuando se calientan; así sucede con la albúmina del huevo. Algunas pueden cristalizar, como el citocromo, que transporta electrones en las reacciones que se producen durante la respiración celular.

## 2.4.3. Clasificación de las proteínas

Las proteínas se pueden clasificar en dos grandes grupos: *proteínas simples* y *proteínas conjugadas*.

### 2.4.3.1. Proteínas simples u holoproteínas

Están formadas exclusivamente por cadenas de polipéptidos; por tanto, su hidrólisis produce únicamente aminoácidos. Entre las holoproteínas más conocidas están las del grupo de las albúminas.

### 2.4.3.2. Proteínas conjugadas o heteroproteínas

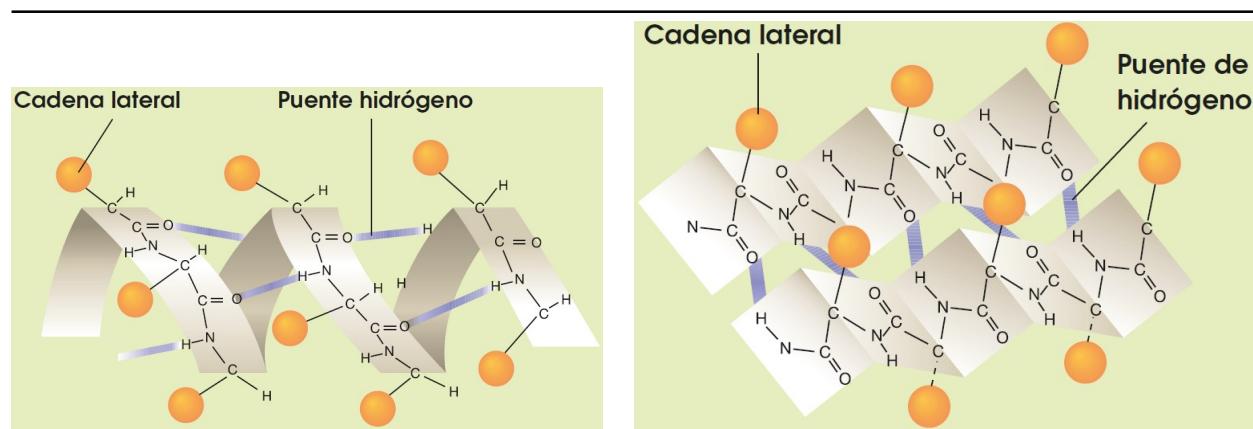
Están formadas por cadenas de péptidos unidas a otro tipo de compuestos que reciben el nombre de grupo prostético. Si el grupo prostético es un glucídico; la heteroproteína la

denominamos glucoproteína; si es una sustancia lipídica recibe el nombre de lipoproteína. En la organización en el espacio de una proteína, podemos distinguir cuatro niveles o estructuras que son sucesivamente más complejas. Estas estructuras son:

- **La estructura primaria:** Es la secuencia de aminoácidos que se suceden en la cadena, uno a continuación de otro. Esta estructura determina la estructura tridimensional de la proteína. Se representa de la siguiente manera:

Ala–Cys–Leu–Val–Lys–Ser

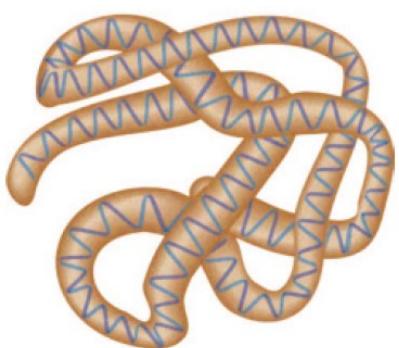
- **La estructura secundaria:** Se da cuando la cadena de aminoácidos se pliega sobre sí misma, se establecen puentes de hidrógeno en diferentes partes de la molécula y esta adquiere una estructura tridimensional. Existen dos tipos de estructura secundaria: la hélice y la conformación  $\beta$ .



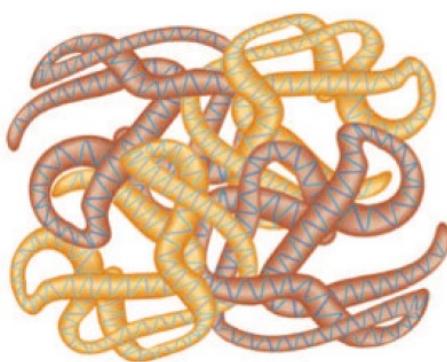
La hélice es una estructura helicoidal característica de las proteínas que forman estructuras resistentes. Un ejemplo es la queratina, proteína que encontramos en el cabello, las uñas y las plumas.

La conformación  $\beta$  es una estructura plana que se pliega en forma de zigzag, y es característica de las proteínas que forman filamentos suaves y flexibles. Un ejemplo es la fibroína, que se encuentra en la seda.

- **La estructura terciaria:** Se da en aquellas proteínas en que la estructura secundaria se pliega sobre sí misma. Los enlaces más importantes que mantienen la estructura terciaria son los puentes de hidrógeno entre cadenas laterales y los puentes disulfuro entre aquellas zonas de la proteína en las que existen átomos de azufre. Un ejemplo es la mioglobina en los músculos de los vertebrados.
- **La estructura cuaternaria:** Está constituida por varias cadenas polipeptídicas que se unen mediante enlaces no covalentes, para formar una gran proteína. Un ejemplo es la hemoglobina que contiene los eritrocitos de la sangre.



■ Estructura terciaria

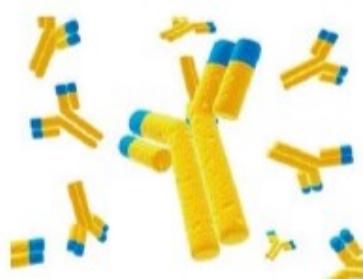


■ Estructura cuaternaria

Cuando las proteínas son sometidas a la acción del calor o a valores de pH extremos, pierden su configuración tridimensional y, por tanto, sus propiedades físicas y su funciones biológicas. A este proceso lo conocemos con el nombre de desnaturalización de la proteína.



■ Estructura cuaternaria de la hemoglobina



■ Anticuerpo



■ Hélice de colágeno



Las posibilidades de combinación en cuanto al número y tipo de aminoácidos que se unen en las cadenas son muy numerosas. De ahí la gran variedad de funciones que desempeñan las proteínas.

Funciones.	Ejemplos.
Estructural.	Colágeno que forma los huesos y los tendones; queratina del pelo, las uñas y las plumas.
De reserva.	Ovoalbúmina de la clara de huevo; caseína de la leche.
De regulación.	Hormonas como la del crecimiento o la insulina.

---

Funciones.	Ejemplos.
De control metabólico.	Enzimas como la glucógeno-sintasa.
Defensiva.	Anticuerpos para combatir las infecciones.
Transportadora.	Hemoglobina de la sangre.
Contráctil.	Miosina de los músculos.

---

Cada proteína tiene una secuencia de aminoácidos concreta. De ella depende que la molécula se pliegue correctamente, es decir, que adquiera su correcta conformación.

Cualquier error en la posición de los aminoácidos puede provocar que la proteína no se pliegue correctamente y, por tanto, que no tenga la estructura tridimensional que le permite realizar su función. Esto puede alterar el funcionamiento de todo el organismo. Por este motivo, el análisis de la secuencia de aminoácidos puede ayudar en el desarrollo de pruebas diagnósticas y terapias eficaces. Por ejemplo, el cambio de un aminoácido por otro en la molécula de hemoglobina provoca la anemia falciforme.

En la anemia falciforme los glóbulos rojos están deformados porque el aminoácido cambiado respecto a la hemoglobina normal hace que la molécula se pliegue de manera incorrecta. Los glóbulos rojos son más frágiles y se rompen con facilidad, lo que provoca la anemia.

## 2.5. Aminoácidos

Como sabemos, las proteínas son polímeros formados por aminoácidos. En muchos casos estos aminoácidos no pueden ser sintetizados por el organismo y es necesario adquirirlos a través de la dieta; a estos los consideramos aminoácidos esenciales. Los veinte aminoácidos que se encuentran en la naturaleza son los siguientes:

- **Alanina (Ala):** Es un aminoácido no esencial. Es de gran importancia ya que es uno de los más usados en la síntesis de proteínas.
- **Valina (Val):** Es un aminoácido esencial. Es la responsable de la anemia falciforme cuando se encuentra en lugar del glutamato.
- **Glicina (Gly):** Es el aminoácido más pequeño. No es esencial puesto que el cuerpo humano se encarga de sintetizarla. Actúa como neurotransmisor.

- **Leucina (Leu)**: Es uno de los aminoácidos esenciales y consumirlo en la dieta reduce la degradación del tejido muscular.
- **Isoleucina (Ile)**: Tiene una composición idéntica a la leucina, pero con una disposición diferente. Es esencial y la podemos adquirir a través del huevo, pavo, pollo y pescado. Forma la hemoglobina y regula los niveles de azúcar en sangre.
- **Prolina (Pro)**: No es esencial. Forma parte de la cadena de colágeno y permite que exista flexibilidad en las inmunoglobulinas.
- **Fenilalanina (Phe)**: Esencial. Ayuda a la memoria y el aprendizaje. La obtenemos a través de carnes rojas, pescados, huevos y productos lácteos.
- **Tirosina (Tyr)**: No esencial. Precursor de adrenalina y dopamina.
- **Triptófano (Trp)**: Esencial. Induce el sueño y reduce la ansiedad.
- **Serina (Ser)**: No esencial. Ayuda al metabolismo de las grasas.
- **Treonina (Thr)**: Esencial. Forma el colágeno y ayuda a mantener la cantidad de proteínas necesarias en el cuerpo. Se ingiere a través de aves y pescados.
- **Cisteína (Cys)**: No esencial. Funciona como antioxidante.
- **Metionina (Met)**: Esencial. Absorbe la acumulación de grasas en el hígado y las arterias. La ingerimos a través de semillas de sésamo, nueces y otras semillas de plantas.
- **Asparagina (Asn)**: No es esencial pero la podemos ingerir en los productos lácteos.
- **Glutamina (Gln)**: No esencial. Muy abundante en los músculos ya que los construye y previene su desgaste.
- **Lisina (Lys)**: Esencial. Garantiza la absorción de calcio. Muy abundante en legumbres.
- **Arginina (Arg)**: Esencial. Refuerza el sistema inmune previniendo la formación de tumores.
- **Histidina (His)**: Esencial. Se encuentra en la hemoglobina. Necesario para el crecimiento de tejidos.
- **Aspartato (Asp)**: También llamado ácido aspártico. No es esencial. Aumenta la resistencia y reduce la fatiga.
- **Glutamato (Glu)**: También llamado ácido glutámico. No es esencial. Actúa como neurotransmisor.

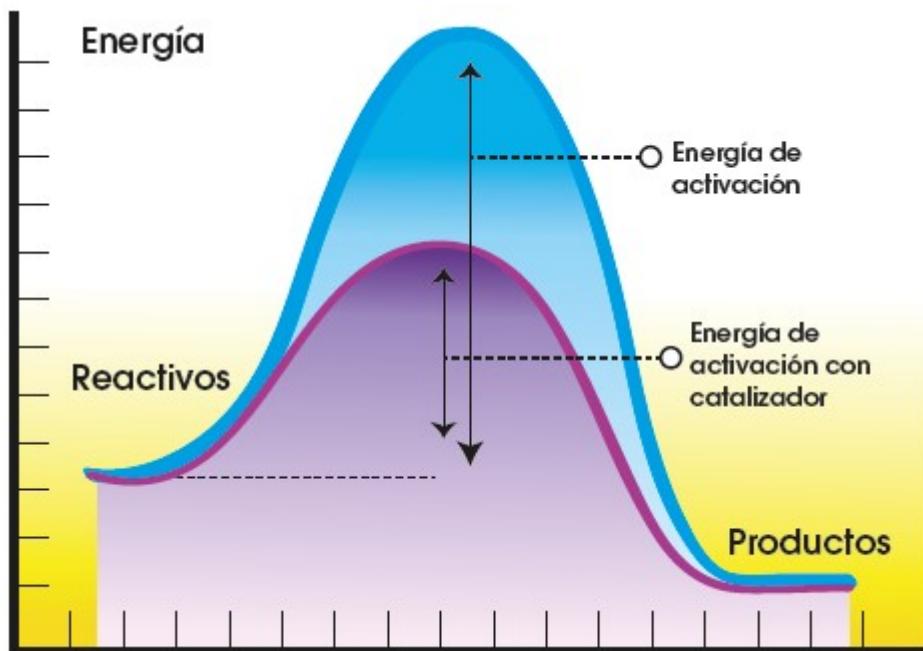
## 2.6. Enzimas

Las enzimas son un tipo específico de proteína que actúan como catalizadores biológicos o biocatalizadores. Su función es la de aumentar la velocidad de reacción sin modificar la reacción ni afectar a su equilibrio.

Las reacciones químicas necesitan una cierta cantidad de energía para iniciarse. Es lo que conocemos como energía de activación. Esta energía permite romper los enlaces de las moléculas que reaccionan y crean otros nuevos. En el laboratorio, a esta energía la podemos obtener aumentando la temperatura o a través de descargas eléctricas, pero en las células esto no es posible, por lo que es necesaria la acción de las enzimas que consiguen disminuir la energía de activación, y facilitar que ocurra la reacción.

Las enzimas, como el resto de proteínas, están formados por cadenas polipeptídicas. La conformación tridimensional de estas hace que se formen varias invaginaciones, y en ellas es donde se encuentra el sitio activo. El sitio activo es una zona del enzima especializado en la unión sobre los reactivos. Estos reactivos (o sustrato) se modifica durante el curso de la reacción para dar lugar a los productos. Los enzimas tienen una afinidad determinada por distintos reactivos y a esto lo conocemos como especificidad. Algunos enzimas son específicos de un solo tipo de sustrato mientras que en otros casos pueden ayudar en la reacción de distintos sustratos, aunque siempre similares.

Los enzimas reciben normalmente un nombre en función del sustrato al que se unen o del tipo de reacción que catalizan. Por ejemplo, la ATP sintasa cataliza la reacción de síntesis del ATP, y la malato deshidrogenasa cataliza una reacción de oxidación– reducción en la que el malato es el sustrato.



## 2.6.1. Tipos de enzimas

Los principales tipos de enzimas son los siguientes:

- **Oxidoreductasas:** Cataliza reacciones de oxidación-reducción.
- **Transferasas:** Cataliza reacciones de transferencia de grupos.
- **Hidrolasas:** Cataliza reacciones de hidrólisis, es decir, rotura de enlaces por incorporación de una molécula de agua.
- **Liasas:** Cataliza reacciones de rotura de enlaces sin incorporar agua.
- **Isomerasas:** Cataliza reacciones de transferencia de grupos para formar isómeros.
- **Ligasas:** Cataliza reacciones que provocan la unión de moléculas.

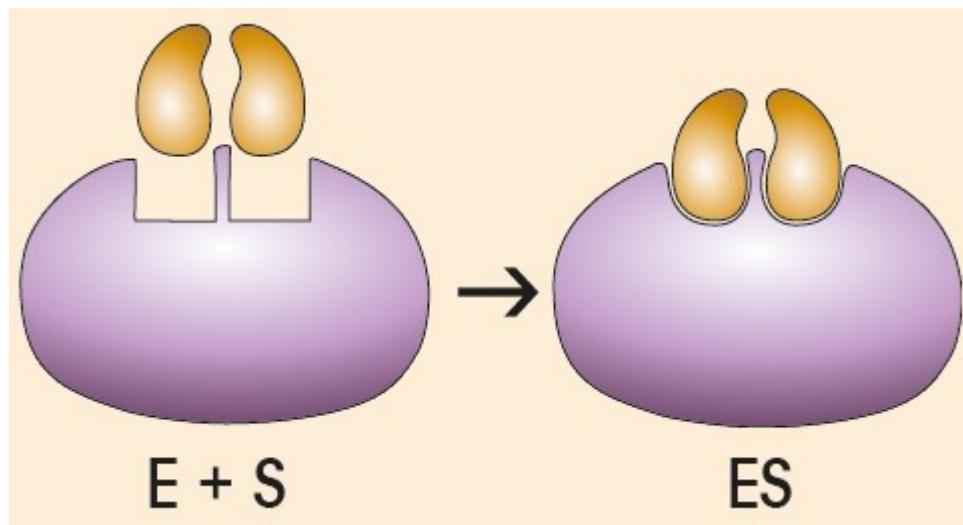
Mecanismo de acción

El conjunto de procesos por medio de los cuales los enzimas catalizan las reacciones, recibe el nombre de mecanismo de acción y depende de la composición, de la estructura de los enzimas, y también de la especificidad que tienen por el sustrato.

En este dibujo vemos representado el mecanismo de acción de un enzima.

E es el enzima; S, el sustrato, y P, el producto, es decir, el sustrato modificado. ES es el compuesto resultante de la interacción entre el enzima y el sustrato, y lo denominamos complejo enzima-sustrato; mientras que EP es el complejo enzima-producto, formado por el enzima y el producto. En estas reacciones podemos distinguir tres etapas: formación del complejo ES, modificación del sustrato y disociación del complejo EP. En estas fases, suelen producirse los fenómenos siguientes:

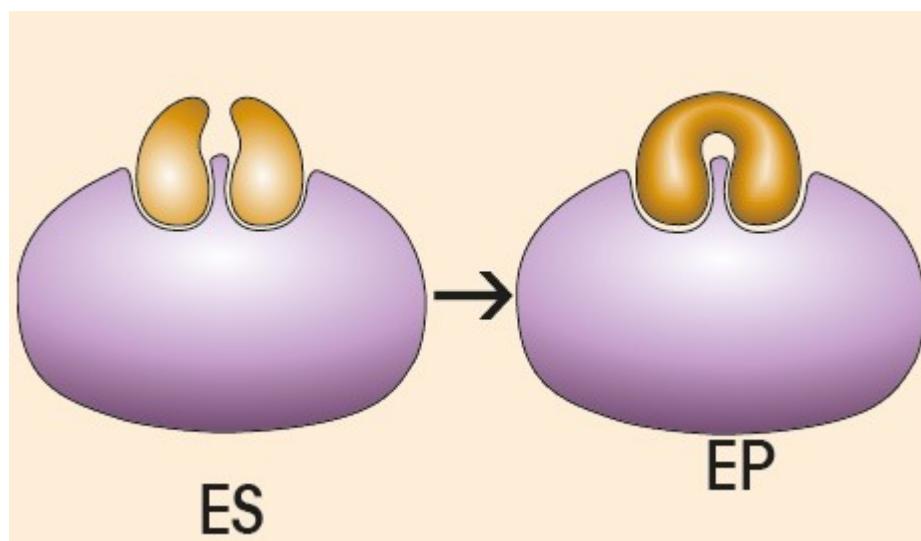
### Formación del complejo ES



- El encuentro entre las moléculas de enzima y de sustrato se ve favorecido por una orientación adecuada de estas moléculas.
- A continuación, se establecen múltiples enlaces débiles entre el enzima y el sustrato, lo que origina el complejo ES. La finalidad de algunos de estos enlaces es situar el sustrato en una posición óptima para la acción catalizadora.

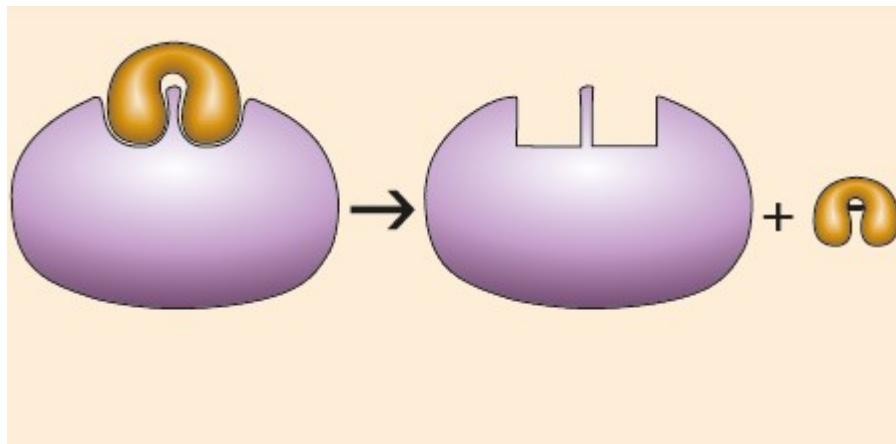
La unión del sustrato puede producir un cambio temporal en la conformación del enzima, lo que favorece la formación de un mayor número de enlaces.

### Modificación del sustrato



- Una vez formado el complejo ES, se produce la catálisis del sustrato. Esta catálisis se puede ver favorecida por diversos factores; por ejemplo:
  - La tensión a la que está sujeto el sustrato por su unión al sitio activo del enzima favorece la rotura de enlaces.
  - En el sitio activo existen aminoácidos con capacidad para ceder o captar átomos, protones o electrones.
- Como consecuencia de la transformación del sustrato se obtiene el producto, el cual se mantiene unido al enzima, y se origina el complejo EP.

### Disociación del complejo EP



- En el complejo EP las moléculas de enzima y de producto se unen mediante enlaces débiles.
- El complejo EP se disocia y se obtienen el producto y el enzima libre.
- El enzima libre puede unirse a otra molécula de sustrato.

### 2.6.2. Cinética enzimática

Para conocer más detalladamente el mecanismo de acción de los enzimas, estudiamos la velocidad de las reacciones que catalizan y los factores que modifican esta velocidad. A este estudio lo denominamos cinética enzimática.

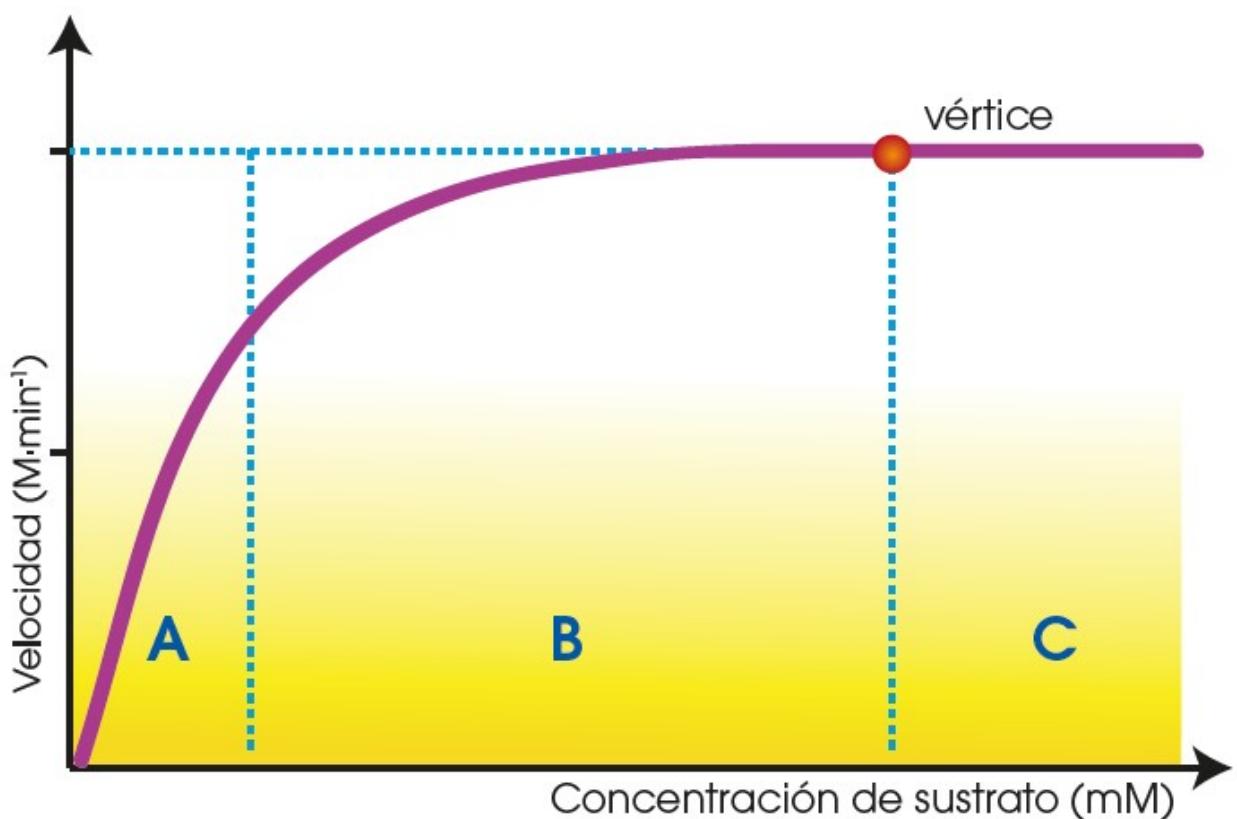
La velocidad máxima que alcanza una reacción depende de la concentración de enzima y la de sustrato. Mientras la concentración de enzima se mantiene constante, la de sustrato cambia a medida que se transforma en producto.

Por este motivo, la concentración de sustrato es un factor que modifica la velocidad a lo largo de la reacción. Otros factores importantes son la temperatura, el pH y la presencia de inhibidores.

A continuación, explicamos, con la ayuda de gráficas, cómo estos factores modifican la velocidad de la reacción.

#### La concentración de sustrato

La siguiente gráfica muestra la variación de la velocidad de reacción respecto a la variación de la concentración de sustrato.



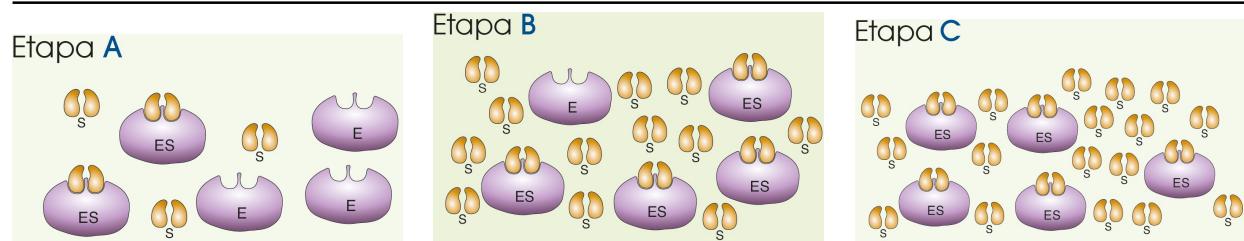
En la mayoría de las reacciones catalizadas por enzimas, la relación entre la velocidad y la concentración de sustrato describe una curva, en la que distinguimos tres etapas:

- La velocidad aumenta linealmente con el incremento de la concentración de sustrato.
- El incremento de la concentración de sustrato produce un aumento mucho menor de la velocidad.
- Si la concentración de sustrato es muy elevada, el incremento de la velocidad es despreciable y consideramos que la velocidad tiene un valor constante. En esta etapa, la velocidad alcanza el valor máximo.

Las diferencias de velocidad en cada una de estas etapas se explican por el predominio de una de las formas posibles del enzima: en forma libre, sin combinar con el sustrato; o en forma combinada, formando el complejo enzima-sustrato.

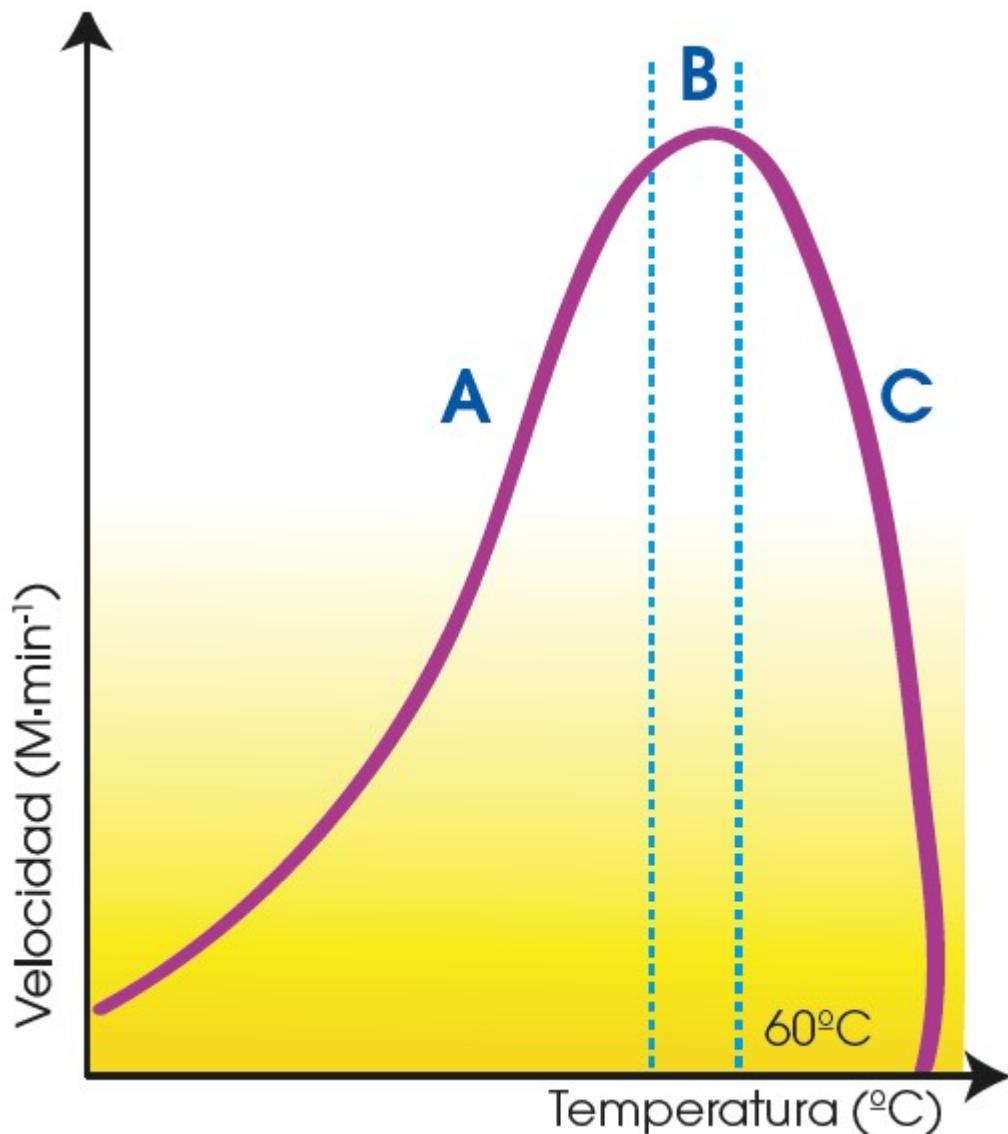
Aunque durante toda la reacción el enzima se encuentra en las dos formas, la concentración de ambas es diferente según la etapa de la reacción.

Concentración de Enzima.	Velocidad.
Etap <b>A</b> La concentración de enzima libre es mayor que la de complejo enzima-sustrato.	La velocidad es muy alta porque se forman complejos ES con mucha facilidad, debido a la disponibilidad de enzima libre.
Etap <b>B</b> La concentración de complejo enzima sustrato aumenta y la de enzima libre disminuye.	La velocidad aumenta poco porque cada vez hay menos moléculas de enzima libre para reaccionar con las moléculas de sustrato.
Etap <b>C</b> La concentración de complejo enzima-sustrato es muy elevada y la de enzima libre es muy reducida.	La gran mayoría de las moléculas de enzima están en forma de complejo ES. Aunque la concentración de sustrato continúa aumentando, no puede unirse al enzima hasta que no se forme el producto y el enzima quede libre. En esta etapa se dice que el enzima está saturado y por ello la velocidad de reacción no aumenta.



## La temperatura

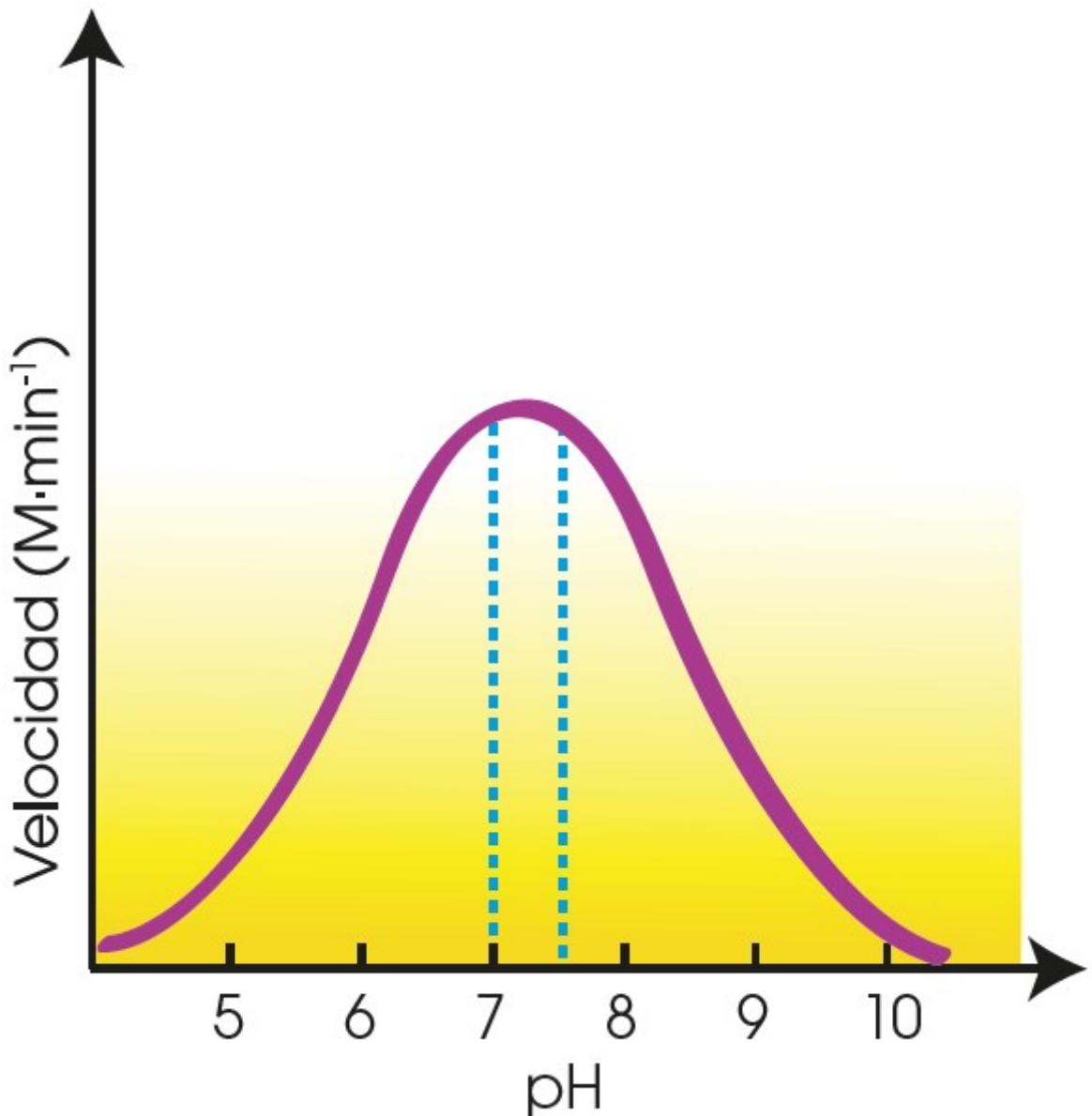
La gráfica representa el efecto de la temperatura sobre la velocidad de la reacción. En ella se distinguen tres etapas:



- A. La velocidad de la reacción aumenta con la temperatura.
- B. La velocidad alcanza su valor máximo, que corresponde a la temperatura óptima.
- C. En la mayoría de los enzimas, la velocidad de la reacción empieza a descender a partir de los 60 °C aproximadamente.

El aumento de la temperatura produce un incremento de la energía cinética de las moléculas. Esta favorece los choques entre las moléculas de enzima y de sustrato, y la inestabilidad de los enlaces. De este modo, se favorece la actividad enzimática y aumenta la velocidad de reacción hasta que llega al valor máximo.

### El pH



Los valores de pH modifican la actividad de los enzimas. Para la mayoría de enzimas, la representación de la variación de la velocidad de reacción respecto a la variación de pH da una curva como la siguiente.

Podemos observar que el pH óptimo se sitúa entre 7 y 7,5. En el caso de pH extremos, por debajo de 4 y por encima de 10, los enzimas se desnaturizan.

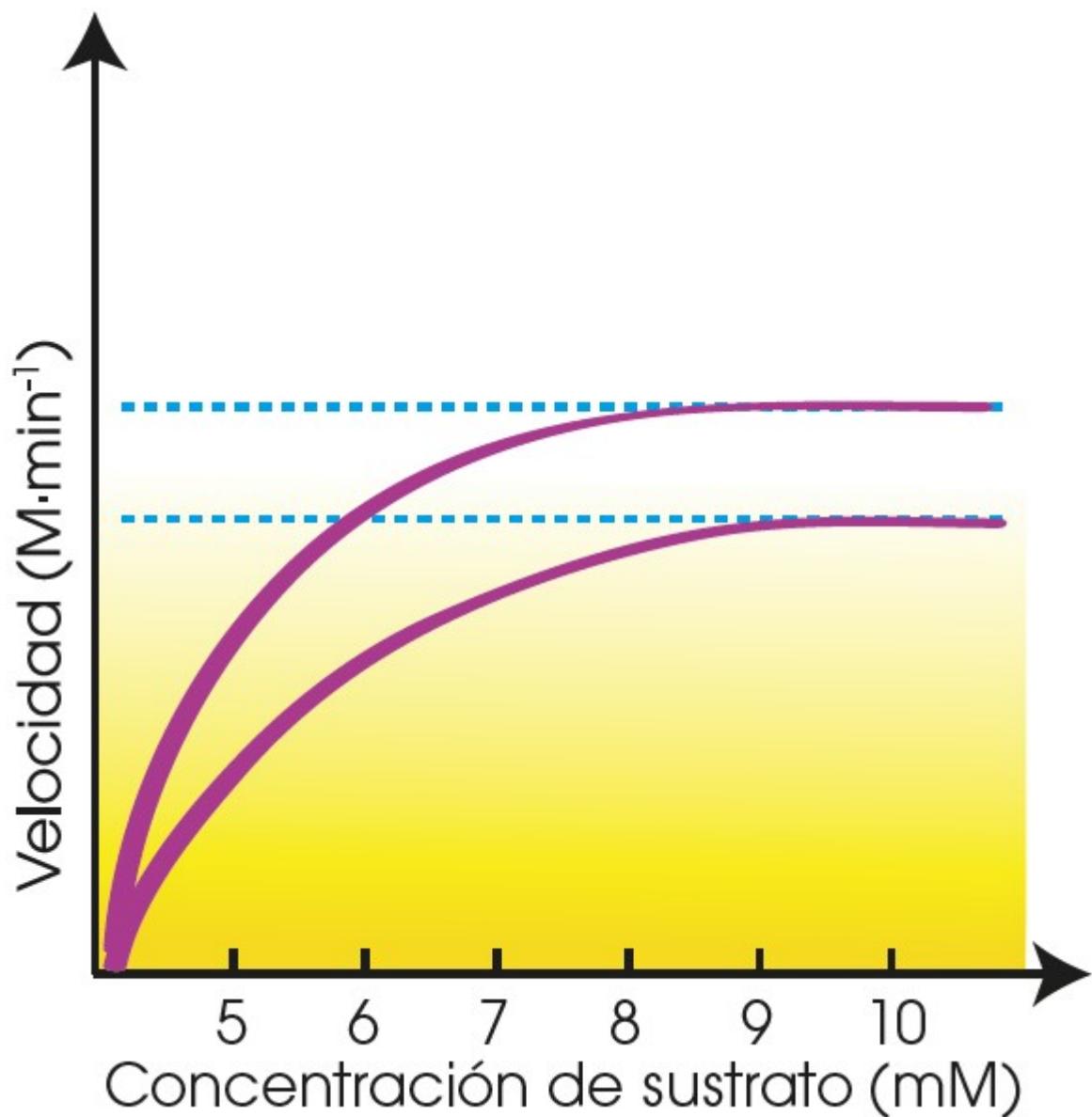
Algunos enzimas desarrollan su actividad máxima en valores extremos de pH, porque es el valor del medio donde se localizan.

Es el caso de la pepsina, un enzima que participa en la digestión y que tiene un pH óptimo en torno a 2.

Los cambios de pH modifican el estado de ionización de los grupos funcionales, sobre

todo los del enzima. Por ello, pequeñas variaciones de pH producen cambios de velocidad notables.

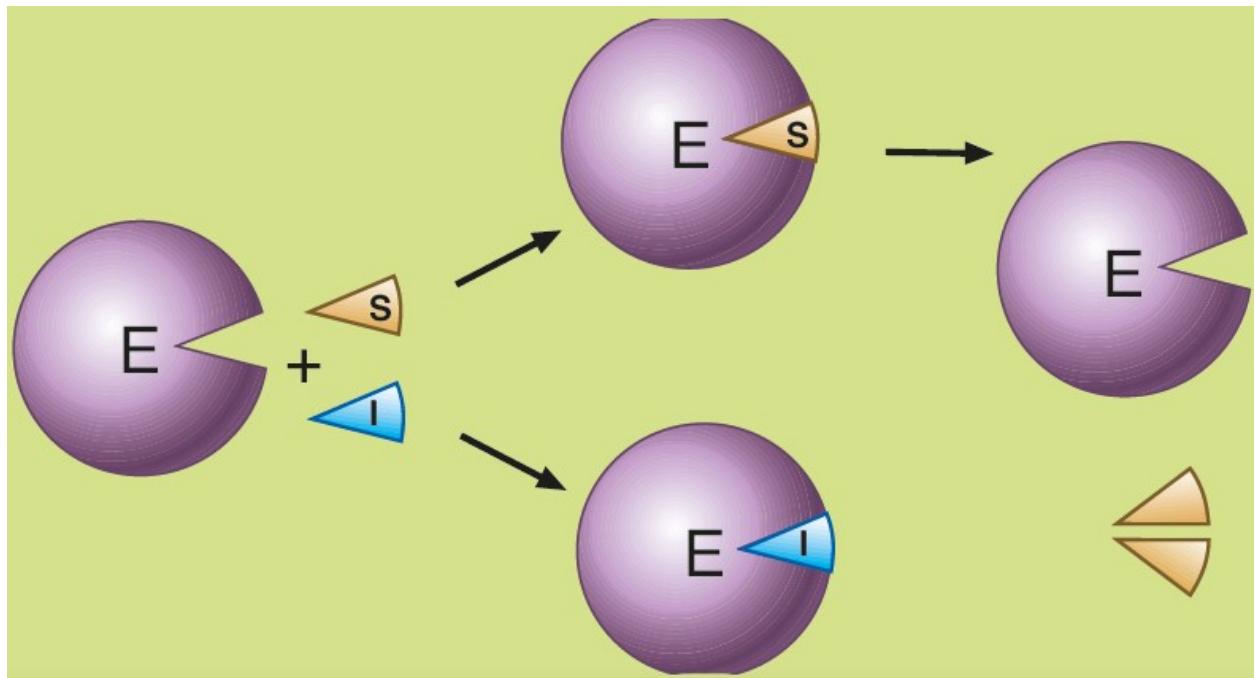
### Los inhibidores



En las células hay unas sustancias, en algunos casos parecidas al sustrato, que se caracterizan porque pueden unirse al enzima de forma reversible y producir una disminución de la velocidad de la reacción. Estas sustancias que interfieren en la actividad de los enzimas son los inhibidores.

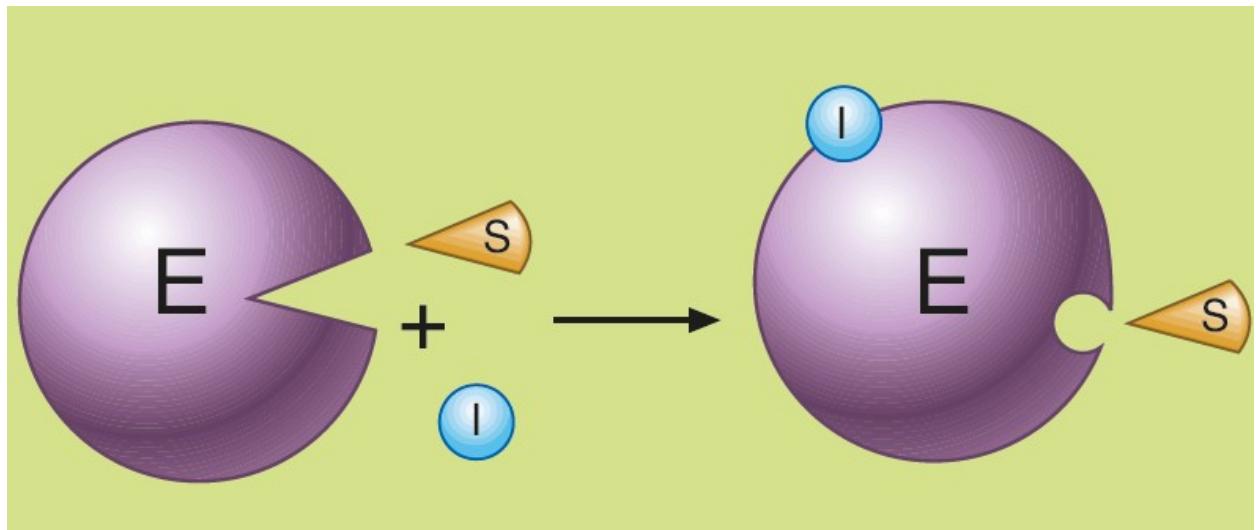
En la gráfica de la derecha se representa la actividad catalizadora de un enzima sin inhibidor y en presencia de este. Los inhibidores se clasifican en competitivos y no competitivos:

#### Inhibidor competitivo



El inhibidor y el sustrato compiten por la forma libre del enzima. El inhibidor es muy parecido al sustrato. Cuando la concentración de sustrato es baja, el inhibidor se une al sitio activo del enzima y forma el complejo enzima-inhibidor. Si la concentración de sustrato aumenta, el inhibidor se separa del enzima, el cual recupera su actividad.

#### Inhibidor no competitivo



El inhibidor interacciona con el enzima libre o con el complejo enzima-sustrato, en una zona distinta al sitio activo.

Esta interacción produce una disminución de la actividad enzimática, independientemente de si el sustrato está unido al sitio activo o no.

En algunos casos, el inhibidor es un metabolito de la propia célula, como veremos más adelante en el apartado de los enzimas reguladores.

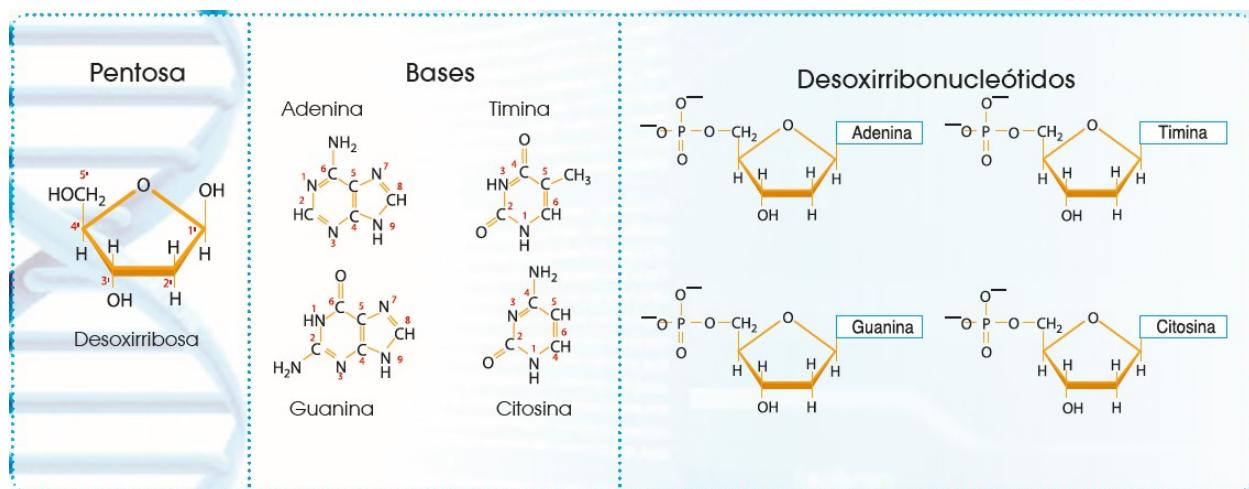
## 2.7. Ácidos nucleicos

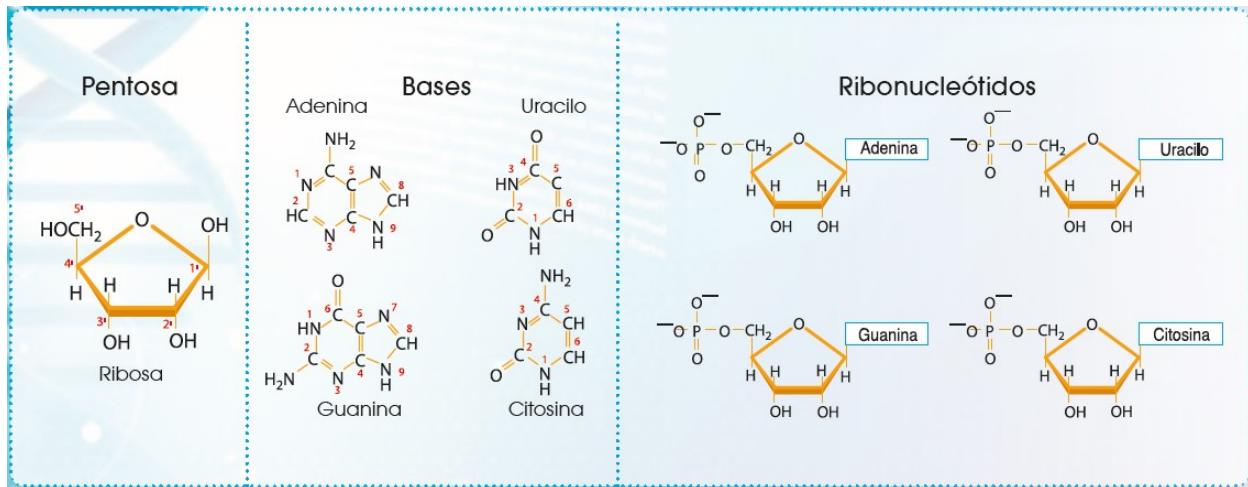
Los ácidos nucleicos son biomoléculas formadas por carbono, hidrógeno, oxígeno, nitrógeno y fósforo. Contienen la información necesaria para la síntesis de proteínas.

Son polímeros formados por la unión de unas unidades llamadas nucleótidos. Los nucleótidos están formados a su vez por la unión de un glúcido (pentosa) una base nitrogenada y ácido fosfórico. Al compuesto formado por la pentosa y la base nitrogenada lo conocemos como nucleósido y, al unirle a este el ácido fosfórico, se obtiene el nucleótido.

La pentosa que forma los ácidos nucleicos puede ser ribosa o desoxirribosa. La ribosa formará el ARN (ácido ribonucleico) mientras que la desoxirribosa origina el ADN (ácido desoxirribonucleico).

La base nitrogenada es un compuesto cíclico formado por cadenas de carbono y grupos amina o amida y los clasificamos en purinas y pirimidinas. Las purinas son la adenina (A) y la guanina (G), mientras que las pirimidinas son la timina (T), citosina (C) y uracilo (U). Adenina, guanina, timina y citosina forman parte del ADN mientras que en el ARN la timina es sustituida por uracilo.





## 2.7.1. ADN

El ADN (ácido desoxirribonucleico) es un ácido nucleico formado por nucleótidos de desoxirribosa conocidos como desoxirribonucleótidos. Habitualmente, se encuentra en forma de doble cadena aunque algunos virus poseen una cadena sencilla de ADN.

Para formar la doble cadena, existe una complementariedad entre las bases nitrogenadas, emparejándose siempre la adenina con la timina y la guanina con la citosina. Entre la primera pareja, se establecen dos puentes de hidrógeno mientras que en la pareja guanina–citosina se establecen tres.

Esta ley de complementariedad de bases hace que las bases nitrogenadas queden hacia dentro de la cadena de ADN unidas por puentes de hidrógeno, lo que otorga una gran estabilidad a la molécula.

Las cadenas de ADN tienen polaridad, es decir, dos extremos claramente diferenciados. En uno de los extremos aparece el grupo fosfórico del último nucleótido y a este extremo lo conocemos como 5' (porque está unido al carbono C5'); mientras que en el otro extremo aparece un grupo OH ligado al carbono C3', y lo denominamos extremo 3'.

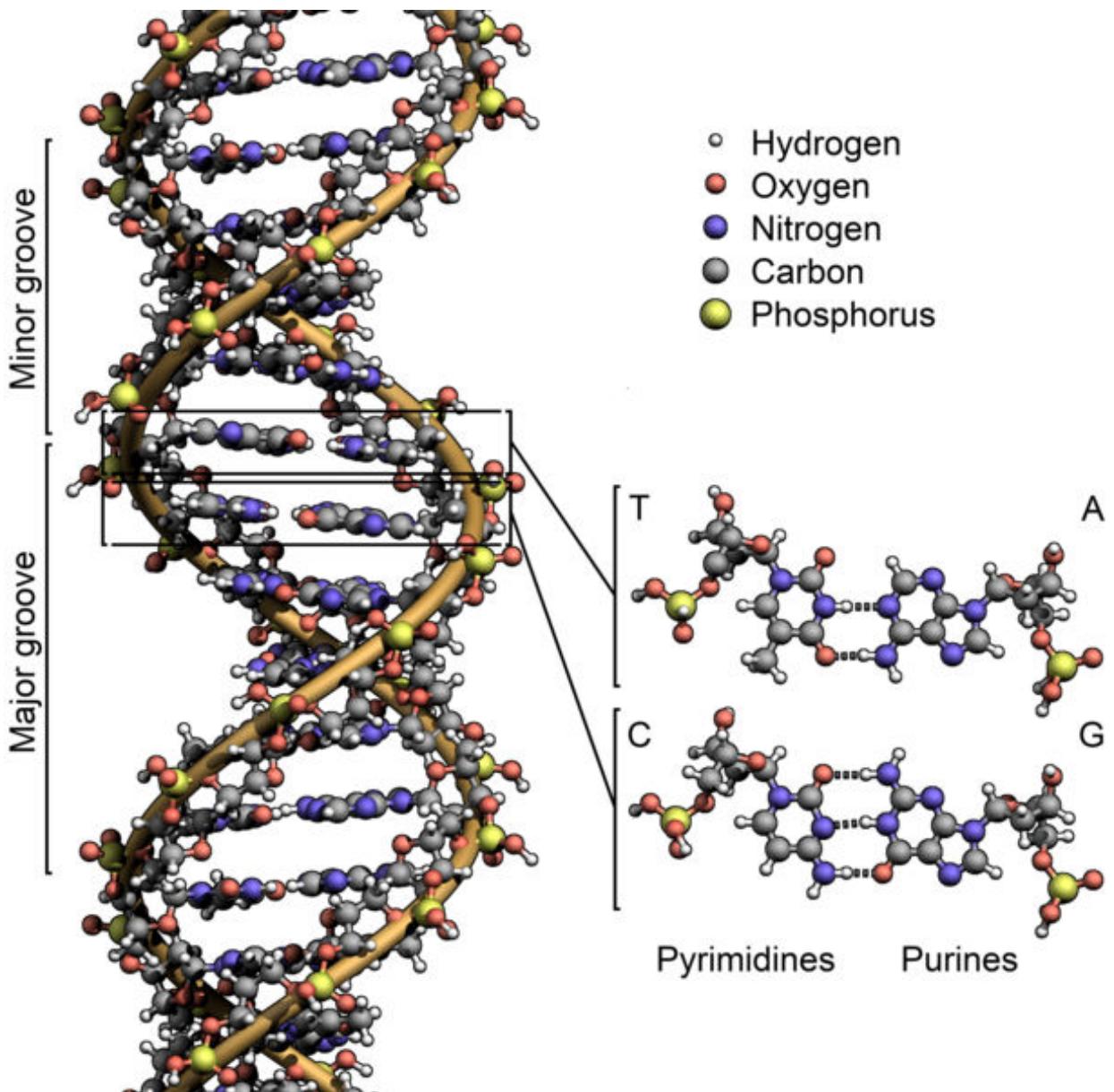
Al formarse la doble cadena, estas, además de ser complementarias siguiendo la ley de complementariedad, se disponen de forma antiparalela, es decir, el extremo 3' de una cadena queda enfrentado al extremo 5' de la otra.

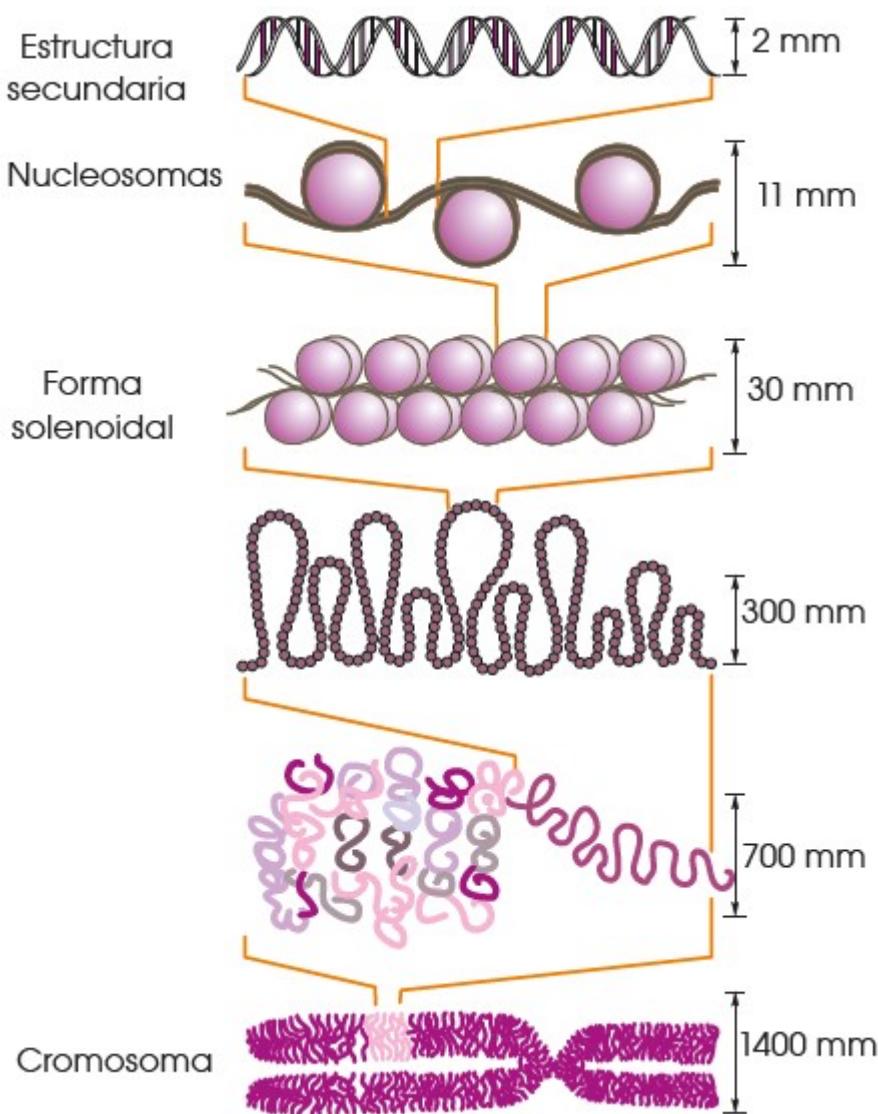
La secuencia de nucleótidos de la doble cadena dispuestos de forma complementaria y antiparalela se enrolla sobre sí misma y forma unos largos tirabuzones helicoidales. Esto es lo que conocemos como la estructura de doble hélice.

A esta doble hélice la consideramos la estructura secundaria del ADN, pero este puede compactarse mucho más. Gracias a unas proteínas denominadas histonas el ADN se enrolla

y da lugar a unas estructuras denominadas nucleosomas, los cuales pueden empaquetarse generando lo que se conoce como el superenrollamiento del ADN. Estas estructuras se van compactando hasta formar los cromosomas.





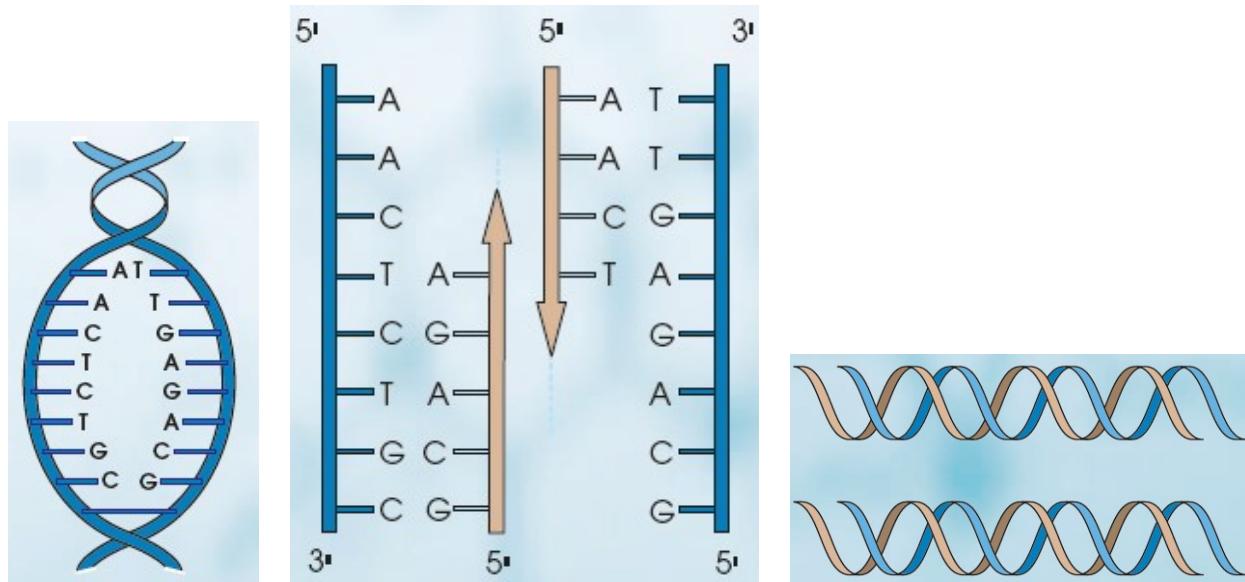


El descubrimiento de la estructura del ADN se debe a James Watson y Francis Crick con la ayuda de Rosalind Franklin quien consiguió fotografiar mediante rayos X la molécula de ADN.

El ADN participa en procesos imprescindibles para la vida. Es el que contiene la información sobre cómo se sintetizarán las proteínas. Es el portador de la información genética y, por lo tanto, se tiene que duplicar para poder pasar la información a las células hijas. Este proceso recibe el nombre de replicación. En el momento en que una célula se divide para dar lugar a dos células hijas, el ADN se duplica con el objetivo de transferir la misma información a las dos células resultantes.

El ADN posee la información para crear las proteínas de un ser vivo. En función de la secuencia de nucleótidos de ADN que contenga un organismo, se crearán una serie de proteínas que harán que cada organismo se desarrolle de forma diferente. Sin embargo, el ADN no puede traducirse directamente a proteína, por lo que es necesario otro proceso

intermedio. A este proceso lo conocemos como transcripción, y en él, a partir de la cadena de ADN, se crean pequeñas cadenas de ARN, las cuales ya pueden ser leídas y traducidas a proteínas.



La doble hélice se desespiraliza por la acción de varios enzimas.

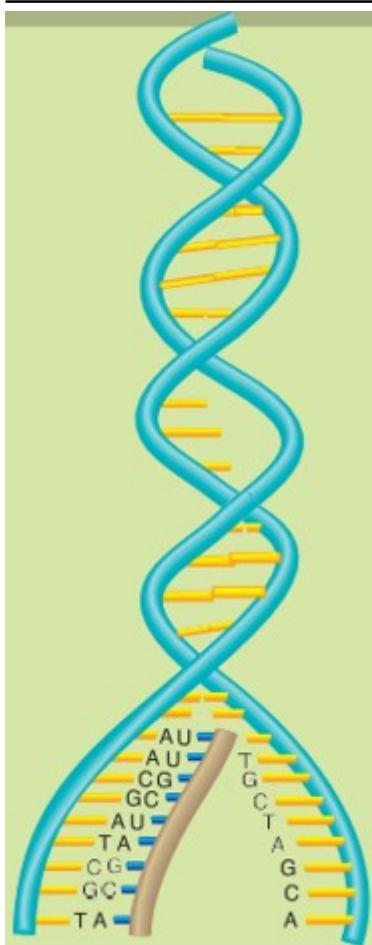
Se sintetiza una cadena complementaria a cada una de las cadenas existentes, siguiendo la ley de complementariedad de bases.

Se obtienen dos dobles cadenas idénticas a la original, formadas por una cadena preexistente y otra acabada de sintetizar.

## 2.7.2. ARN

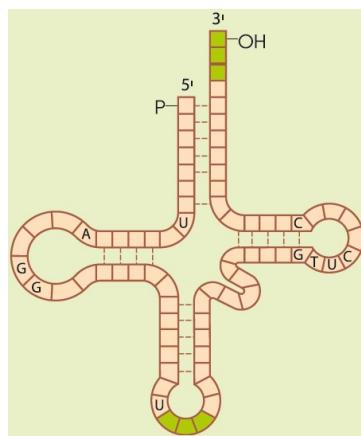
El ARN (ácido ribonucleico) es el otro tipo de ácido nucleico presente en los seres vivos. Se diferencia del ADN por estar formado por una ribosa en vez de desoxirribosa y por presentar uracilo en lugar de timina.

Hay tres tipos principales de ARN. El ARN mensajero (ARNm), el ARN de transferencia (ARNt) y el ARN ribosómico (ARNr), los cuales se distinguen por su estructura y su función:



### ARN mensajero (ARNm)

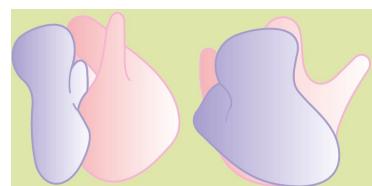
Se sintetiza a partir del ADN. El ARNm se encarga de transportar la información que contiene el ADN hasta los ribosomas, paso imprescindible para la síntesis de proteínas.



### ARN de transferencia (ARNt)

Suelen ser moléculas muy pequeñas que transportan los aminoácidos hasta las cadenas proteicas en la secuencia que determina el ARNm.

La unión entre los ARNt y los aminoácidos que transportan se establece mediante enlaces covalentes.

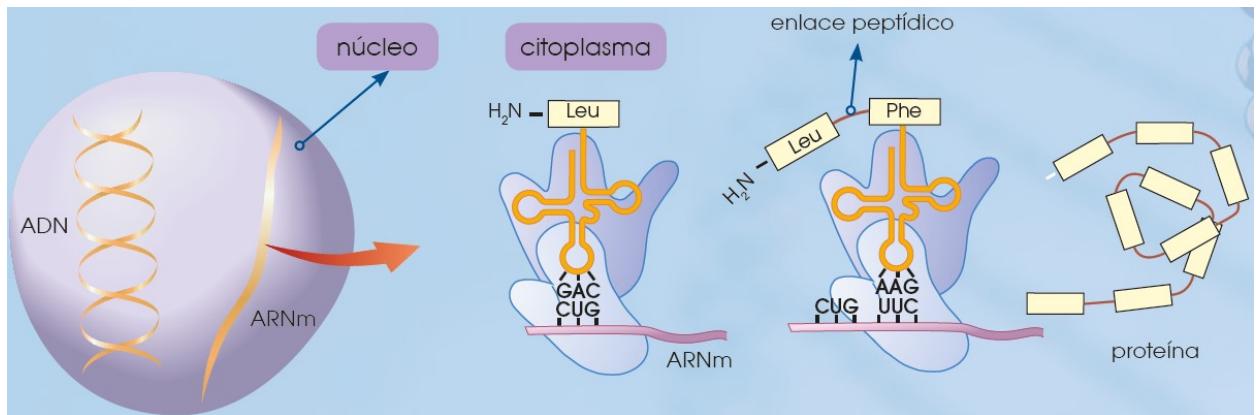


### ARN ribosómico (ARNr)

El ARN ribosómico es el más abundante de todos los ARN. Las moléculas de ARNr están asociadas a proteínas constituyendo los ribosomas.

Aunque las estructuras son muy variables y cada uno posee una función determinada, el papel del ARN, en general, es siempre el de sintetizar las proteínas siguiendo la información

marcada por el ADN mediante el proceso llamado traducción. Para esto, el ARNm se crea como una copia complementaria del ADN (transcripción) y llega hasta los ribosomas (ARNr) donde es leído. En este proceso, el ARNr va uniendo distintos aminoácidos en función de la secuencia marcada por el ARNm, y de esta forma, se crean las cadenas de aminoácidos que dan lugar a las proteínas.



## 2.8. Metabolismo

Al conjunto de reacciones químicas catalizadas por enzimas que ocurren en el interior de las células de los seres vivos lo conocemos como metabolismo.

Las reacciones metabólicas se encuentran en su mayor parte totalmente interrelacionadas constituyendo las rutas o vías metabólicas, de modo que el producto de la primera reacción es el sustrato de la siguiente, y así sucesivamente. La mayoría de las reacciones de las rutas metabólicas están catalizadas por diferentes enzimas que funcionan coordinadamente.

Según su metabolismo, los seres vivos pueden dividirse en cuatro grupos: fotoautótrofos, fotoheterótrofos, quimioautótrofos y quimioheterótrofos. Esta clasificación depende de dos conceptos, la fuente de energía y la fuente de carbono que utiliza cada organismo. Los organismos fotótrofos obtienen la energía de la luz solar mientras que los quimiotrofos consiguen esa energía a partir de reacciones químicas. Por otro lado, los heterótrofos incorporan carbono al alimentarse de otros seres vivos mientras que los autótrofos son capaces de producir su propia materia orgánica a partir de la materia inorgánica.

El siguiente cuadro resume las características de estos cuatro grupos:

Tipo de organismo	Fuente de energía	Fuente de carbono	Ejemplo	
Fotoautótrofo	Luz solar	Materia inorgánica	Plantas, algas y cianobacterias	
Fotoheterótrofo	Luz solar	Materia orgánica	Bacterias purpúreas no del azufre	
Quimioautótrofo	Reacción química	Materia inorgánica	Bacterias nitrificantes	
Quimoheterótrofo	Reacción química	Planta, algas y cianobacterias	Materia orgánica	Animales, protozoos, hongos y algunas bacterias

En el metabolismo distinguimos dos fases: fase de síntesis o anabolismo y fase de degradación o catabolismo.

### 2.8.1. El anabolismo

Es el conjunto de reacciones que tiene como objetivo la síntesis de moléculas complejas a partir de moléculas sencillas. Requieren de un gasto de energía. Las moléculas que se forman mediante el anabolismo son moléculas con gran cantidad de energía en sus enlaces tales como glúcidos y lípidos.

### 2.8.2. El catabolismo

Es el conjunto de reacciones que tiene por objetivo la obtención de energía a través de la degradación de moléculas complejas. Liberan energía. Las moléculas complejas que se degradan suelen ser muy ricas en energía como glúcidos o lípidos.

Ambas fases están íntimamente relacionadas ya que la energía que se obtiene en el catabolismo es necesaria para que ocurran las reacciones propias del anabolismo.

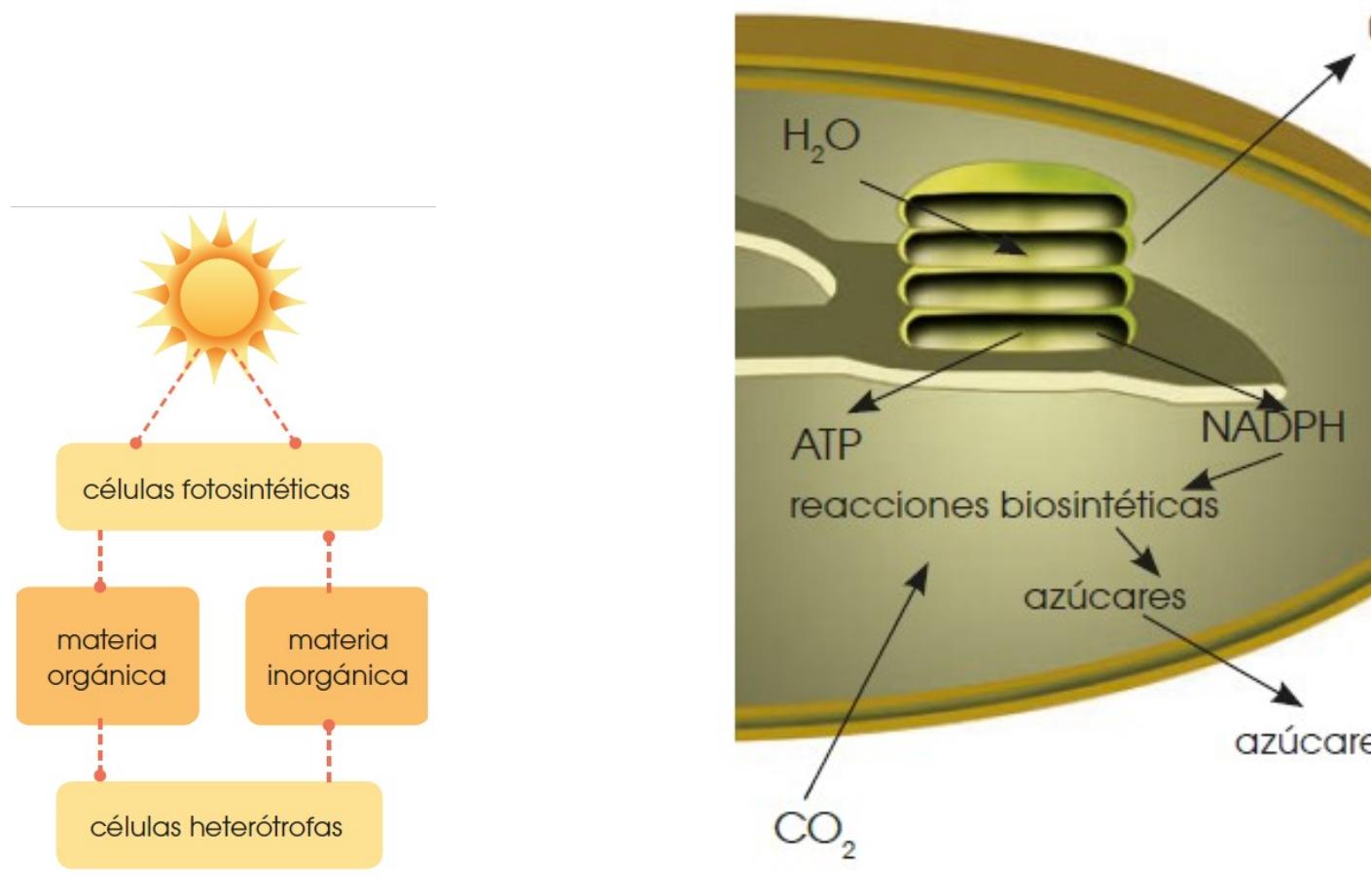
Existe mucha diversidad tanto en las rutas anabólicas como en las rutas catabólicas; sin embargo, los dos procesos más importantes en este aspecto son la fotosíntesis y la respiración celular.

La fotosíntesis es un proceso anabólico que consiste en la obtención de glucosa a partir de energía lumínica y moléculas inorgánicas como el  $H_2O$  y el  $CO_2$ .

La respiración celular es un proceso catabólico en el cual una molécula de glucosa se va degradando a través de una serie de reacciones bioquímicas (glucólisis) hasta obtener piruvato. El piruvato sufre otra serie de reacciones catabólicas en el denominado ciclo de Krebs. A lo largo de todas estas reacciones se obtiene gran cantidad de energía.

### 2.8.3. Fotosíntesis

---

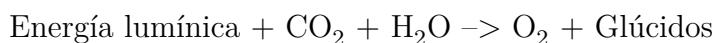


Los organismos fotoautótrofos obtienen mediante la fotosíntesis la materia que será utilizada en procesos posteriores. Aunque los vegetales no son los únicos seres fotosintéticos en el ecosistema del planeta, la importancia cuantitativa de la fotosíntesis vegetal es enorme. Su objetivo consiste en obtener moléculas orgánicas (glúcidos) a partir de moléculas inorgánicas ( $\text{CO}_2$  y  $\text{H}_2\text{O}$ ). Para realizar la fotosíntesis se necesita:

- Moléculas transportadoras de electrones que están relacionadas con los pigmentos y pueden ser proteínas o bien compuestos lipídicos. Estas moléculas captan los electrones desprendidos y los transportan hasta el acceptor final, una sustancia denominada

NADP+ (nicotinamina adenina dinucleótido fosfato).

- Un espacio cerrado para que los electrones activados pasen de una molécula a otra sin dispersarse. El cloroplasto es este espacio cerrado; contiene la clorofila, las moléculas transportadoras y las aceptoras; así la eficacia en la transferencia de electrones es máxima. En conclusión, en las células vegetales se dan las circunstancias que permiten la fotosíntesis, cuya fórmula global es la siguiente:



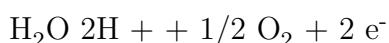
En el desarrollo de la fotosíntesis distinguimos dos fases:

### Fase dependiente de la luz

- Es imprescindible la presencia de luz.
- Se produce en la membrana de los tilacoides.

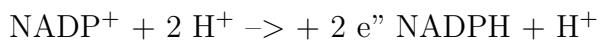
Se capta la energía lumínica, que se invierte en:

- Activar la clorofila para que se desprendan electrones.
- Romper moléculas de agua.



Los electrones ( $\text{e}^-$ ) pasan a la clorofila para reponer los que se han desprendido, y también a las moléculas transportadoras.

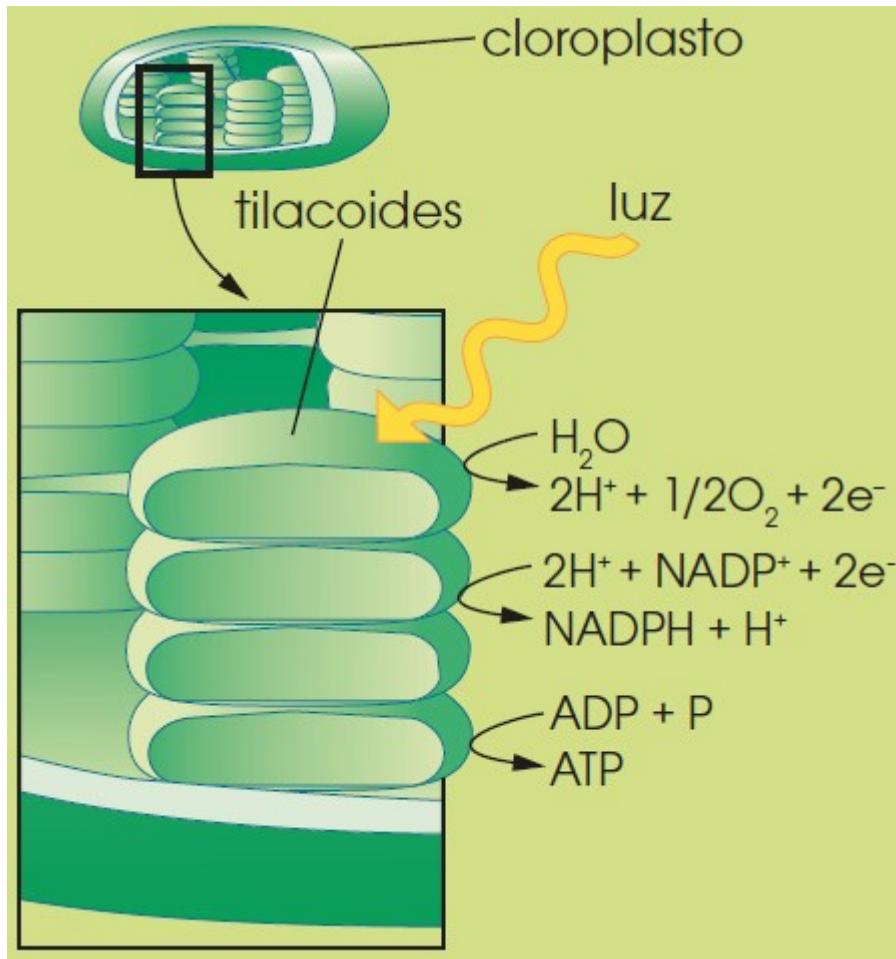
- Cuando llegan al NADP+ junto a los protones ( $\text{H}^+$ ) forman NADPH.



- Paralelamente al proceso anterior se sintetiza ATP; este proceso se activa mediante la circulación de los protones ( $\text{H}^+$ ).



Estas moléculas contienen en sus enlaces la energía química procedente de los electrones activados.

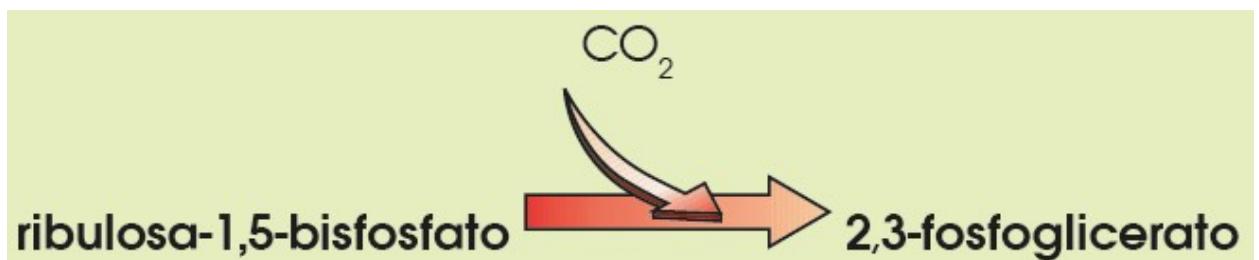


### Fase independiente de la luz

- No requiere la presencia de luz.
- Tiene lugar en el estroma del cloroplasto. A esta fase también la llamamos fijación del carbono.

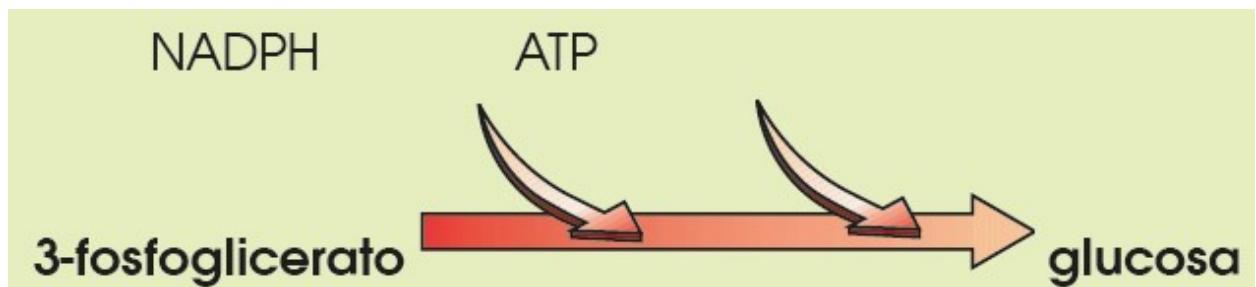
En ella, el CO<sub>2</sub> atmosférico se incorpora, mediante un conjunto de reacciones biosintéticas, a pequeños compuestos de carbono para formar glucosa.

- A partir de un compuesto de 5 átomos de carbono, denominado ribulosa-1, 5-bis-fosfato y una molécula de CO<sub>2</sub>, se obtienen dos moléculas de 3-fosfoglicerato.

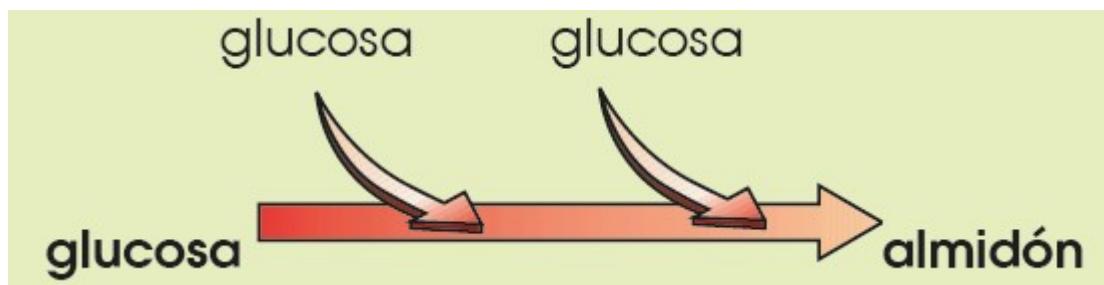


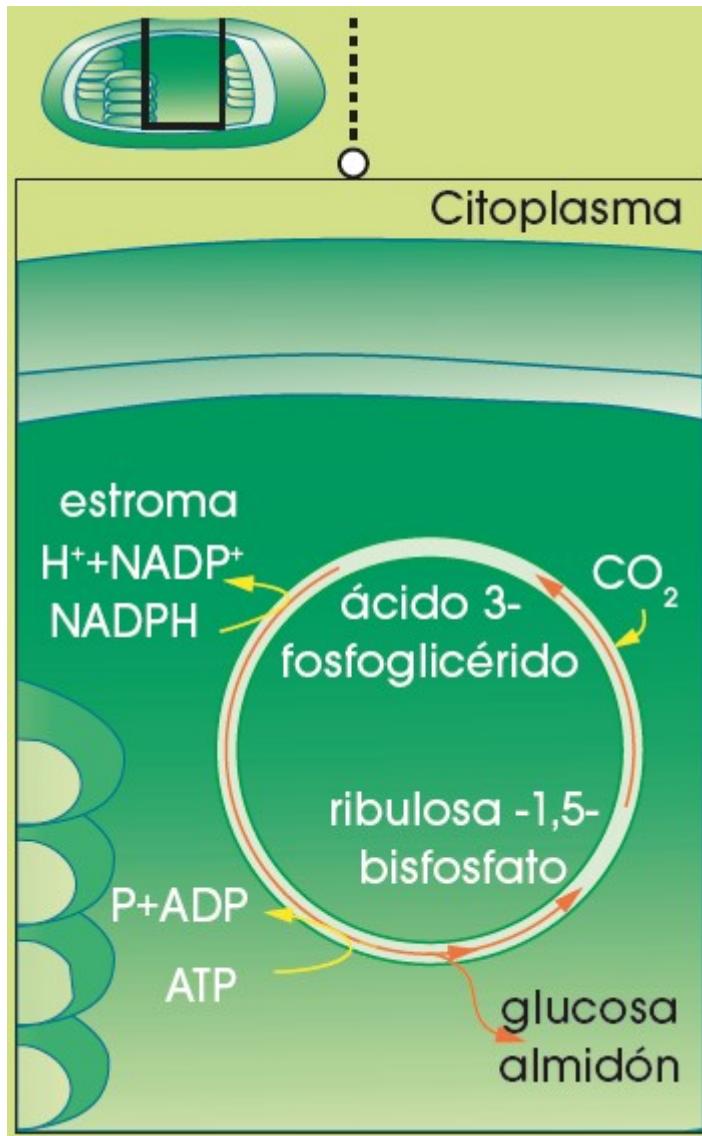
- A partir de los compuestos de tres carbonos que se obtienen, se encadenan diversas

reacciones químicas en las que se gastan NADPH y ATP, obtenidos en la fase dependiente de la luz, para obtener una molécula de glucosa.



- Esta molécula de glucosa se polimeriza y origina almidón.





Los glúcidos obtenidos de la fijación del carbono se utilizan, además, en la síntesis de otras biomoléculas: aminoácidos, lípidos y nucleótidos.

### **La respiración celular**

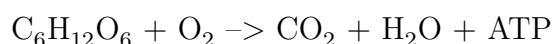
En las células vegetales, el proceso de respiración celular tiene lugar a partir de la glucosa obtenida en la fotosíntesis. En las células animales, se lleva a cabo a partir de la glucosa ingerida en los alimentos. En ambos tipos de células, el proceso se desarrolla con las mismas características.

El objetivo de la respiración es la obtención de ATP y NADH (nicotinamina adenina dinucleótido), que pueden trasladarse por la célula proporcionando energía a las diferentes actividades celulares.

La respiración necesita:

- Monómeros de las grandes biomoléculas, principalmente glucosa.
- Moléculas transportadoras de electrones, principalmente proteínas, que constituyen una cadena por donde circulan los electrones: la cadena respiratoria. La sustancia que finalmente acepta los electrones es el oxígeno.
- Un espacio cerrado ya que, también en este caso, se produce transferencia de electrones. Este espacio es la mitocondria.

En suma, tanto en las células vegetales como en las animales, tiene lugar la respiración celular, cuya ecuación química global es:



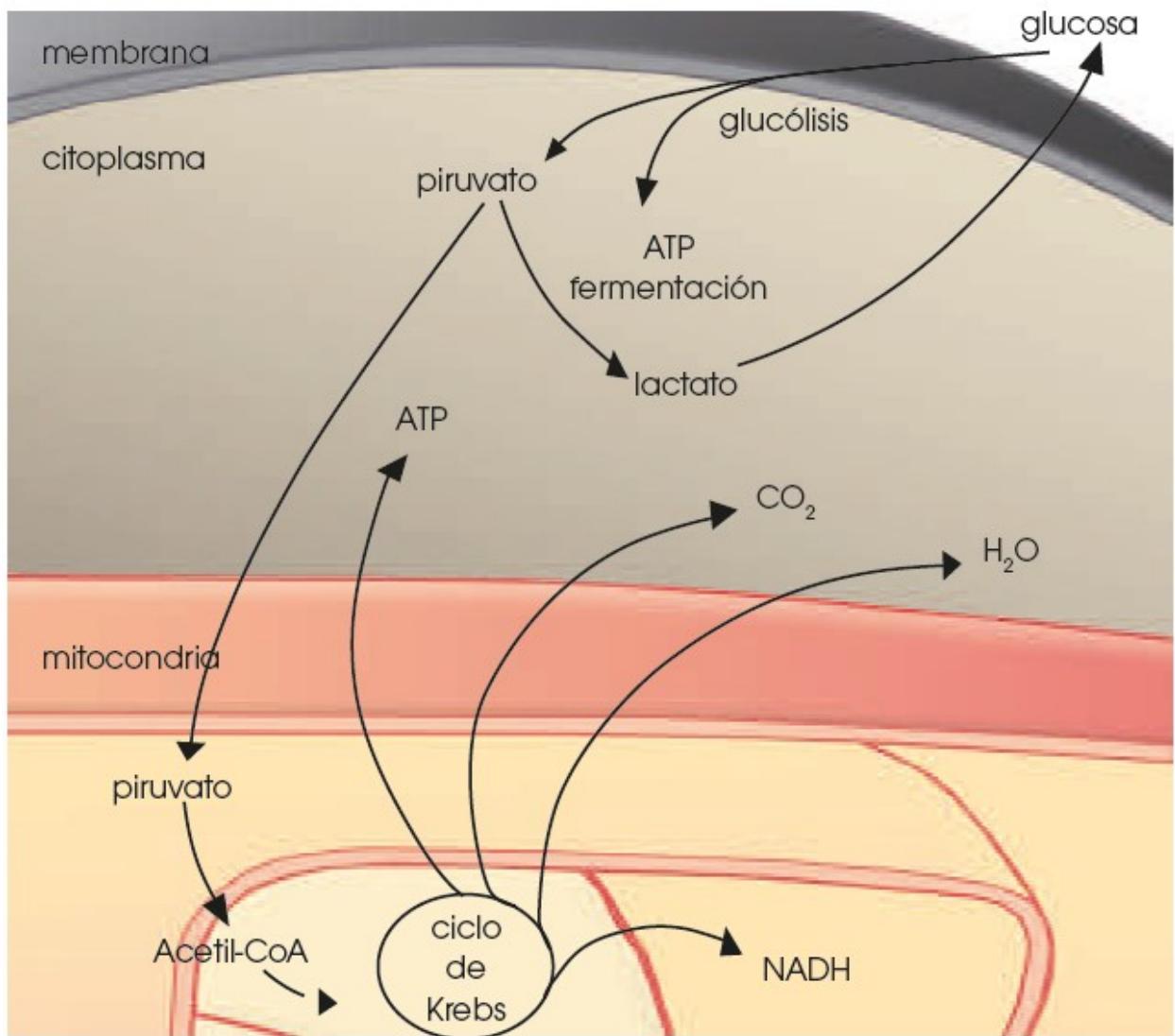
De modo simplificado, las reacciones que tienen lugar durante la respiración son las siguientes:

#### **En el citoplasma:**

- Mediante la ruta de la glucólisis, la glucosa se convierte en piruvato, obteniéndose dos moléculas de ATP.

#### **En la mitocondria:**

- El piruvato obtenido en la glucólisis penetra en la mitocondria y se transforma en Acetil - CoA y CO<sub>2</sub>.
- El Acetil-CoA entra en una ruta cíclica: el ciclo de Krebs, generándose ATP, NADH, CO<sub>2</sub> y H<sub>2</sub>O.



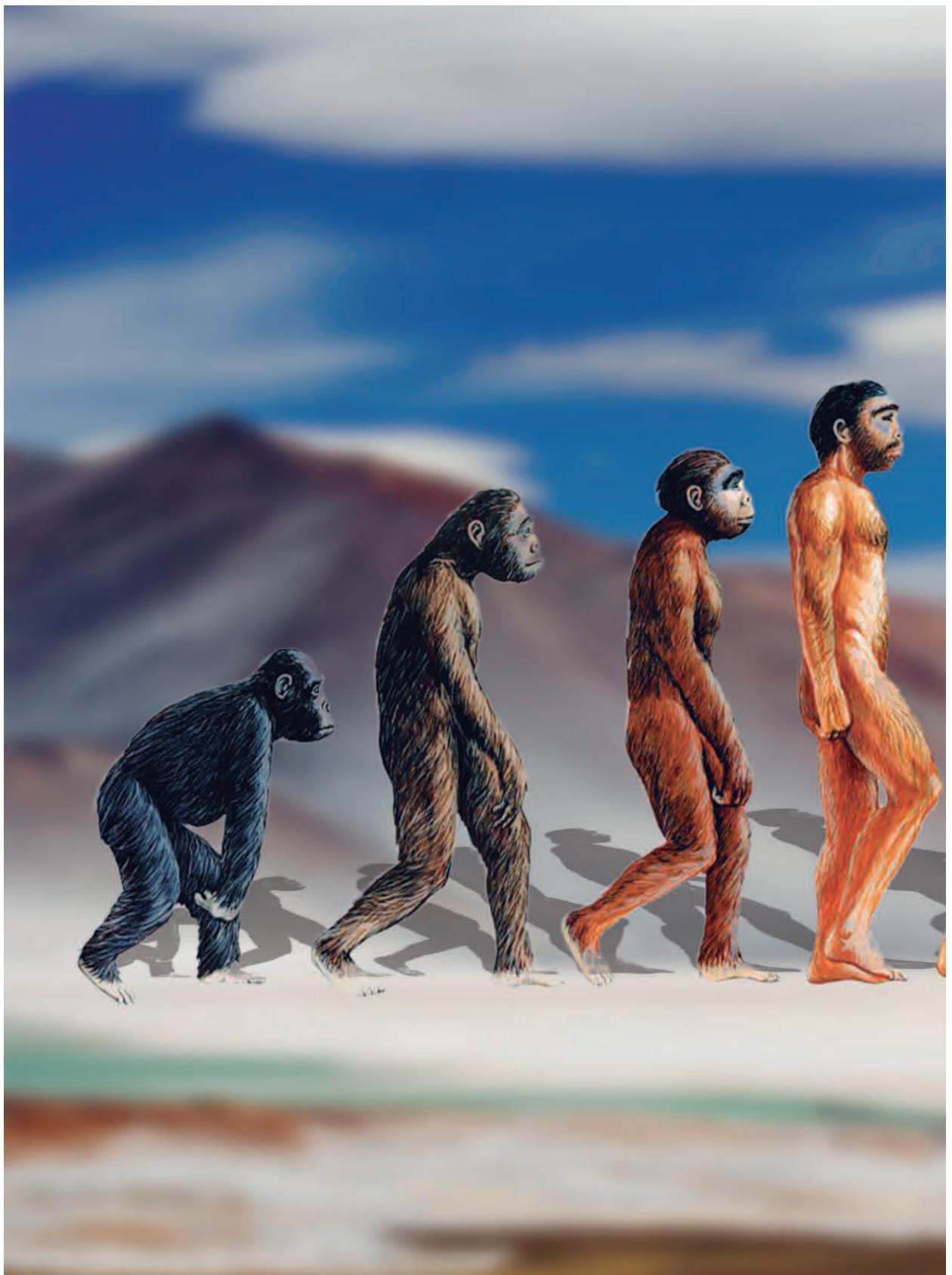
La degradación con oxígeno recibe el nombre de aeróbica y produce el máximo rendimiento energético. En algunos casos la degradación se produce sin oxígeno, es decir, de manera anaeróbica. Es el caso de la reacción que tiene lugar en las células musculares cuando se ven sometidas a un esfuerzo extremo que provoca una demanda de oxígeno superior a la cantidad que proporciona el aparato circulatorio.

Por ello se produce una degradación sin oxígeno o fermentación. El piruvato no entra en la mitocondria y, en el citoplasma, se transforma en lactato. El rendimiento energético de esta reacción es menor que si tuviera lugar mediante oxígeno, ya que el lactato todavía contiene energía química en sus enlaces.





### 3. Evolución de la vida



## **3.1. El origen de las especies**

A lo largo de la historia de la biología, siempre ha habido científicos que se han preguntado sobre el origen de la gran diversidad de especies.

En la antigua Grecia, pensadores como Anaximandro ya se planteaban el origen de las especies. Pero fue durante los siglos XIX y XX cuando se elaboraron más teorías al respecto.

Muchas veces estas teorías estaban más influidas por las creencias religiosas de la época que basadas en observaciones científicas exhaustivas. Ello conllevó numerosos problemas e incluso el descrédito de algunos científicos en desacuerdo con esas creencias.

A continuación, vamos a conocer algunas de estas teorías.

### **3.1.1. El fijismo y el catastrofismo**

Ambas teorías estaban basadas en la interpretación literal de la Biblia. Decimos que son teorías creacionistas, porque consideraban que todos los seres vivos que existían en la Tierra tenían su origen en la Creación divina.

#### **La teoría fijista**

Según la teoría fijista, todas las especies tienen su origen en la Creación bíblica y se han mantenido tal y como fueron creadas hasta la actualidad. La teoría fijista fue aceptada durante muchos años como válida. La teoría fijista no podía explicar, entre otras cosas, la existencia de fósiles de muchas especies diferentes a las especies actuales.

#### **La teoría catastrofista**

Según la teoría catastrofista, hubo extinciones de algunas especies que coincidieron con las catástrofes descritas en la Biblia. Estas catástrofes explicarían la existencia de fósiles de especies que ya no existen.

Georges Cuvier (Francia, 1769-1832), uno de los naturalistas más conocidos de su época, fue el principal defensor de esta teoría. Según Cuvier, después de cada catástrofe, el espacio dejado por las especies extintas era ocupado por especies procedentes de otros lugares geográficos.



## ■ Esquema de la teoría fijista

### 3.1.2. El lamarckismo

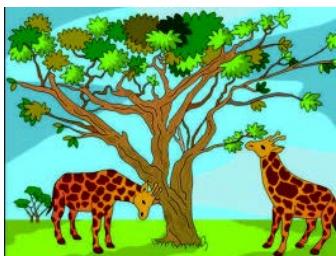
Esta teoría toma el nombre de Jean Baptiste de Monet, caballero de Lamarck. En 1809 Lamarck publicó su obra Filosofía zoológica, considerada la primera teoría evolucionista de la historia científica moderna.

Las teorías evolucionistas son todas aquellas teorías que proponen la diversidad actual de especies como fruto de cambios sucesivos en especies anteriores.

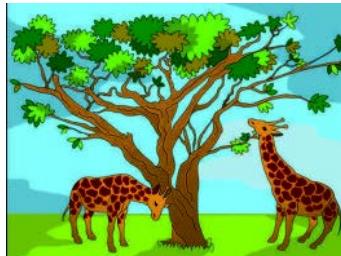
La teoría de Lamarck se puede resumir en los siguientes tres puntos:

1. Todas las especies actuales proceden de otras especies anteriores, a partir de las cuales se han originado mediante cambios sucesivos.
2. Estos cambios se han producido por un esfuerzo intencionado de los organismos, dirigido a mejorar ciertas cualidades. Estas cualidades mejoradas serán los llamados caracteres adquiridos.
3. Los caracteres adquiridos a lo largo de la vida de un organismo que resultan beneficiosos pasarán a sus descendientes.

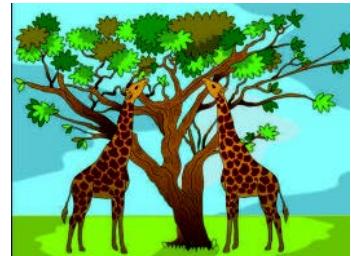
El siguiente ejemplo hipotético esquematiza la teoría de Lamarck:



Los antecesores de las jirafas actuales serían unos animales de cuello corto parecidos a los okapis actuales.



Cuando escasea el alimento, los individuos se esfuerzan para llegar a las capas de follaje más altas. De esta manera se les alarga el cuello.



El carácter «cuello largo» pasa a los descendientes que, a su vez, alargarán más el cuello, y así sucesivamente hasta las jirafas actuales.

### 3.1.2.1. Críticas al lamarckismo

En su época, Lamarck fue duramente atacado, especialmente por Cuvier. Los motivos por los que entonces se rechazó su teoría fueron:

- Lamarck no aportó las pruebas necesarias, imprescindibles para sustentar cualquier teoría.
- Los científicos de la época consideraban que existen muchos caracteres que a los organismos no les es posible fomentar voluntariamente, como por ejemplo, el color del pelaje.

Actualmente, no se aceptaría la teoría de Lamarck por dos razones:

- Los caracteres que pasan a la descendencia son los caracteres heredables cuya información se encuentra en el ADN organizada en genes. Los organismos no pueden inducir cambios voluntariamente sobre el ADN y, por tanto, no hay intencionalidad en la evolución.
- Los cambios físicos y fisiológicos que puede favorecer un organismo no afectan al ADN y, por tanto, no pasarán a sus descendientes.

## 3.2. El darwinismo

Charles Darwin (Shrewsbury, 1809 - Down, 1882) es uno de los científicos más conocidos e influyentes de la historia de la biología. Darwin destacó por sus grandes dotes como

observador naturalista. El viaje de Darwin Después de abandonar los estudios de Medicina, Darwin emprendió un viaje alrededor del mundo a bordo del Beagle que duró cinco años (1831-1836). Durante este viaje llevó a cabo numerosas expediciones a tierra firme, en el transcurso de las cuales:

- Observó las variaciones de diferentes poblaciones cercanas en el espacio, pero separadas por barreras geográficas, como las poblaciones de pinzones en las islas Galápagos.
- Elaboró detalladas descripciones de toda la flora y la fauna que iba estudiando.
- Tomó muestras de fósiles, animales y vegetales. Ejemplo: huesos de Megatherium que encontró en Sudamérica.

Posteriormente, dedicó su vida al estudio de las notas y las muestras recopiladas. Todos los datos que iba obteniendo de su estudio apuntaban hacia una teoría evolucionista. En 1858, un joven científico llamado Alfred Russel Wallace remitió sus teorías evolucionistas a Darwin. Viendo los numerosos puntos en común de las dos investigaciones, decidieron publicar conjuntamente sus opiniones en la revista de la Sociedad Linneana.

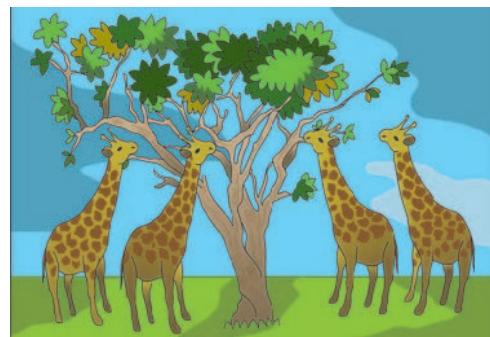
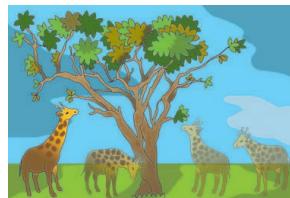
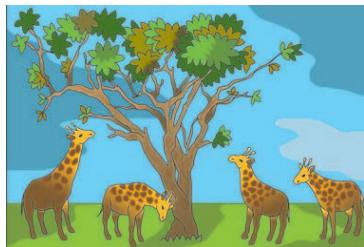
Un año después, en 1859, Darwin publicó su obra El origen de las especies, en la que exponía ampliamente la teoría sobre la evolución de las especies.

### 3.2.1. La teoría de Darwin

La teoría de la evolución de Darwin se asienta en tres puntos fundamentales:

- **La variabilidad:** Las poblaciones de seres vivos no son uniformes, sino que presentan cierta variabilidad, mayor o menor en función de la especie observada. En un ambiente estable con suficientes recursos, las poblaciones mantienen el número de individuos y conservan su variabilidad.
- **La adaptación:** Ante un cambio en el ambiente desfavorable a una especie, de entre toda la variabilidad existente, habrá algunos individuos que quizás presentarán unas características más adecuadas al nuevo ambiente. Estos individuos estarán mejor adaptados.
- **La selección natural:** Los individuos mejor adaptados se reproducirán más fácilmente y dejarán más descendencia. Esta descendencia heredará los caracteres que determinan una mejor adaptación. Si la selección se repite en cada generación durante miles de años, toda la población presentará el carácter que determina una mejor adaptación.

El siguiente ejemplo esquematiza la teoría de Darwin:



Los antecesores de las jirafas actuales formaban una población con cierta variabilidad para el carácter «longitud del cuello»; ciertos individuos tenían el cuello más largo.

Cuando escasea el alimento, los individuos con el cuello más largo llegan mejor a las capas superiores del follaje. Están mejor adaptados.

Los individuos con el cuello más largo se reproducirán con mayor facilidad y dejarán más descendientes, aumentando su proporción en la siguiente generación. La selección natural seguirá actuando generación tras generación hasta dar lugar a las jirafas actuales.

### 3.2.1.1. Críticas al darwinismo

En la sociedad científica de la época de Darwin, las teorías aceptadas sobre el origen de las especies eran creacionistas. La publicación de las teorías de Darwin causó un gran revuelo, siendo especialmente criticadas las teorías concernientes al origen del ser humano, ya que entraban directamente en conflicto con la teoría de la Creación divina bíblica.

Con el tiempo, la teoría de la evolución de Darwin fue aceptada y ha sido una de las aportaciones más influyentes en el campo de las ciencias de la vida.

No obstante, quedaron algunas preguntas que Darwin no pudo solucionar en su momento:

- ¿Cómo se generaba la variabilidad en la población de una determinada especie?
- ¿Cómo pasaban los caracteres de los progenitores a sus descendientes?

Debemos tener en cuenta que, pese a que los trabajos de Mendel fueron publicados en 1865, Darwin nunca llegó a conocerlos. No fue hasta más tarde cuando los conocimientos sobre genética permitieron dar respuesta a las preguntas que planteaba la teoría de Darwin.

### **3.2.1.2. Contexto sociocultural en la época de Darwin**

El siglo XIX se caracteriza por las grandes transformaciones y contradicciones provocadas por la industrialización; las reivindicaciones y revoluciones burguesas, obreras y campesinas; la consolidación del capitalismo y el liberalismo, y el auge del conocimiento científico y del desarrollo tecnológico.

La nueva sociedad surgida de la industrialización y el establecimiento de nuevas disciplinas científicas favorecieron el desarrollo intelectual y el afán de conocimiento.

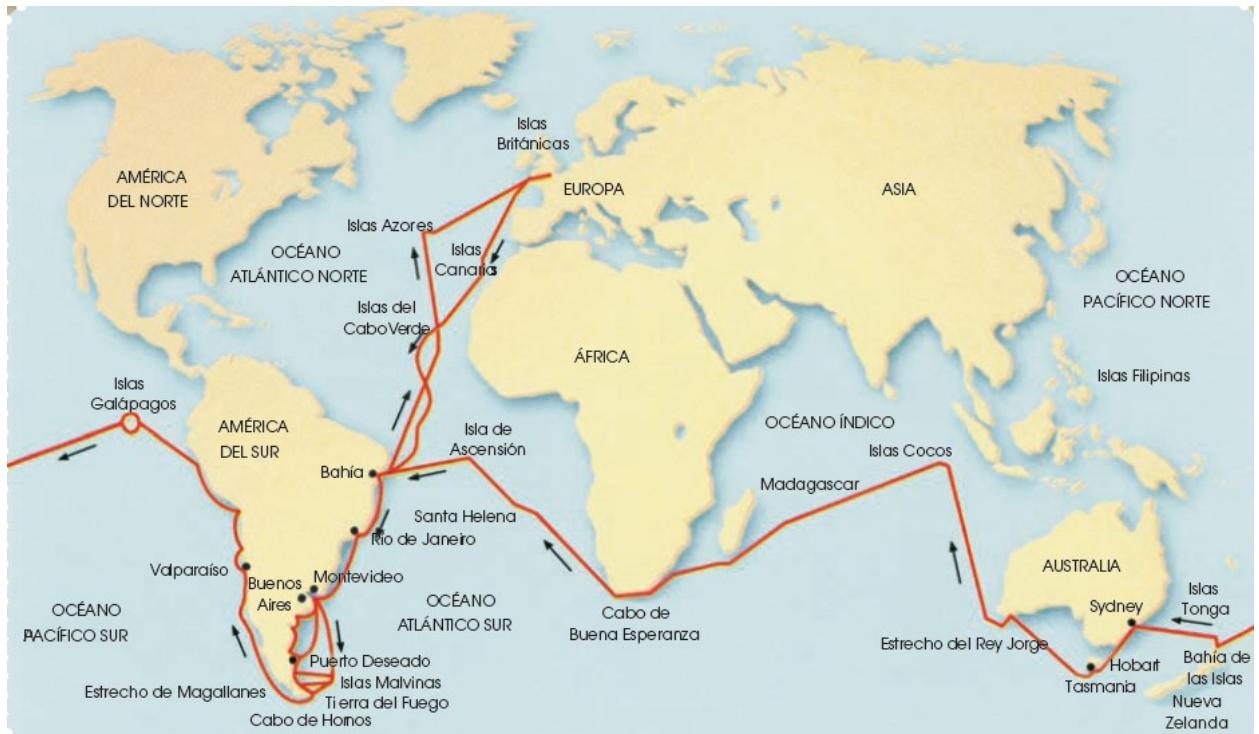
A pesar de todo, el mundo de mediados del siglo XIX aún no estaba preparado para asimilar las ideas revolucionarias de Charles Darwin.

La difusión de las teorías de Darwin constituyó la primera gran polémica científica, ya que contradecía las creencias basadas en la interpretación literal de la Biblia sobre la creación del mundo y de los seres vivos, al mismo tiempo que equiparaba al ser humano con el resto de las especies en su origen y evolución. El desarrollo de estudios posteriores confirmó las ideas de Charles Darwin y dio pie al reconocimiento de la ciencia, en todos sus ámbitos, y de los científicos como pilares básicos para el progreso de las sociedades modernas.

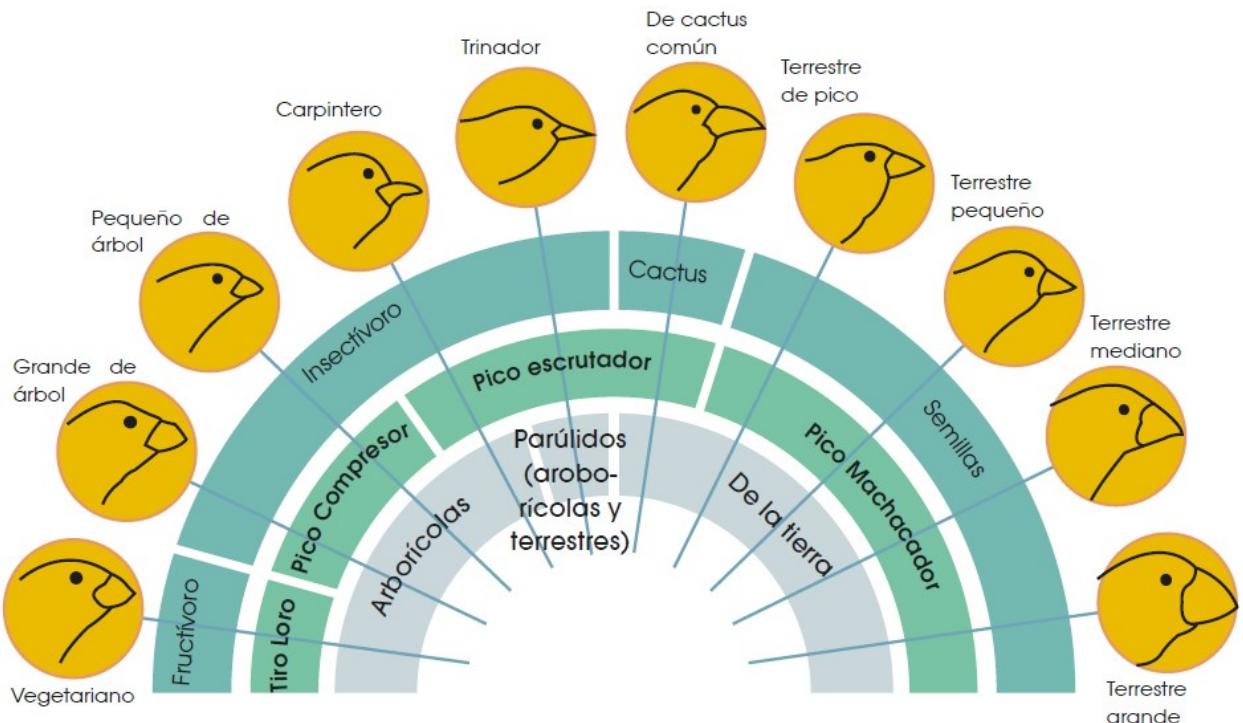
### **3.2.2. El viaje del Beagle**

Poco después de graduarse en la Universidad de Cambridge, Charles Darwin fue invitado a embarcarse en el bergantín HMS Beagle para desempeñar labores de naturalista. Este barco realizó un viaje alrededor del mundo y sirvió a Darwin como herramienta para estudiar una gran variedad de paisajes, plantas, animales y accidentes geográficos.

El 27 de diciembre de 1831, el Beagle zarpó de Plymouth (Inglaterra) y no regresó hasta casi cinco años después, el 2 de octubre de 1836. El barco inició su travesía hacia Sudamérica, y recorrió gran parte de su costa, desde Bahía (Brasil) hasta las islas Galápagos (Ecuador) pasando por las costas de Uruguay, Argentina, Chile y Perú. La etapa americana del viaje duró cerca de cuatro años, después de los cuales, el Beagle se dirigió a Australia y Nueva Zelanda. Desde allí el viaje continuó por el sur de África hasta, finalmente, volver a Inglaterra.



### 3.2.2.1. Los pinzones de Darwin



Una de los animales que más llamó la atención de Darwin, durante su estadía en las islas Galápagos, fueron los pinzones. Darwin observó a las trece especies diferentes que existen en las islas, y todavía una especie más en el continente; y pudo comprobar que estas

aves son muy similares entre sí excepto por la forma y tamaño de su pico.

A pesar de que todas estas especies forman parte del mismo grupo taxonómico y son muy cercanas entre sí, presentan una clara diferenciación en la estructura de su pico, lo cual se ha convertido en una de las pruebas más importantes a favor de la teoría darwinista de la evolución de las especies.

Después de numerosos estudios, se ha demostrado que la estructura del pico de los pinzones está directamente relacionada con la alimentación de cada uno de ellos y, por tanto, con los alimentos disponibles en cada isla del archipiélago de Galápagos.

De esta manera, existen pinzones que se alimentan de frutas, otros de insectos y otros de semillas. Los pinzones frugívoros tienen un pico similar al de un loro, preparado para romper los frutos; mientras que los que se alimentan de semillas tienen un pico grueso que les permite machacar las semillas con facilidad; mientras que los pinzones insectívoros tienen un pico más fino y alargado para alcanzar larvas o cazar insectos con facilidad.

Este hecho es un claro ejemplo para ilustrar las ideas de Darwin sobre la evolución de las especies. Unas aves, en principio similares, pero con cierta variabilidad entre sus individuos, se vieron sometidas a distintos ambientes (en cada isla existían distintas condiciones ambientales y diferentes alimentos disponibles). Esto provocó que los individuos con distintas características fueran seleccionados en las islas en las que el ambiente les era más favorable y fueran desapareciendo en el resto de islas. De esta forma, los pinzones que consiguieron sobrevivir lo hicieron porque se adaptaron al medio en el que se encontraban. Como estos individuos se adaptaron mejor, tuvieron más descendencia, con lo que sus características se seguían repitiendo en las siguientes generaciones. De esta forma, la selección natural fue actuando hasta dejar en cada isla solamente pinzones con características adecuadas para la supervivencia en cada una de ellas.

### **3.2.3. El neodarwinismo**

En 1900, dieciocho años después de la muerte de Darwin, se descubrieron los trabajos de Mendel. Este hecho, junto con los avances en los conocimientos sobre la reproducción celular, determinó el inicio del auge de la genética. Los conocimientos sobre genética fueron la clave para solucionar los interrogantes que planteaba la teoría de Darwin.

En la década de 1930 a 1940, diversos científicos incorporaron los conocimientos sobre genética a sus estudios y elaboraron la denominada teoría neodarwinista o sintética. Los neodarwinistas tomaron como base la teoría de Darwin, pero solucionaron los puntos para los que él no tuvo explicación, la variabilidad y la herencia, y ampliaron la teoría aplicando los nuevos descubrimientos en biología.

A continuación, veremos los mecanismos en los que se basa la evolución según la teoría sintética.

### **3.2.3.1. Mecanismos evolutivos**

Según la teoría sintética, los mecanismos más importantes de la evolución son la mutación, la selección natural y la deriva génica.

#### **Mutación**

La mutación es un cambio permanente en el ADN. Si el cambio afecta a un gen, da lugar a la aparición de nuevos alelos y, por tanto, a nuevos fenotipos. Es una fuente de variabilidad.

Las mutaciones se producen al azar, por lo que no siempre representan una ventaja adaptativa.

Si afectan al ADN de los gametos, se pueden heredar y así pasar a los descendientes.

#### **Selección natural**

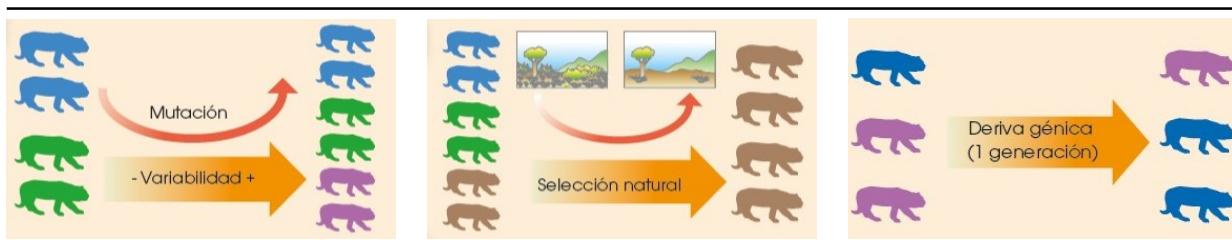
El número de individuos de la población de una determinada especie no puede crecer hasta el infinito, ya que los recursos del ambiente donde vive son limitados.

Normalmente, el número de individuos se mantiene constante hasta que un cambio en el entorno favorece el aumento del número de aquellos mejor adaptados. Este mecanismo es lo que conocemos como selección natural.

#### **Deriva génica**

La deriva génica es el cambio de proporción de un alelo de una generación a otra.

Puede dar lugar a la selección de un carácter aleatoriamente, es decir, sin que este carácter represente una ventaja aparente y sin que hayan variado las condiciones del entorno en el que se vive. Solo se da en poblaciones con un número reducido de individuos.



### 3.2.3.2. Un ejemplo de la evolución

En el período de 1850 a 1900 la industrialización en Inglaterra promovió una evolución en la coloración de las alas de la mariposa del abedul *Biston betularia*.

Esta evolución nos servirá de ejemplo para resumir la teoría neodarwinista.

- La coloración de las alas de la *Biston betularia* era blanca. Esta coloración le permitía pasar desapercibida sobre la corteza blanca de los abedules.
- En 1850 se describió un ejemplar de alas negras. Esta coloración se originó por mutación y aumentó la variabilidad de la población de mariposas del abedul.
- Las mariposas de alas negras tenían una desventaja: eran más visibles sobre la corteza blanca y, por tanto, más fáciles de detectar para sus depredadores.
- El aumento de las emisiones de humo por la creciente industria provocó el ennegrecimiento de la corteza de los abedules y, por tanto, un cambio en el ambiente de la *Biston betularia*.
- Las mariposas de alas blancas pasaron a ser muy visibles sobre la corteza negra, por lo que eran más vulnerables a sus depredadores.
- Las mariposas negras presentaban una ventaja al poder esconderse mejor, es decir, estaban mejor adaptadas al nuevo ambiente.
- El número de mariposas blancas disminuyó mucho, ya que, al ser más visibles a los depredadores, fueron cazadas en mayor proporción.
- Las mariposas negras podían protegerse mejor de sus depredadores y, por tanto, tenían mayor probabilidad de sobrevivir y también de dejar descendientes.
- Como consecuencia, el número de mariposas negras aumentó, ya que eran seleccionadas positivamente por la selección natural, por lo que dejaban más descendientes que habían heredado el nuevo alelo.

Este fenómeno evolutivo observado por primera vez en la mariposa del abedul se ha descrito posteriormente en otros artrópodos; es el llamado melanismo industrial. Este se define como el cambio de color predominante a consecuencia del cambio ambiental provocado por la actividad industrial.

### **3.3. La especiación y las teorías actuales**

Las teorías actuales sobre el origen de las especies toman como base la teoría sintética de la evolución, pero difieren entre ellas sobre todo en lo relativo al momento y al cómo se da la aparición de nuevas especies.

Una especie es un conjunto de individuos más o menos parecidos que son capaces de reproducirse entre ellos y dar lugar a descendencia fértil. El proceso de aparición de una nueva especie a partir de una preexistente es lo que llamamos especiación.

Para que se dé la especiación, deben producirse los siguientes fenómenos:

- Un grupo de individuos de una determinada población evoluciona diferenciándose del resto de la población.
- Ese grupo de individuos no puede reproducirse con la población inicial debido a que existe una separación física (ej.: vivir en dos islas diferentes) o temporal (ej.: épocas de fertilidad en distintas estaciones).
- Las diferencias son cada vez mayores, hasta que llega un momento en el que si se intentaran reproducir dos individuos de cada una de las poblaciones, no llegarían a reproducirse o no tendrían descendencia fértil. Ya se trata de dos especies diferentes.

Según la interpretación evolucionista del origen de las especies científicamente aceptada, todas las poblaciones de especies actuales provienen de otras especies ancestrales a partir de las cuales se han originado. La biodiversidad actual no es más que el resultado de la evolución por especiaciones sucesivas desde los primeros seres vivos que poblaron la Tierra hace 3850 millones de años.

La historia y el parentesco evolutivo de una especie se pueden representar mediante un esquema en forma de árbol llamado cladograma.

En la actualidad, las dos teorías sobre el origen de las especies son el gradualismo y el puntualismo. Ambas son evolucionistas.

#### **3.3.1. El gradualismo**

El gradualismo sostiene que:

- Una población de una especie determinada va acumulando cambios, fruto de la adaptación progresiva al entorno en el que vive.
- La acumulación de cambios lleva a la aparición de variedades y subespecies primero y a la especiación después.

- La aparición de nuevas especies es un proceso gradual que se da a lo largo de miles de años.

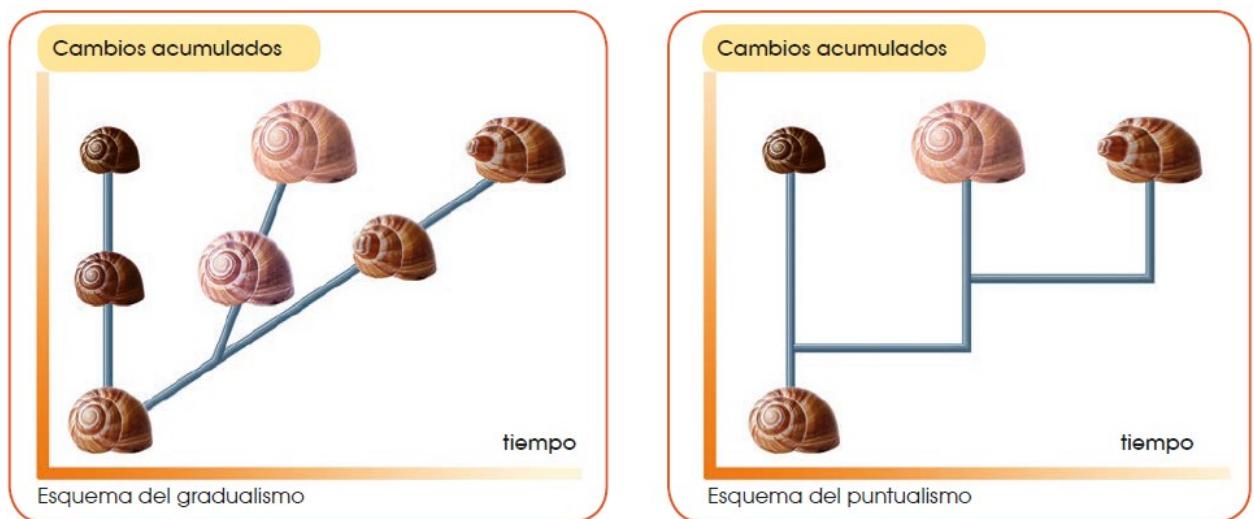
La principal crítica a esta teoría es la falta de fósiles de los hipotéticos pasos intermedios de muchas especies actuales. Los gradualistas defienden su postura sosteniendo que existieron ejemplares de los pasos intermedios pero que debido a las específicas condiciones de fosilización, se formaron fósiles de muy pocas especies.

### 3.3.2. El puntualismo

La teoría puntualista o del equilibrio puntuado fue enunciada en 1972 por Stephen Jay Gould (EE. UU., 1941-2002) y Niles Eldredge (EE. UU., 1943). La teoría del equilibrio puntuado sostiene que:

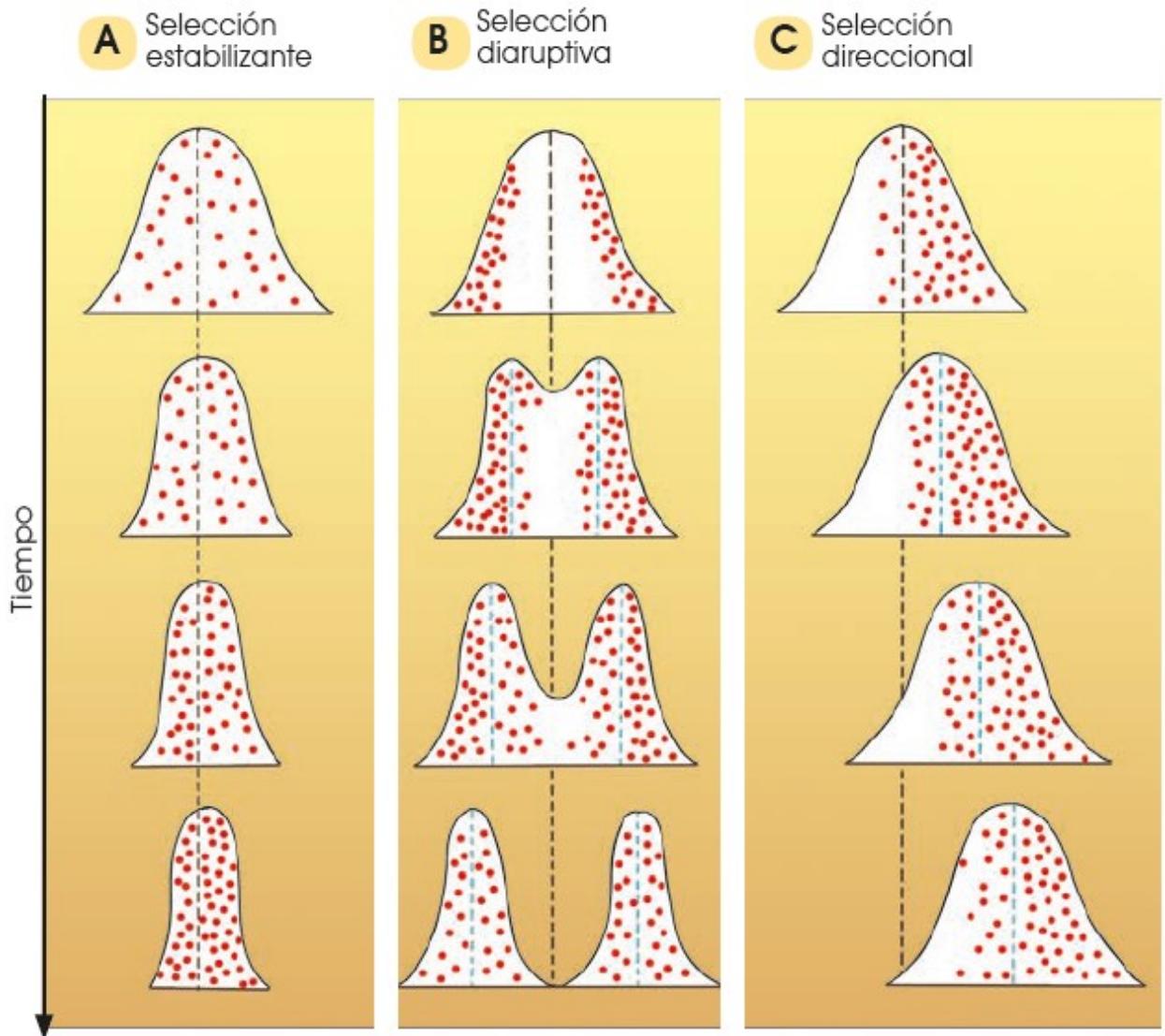
- Una población de una especie determinada que vive en un ambiente que no varía se mantiene estable y sin cambios a lo largo del tiempo.
- La especiación se dará en una porción pequeña de esa población que, por motivos diversos, se ha quedado aislada en un ambiente diferente.
- Los cambios, lejos de ser graduales, se sucederán de forma brusca en un período corto de tiempo (cientos de años).

La teoría puntualista explicaría el hecho de no encontrar fósiles que muestren los cambios graduales. Los puntualistas sostienen su teoría como la principal, pero no excluyen que en determinados casos se pueda dar el modelo gradualista.



### 3.4. Tipos de selección natural

La selección natural es un proceso que actúa de forma inevitable sobre todos los seres vivos; pero no actúa siempre de la misma manera. Si la selección afecta a la distribución de la variabilidad dentro de una población podemos hablar de selección normalizadora o estabilizante, selección disruptiva y selección direccional.



#### 3.4.1. Selección normalizadora

En este caso, los individuos que poseen una característica que les permite adaptarse mejor al medio son los que tienen rasgos intermedios; y el ambiente desfavorece a los individuos con características extremas. Por ejemplo, en un ambiente en el que salieran desfavorecidos tanto los individuos altos como los bajos, la población tendería a quedarse únicamente con individuos de talla mediana.

### **3.4.2. Selección disruptiva**

Al contrario que en la normalizadora, este tipo de selección favorece los extremos a expensas de los individuos con características intermedias, y terminará creando dos especies distintas. Si tenemos en cuenta el ejemplo anterior, en este caso los individuos seleccionados serán tanto los altos como los bajos, y los individuos medianos terminarán por desaparecer.

### **3.4.3. Selección direccional**

Este tipo de selección favorece el aumento de los individuos con una de las características extremas. Esto provocará que, con el paso del tiempo, todos los individuos cambien hacia el extremo favorable mientras que todos los demás dejarán de existir. Siguiendo con el ejemplo anterior, en un ambiente, lo más favorable puede ser una talla alta. Si esto ocurre, la población terminará por estar formada únicamente por individuos altos mientras que los bajos y medianos no existirían

### **3.4.4. Proceso de especiación**

Es posible que nunca lleguemos a conocer con total seguridad todos los fenómenos que intervienen en la evolución de las especies, pero lo que está claro es que el proceso de evolución provoca que existan nuevas especies. A este fenómeno lo conocemos como especiación.

#### **3.4.4.1. Aislamiento reproductivo**

Para que los procesos de selección natural terminen generando nuevas especies, debe existir un aislamiento reproductivo entre grupos de individuos. En el momento en que dos grupos no pueden reproducirse entre ellos, se impide un intercambio de material genético, lo que provoca que los grupos aislados se diferencien entre ellos convirtiéndose en distintas especies.

El aislamiento reproductivo puede ocurrir de diversas formas, puede ser temporal o permanente; y puede ocurrir por la aparición de barreras geográficas o simplemente por causas ecológicas o de comportamiento de las especies. A continuación, vamos a ver los principales mecanismos de aislamiento:

**Aislamiento geográfico:** Una barrera geográfica como la aparición de una cordillera o un río separa a un grupo de individuos e impide que se reproduzcan entre ellos.

**Aislamiento etológico o sexual:** Grupos de individuos ocupan el mismo territorio pero por factores de comportamiento se rechazan sexualmente.

**Aislamiento ecológico o en el hábitat:** Grupos que viven en el mismo territorio pero en hábitats o ambientes distintos, por lo que no van a reproducirse entre ellos.

**Aislamiento temporal o estacional:** Grupos de individuos que ocupan el mismo territorio pero sus períodos reproductivos son en épocas distintas del año, por lo que será imposible que se aparen entre sí.

### 3.4.4.2. Mecanismo de especiación

En función de cómo se establecen las barreras, el tiempo que demora la especiación y el papel que juega el fenómeno de selección natural, los procesos de especiación pueden dividirse en dos grandes grupos: la especiación por divergencia y la especiación instantánea.

La especiación por divergencia es aquella en la que el aislamiento reproductivo ocurre de forma gradual. Dentro de esta categoría de especiación distinguimos varios modelos: alopátrico, simpátrico y parapátrico.

**Especiación alopátrica:** En este caso, lo primero que ocurre es la aparición de una barrera geográfica que divide a la población original en dos grupos de individuos. En principio, todos los individuos podrían reproducirse entre sí, pero la barrera es la que lo impide.

Transcurrido mucho tiempo, los individuos a cada lado de la barrera geográfica solo se habrán reproducido entre ellos y en cada lado se habrán fomentado características diferentes, hasta el punto en el que los dos grupos se convierten en especies distintas y ya no podrán volver a reproducirse entre ellos aunque se vuelvan a poner en contacto.

**Especiación simpátrica:** Aquí no existe ninguna barrera geográfica que separe a los individuos, sino más bien una barrera ecológica. Este tipo de barreras se crean por una diferenciación en el hábitat dentro de un mismo territorio. Por ejemplo, en América del Norte existe una especie de mosca en la que se diferencian dos grupos: unas que se alimentan de espino y otras que se alimentan de manzanos. Aunque son de la misma especie y viven en el mismo territorio, generalmente cada grupo de mosca se reproduce entre sí y no con las moscas del otro grupo. Con el paso del tiempo, estos dos grupos terminarán separándose en dos especies distintas y ya no será posible la reproducción entre ellas.

**Especiación parapátrico:** Este caso es similar a la especiación alopátrica pero no existe una barrera geográfica que separe a la población. Un grupo de individuos, en principio homogéneo, elige reproducirse únicamente con los individuos cercanos a ellos sin entrar en contacto con individuos que se encuentran en otra área de su territorio. Con el paso del tiempo, se forman grupos diferenciados que pueden llegar a convertirse en distintas especies en un mismo territorio y sin ningún tipo de barrera entre ellos.

La especiación instantánea se diferencia de la especiación por divergencia en que no necesita el paso del tiempo para que aparezcan distintas especies, sino que ocurre un cambio súbito. Este proceso es mucho más rápido pero puede durar mucho tiempo. La especiación por divergencia puede tardar miles de generaciones mientras que la instantánea puede requerir solamente una decena de generaciones.

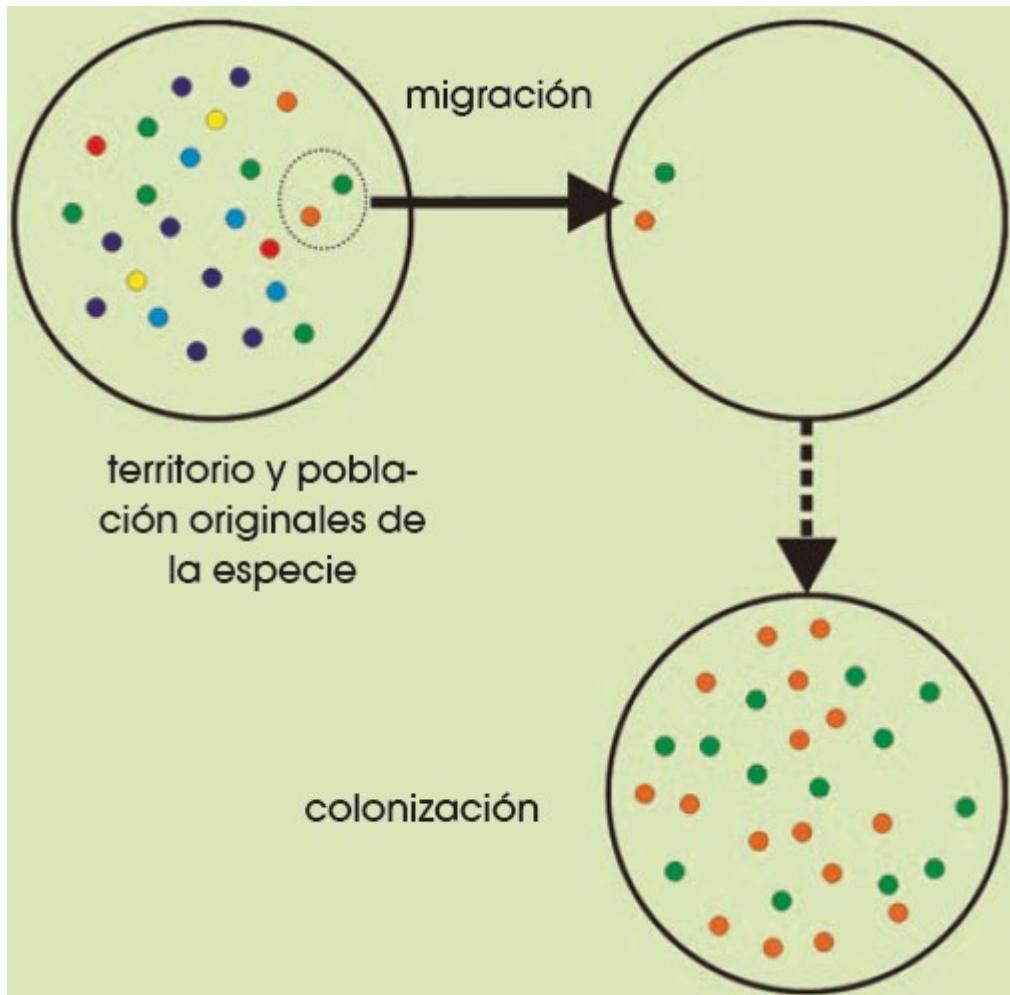
Este tipo de especiación suele darse cuando ocurren fenómenos de deriva génica causados por el efecto fundador o por efectos de cuello de botella. A continuación, explicamos cada uno de ellos.

### **3.4.5. Deriva génica**

La deriva génica es una fuerza que afecta al proceso evolutivo, pero diferenciado de la selección natural. Este fenómeno consiste en la pérdida de diversidad genética dentro de una población de forma azarosa, alterando la frecuencia de las características que aparecen en los individuos de un mismo grupo. Generalmente, actúa sobre las características menos frecuentes provocando que los caracteres frecuentes aparezcan siempre en todos los individuos. Esto provocaría una disminución de la diversidad en la población.

El efecto de la deriva génica es mucho más intenso en poblaciones pequeñas que en otras más grandes; y ocurre habitualmente cuando se dan situaciones de efecto fundador o cuello de botella.

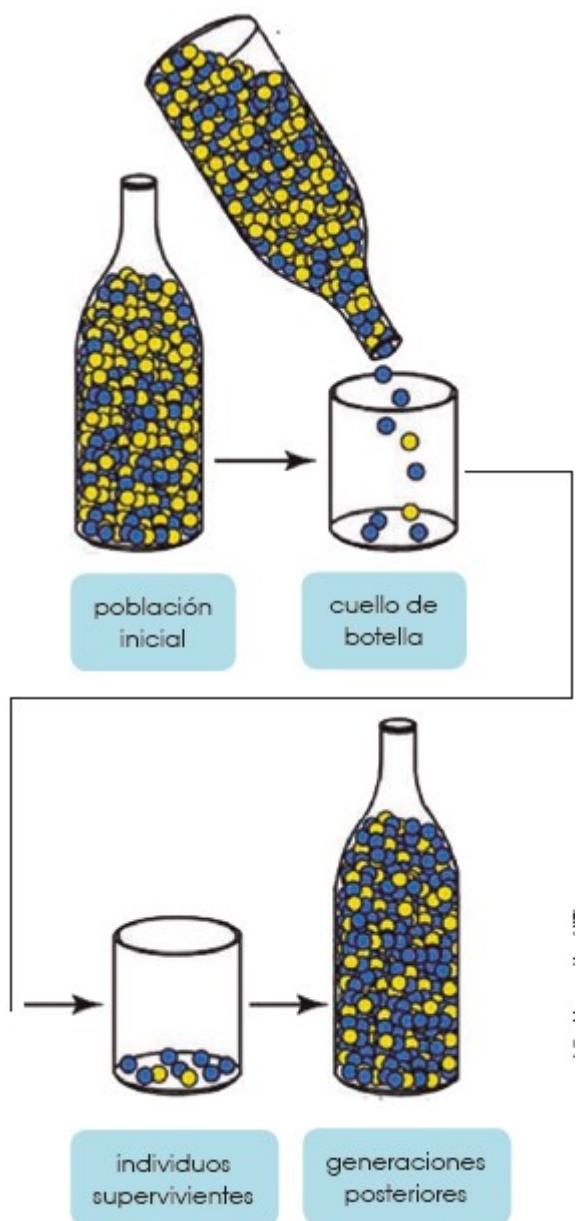
#### **Efecto fundador**



Si de una población grande se separan algunos individuos que van a crear una nueva población, la nueva comunidad solo tendrá la información genética de los individuos que la han fundado, por lo que su diversidad genética será muy baja. Esto crea un riesgo, ya que si hay una característica negativa, se mantendrá en esa nueva población y habrá una alta probabilidad de que los individuos de esa población la expresen.

Un ejemplo claro del efecto fundador puede verse en algunas poblaciones humanas. Por ejemplo, los Amish son miembros de una orden que emigró de Alemania y Suiza a Estados Unidos y formaron una colonia de pocos individuos que presentan un alto porcentaje de consanguinidad, es decir, tienen descendencia entre familiares, y que permanecen aislados del resto de humanos. Los individuos de esta colonia presentan un alto porcentaje de una rara enfermedad en la que se combinan enanismo y polidactilia, esta enfermedad es común en esta población, pero muy rara en el resto del mundo.

### Cuello de botella



El efecto cuello de botella es otro fenómeno que puede fomentar la existencia de deriva génica. Este efecto consiste en la disminución drástica de una población por efectos distintos a la selección natural. Al quedar un bajo número de individuos, cualquier característica rara que presenten los supervivientes se expresará mucho en las siguientes generaciones; e igualmente se disminuye la diversidad.

### 3.4.6. Selección natural versus selección artificial

La selección natural es uno de los fenómenos que provoca la evolución y la aparición de nuevas especies. Este proceso que ocurre de forma natural también puede ser algo forzado por el ser humano. A este fenómeno se le conoce como selección artificial, y los seres humanos

llevamos mucho tiempo practicándola de forma consciente e inconsciente con la selección y cruces de distintos individuos en prácticas agrícolas y ganaderas.

En la selección artificial, somos los humanos los que decidimos las características que nos resultan beneficiosas y fomentamos su expresión en las siguientes generaciones, mientras que eliminamos las características que no nos son útiles.

Actualmente, la selección artificial se utiliza como técnica de control reproductivo para seleccionar las características de animales domésticos o de plantas cultivadas. En función de nuestras preferencias, dirigimos el proceso evolutivo ya sea de forma consciente porque determinamos qué individuos son los que queremos que se reproduzcan, o inconsciente, ya que en muchas ocasiones hacemos que plantas o animales domésticos se crucen entre sí sin tener el objetivo de obtener nuevas generaciones con las mismas características.

El ejemplo más cercano de selección artificial por parte del ser humano se puede observar en las razas de perro que conocemos actualmente. El perro (*Canis lupus* subespecie *familiaris*) no es más que una subespecie del lobo (*Canis lupus*) que ha evolucionado por el proceso de selección artificial debido a la domesticación por parte del ser humano.

El perro es posiblemente el primer animal domesticado por el hombre y, a lo largo de diez mil años de domesticación, hemos llegado a crear hasta 800 razas diferentes, todas ellas a partir de la selección artificial.

La selección artificial, sin embargo, tiene un riesgo, más aún en el caso de las razas de perro. La moda de poseer perros de raza pura hace que los cruces se realicen siempre entre individuos de la misma raza con lo que estamos provocando una deriva génica de forma artificial en la que disminuye la diversidad genética y, por ende, aumentamos el riesgo de que los perros que nacen tengan enfermedades hereditarias por la presencia de genes defectuosos.

### 3.5. Las pruebas de la evolución

Como sabemos, Darwin elaboró su teoría a partir de la observación de las especies en los diferentes ambientes y también a partir del estudio de fósiles. Desde entonces, los diversos científicos que han estudiado la evolución han tenido que encontrar pruebas que justificasen sus teorías.

Las principales pruebas de la evolución con las que contamos actualmente son el registro fósil, la anatomía comparada, los estudios de embriología comparada, los estudios de comparación de ADN y la biogeografía.

### 3.5.1. El registro fósil

El estudio de los fósiles ha permitido conocer las características de especies que dejaron de existir por uno de los siguientes motivos:

- Su hábitat cambió, y como no estaban bien adaptadas al nuevo hábitat, se extinguieron.
- Evolucionaron y dieron lugar a otras especies.

El registro fósil es una importante fuente de información para entender los cambios evolutivos de muchas especies, pero presenta ciertos problemas a la hora de interpretarlos.

- **Registro incompleto:** Como hemos visto en la primera unidad, para que se forme un fósil se tienen que dar unas condiciones muy específicas. Ello supone que no disponemos de fósiles de todas las especies que han existido y, por tanto, hay huecos en la interpretación de la evolución de muchas especies.
- **Dificultad en la datación:** Es muy importante datar un fósil para poder situarlo dentro de la historia evolutiva de una especie, pero no siempre es fácil hacerlo. Históricamente se ha utilizado la datación estratigráfica, basada en los estratos geológicos.

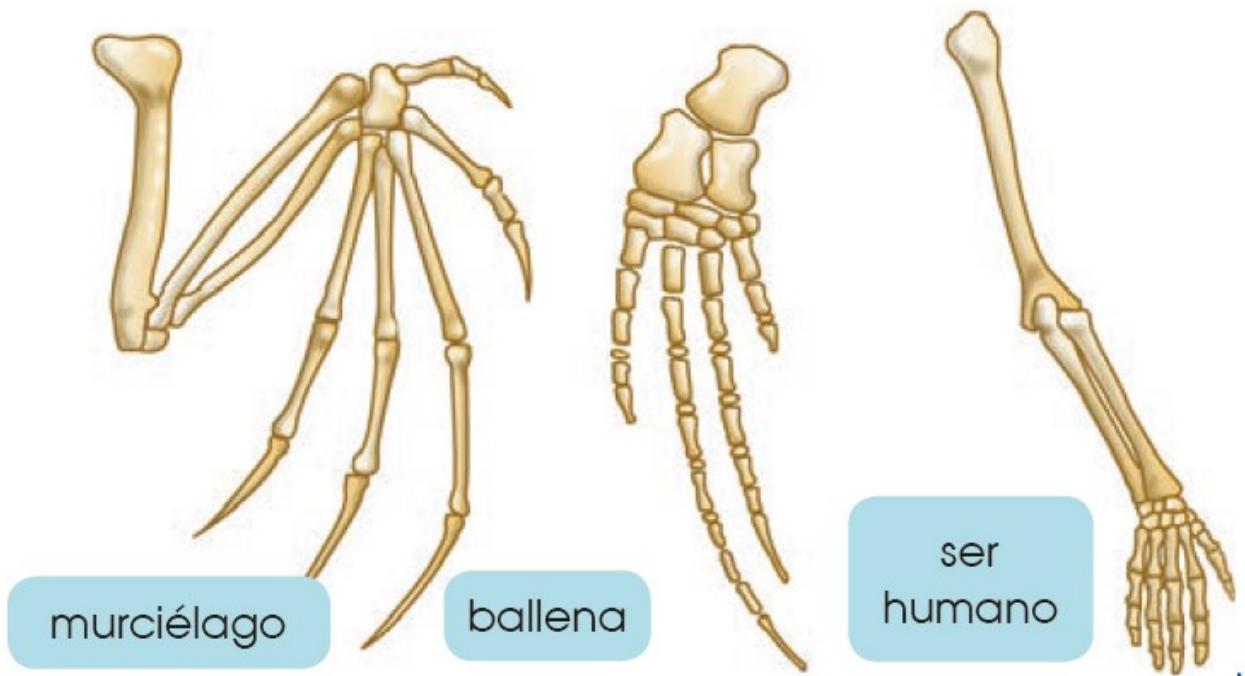
Actualmente, también se utilizan métodos fisicoquímicos, como la datación por carbono 14 ( $^{14}\text{C}$ ), que tiene un límite de datación de 70 000 años, o la datación por potasio 40 ( $^{40}\text{K}$ ), que se utiliza a partir de 100 000 años de antigüedad. El problema se da cuando la datación estratigráfica y la fisicoquímica no coinciden.

- **Tipo de restos fósiles:** Debido a las características del proceso de fosilización, mayoritariamente solo se conservan restos óseos, ya que raramente fosilizan las partes blandas de los organismos.

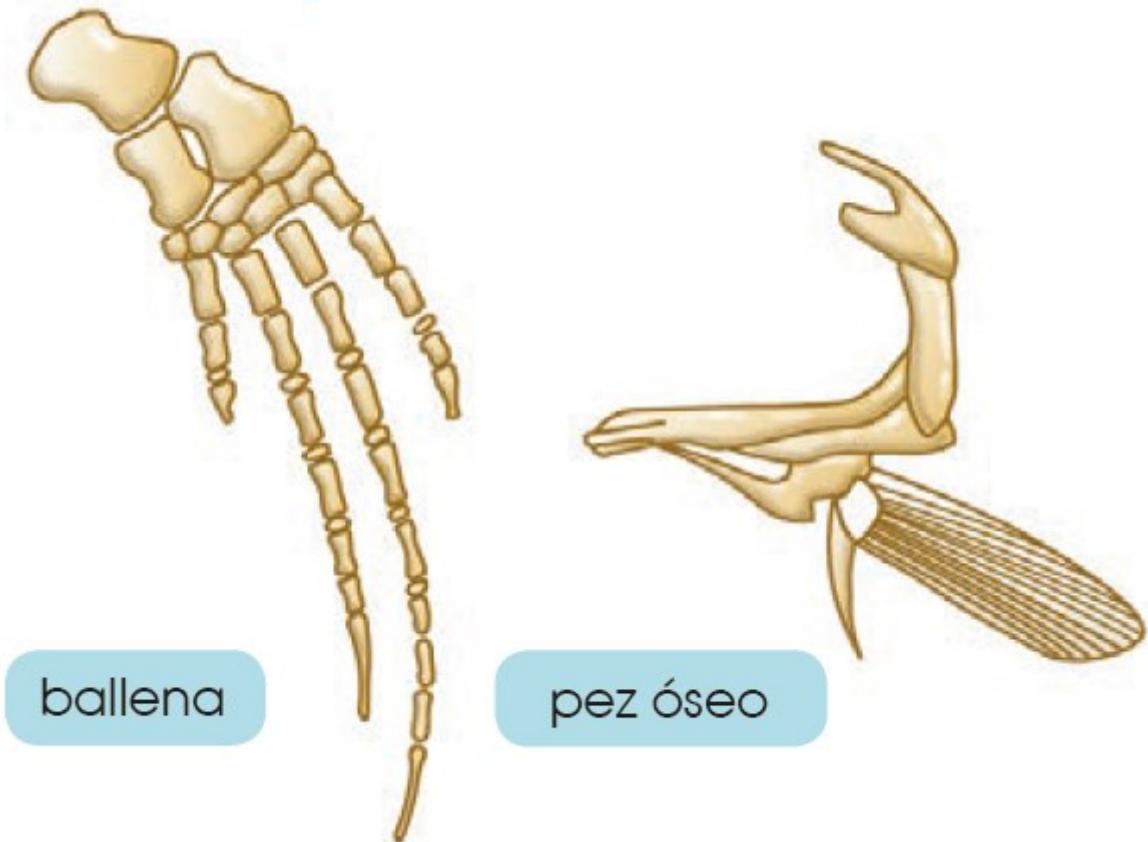
### 3.5.2. La anatomía comparada

La actual diversidad de especies se ha generado por especiaciones sucesivas a partir de los primeros seres vivos. Por tanto, todos los seres vivos actuales estamos «emparentados» en mayor o menor grado. Este hecho se puede demostrar mediante la anatomía comparada, que se encarga del estudio y comparación de órganos de diferentes especies. En anatomía comparada se distinguen tres tipos de órganos:

- **Órganos homólogos:** Son órganos de especies diferentes que presentan la misma estructura pese a ser utilizados para funciones distintas. Esto significa que comparten un antepasado común del cual heredaron la estructura del órgano. Son órganos homólogos las extremidades anteriores del murciélagos, la ballena, el ser humano.

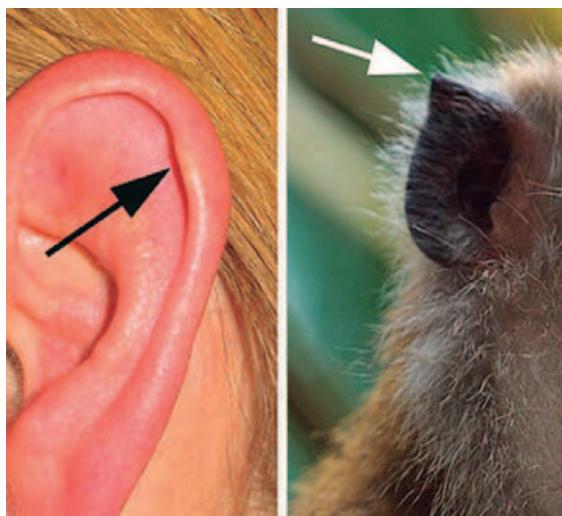


- **Órganos análogos:** Son órganos de especies diferentes que tienen distinta estructura, pero una forma similar, ya que son utilizados para la misma función. Los órganos análogos son una prueba de la adaptación del grupo de especies al medio donde viven. Las aletas de una ballena y un pez óseo son órganos análogos.



- **Órganos vestigiales:** Son estructuras que ya no se utilizan y que, a lo largo de la evolución de una especie, han quedado atrofiadas. Los órganos vestigiales son reminiscencias estructurales de órganos que eran útiles en los antepasados de una especie.

Un ejemplo de órgano vestigial es el tubérculo de Darwin en humanos, reminiscencia de la punta de la oreja que presentaría alguno de nuestros antepasados. En nuestros antepasados dicha punta sería parecida a la de los simios actuales.



### 3.5.3. La embriología comparada

En los animales con reproducción sexual, desde la fecundación hasta el nacimiento del nuevo individuo, el embrión va sufriendo una serie de cambios. La modalidad de la biología que se encarga del estudio de esos cambios es la embriología.

Si comparamos el desarrollo de los embriones de diferentes especies de vertebrados, observaremos que en los primeros estadios los embriones son casi idénticos entre sí. Las diferencias se van acentuando según avanza el desarrollo embrionario.

Cuanto más tiempo tarden en diferenciarse los embriones de dos especies, más próximas evolutivamente estarán estas dos especies. Observemos el desarrollo embrionario de varias especies: un pez, un ave y dos mamíferos (el ser humano y el chimpancé).

#### **Comparación: Desarrollo embrionario de un pez, un ave, un chimpancé y un ser humano.**

En los primeros estadios, los cuatro embriones son casi iguales. Se puede observar que incluso los embriones de especies con respiración pulmonar presentan branquias.

Las branquias han desaparecido y el embrión de pez y el de ave se distinguen perfectamente de los de mamífero.

El embrión de chimpancé y el humano siguen siendo iguales. Hasta el final del desarrollo embrionario no se aprecian las diferencias entre chimpancé y ser humano.

De ello podemos deducir que las especies ser humano y chimpancé estarán próximas evolutivamente.

### 3.5.4. La comparación del ADN

La información genética de todos los seres vivos está contenida en su ADN. Todos ellos comparten el mismo código genético y solo se diferencian por el número y el tipo de genes. Estas diferencias son debidas a que las especies van acumulando mutaciones como resultado del proceso evolutivo. Por tanto, dos especies se diferenciarán entre sí por el número y el tipo de mutaciones que han ido acumulando.

Las técnicas de ingeniería genética actuales permiten el análisis y secuenciación del ADN. Cuando se dispone de esta información, se puede comparar el material genético entre distintas especies. Así, dos especies evolutivamente cercanas presentarán menos diferencias en sus respectivas secuencias.

### 3.5.5. La biogeografía

Parte de la biología estudia la distribución geográfica de las diferentes especies.

Frecuentemente, se han estudiado grupos de especies muy parecidas que viven en entornos cercanos, pero aislados entre sí. De su estudio se puede deducir que las diferencias entre estas especies son fruto de las sucesivas adaptaciones que los individuos han ido haciendo a los nuevos hábitats a partir de una única especie antecesora.

La biogeografía, como prueba de la evolución, ya la utilizó Darwin. En su viaje a bordo del Beagle estudió la distribución de las diferentes especies de pájaros pinzones (*Geospiza sp.*) de las islas Galápagos. De esta distribución dedujo que los cambios evolutivos se pudieron suceder como resultado de la adaptación a cada nuevo ambiente.

## 3.6. La evolución humana

El ser humano actual pertenece a la especie *Homo sapiens* y forma parte del gran grupo de los primates. De todos ellos, los más cercanos al ser humano son: el orangután (*Pongo sp.*), el gorila (*Gorilla sp.*) y el chimpancé (*Pan sp.*), ya que compartimos un antepasado común y una serie de características:

- Capacidad craneal elevada en comparación con su tamaño.

- Visión en tres dimensiones. Gran importancia de la visión comparados con otros mamíferos en los que predomina el sentido del olfato.
- Dedos pulgares oponibles en las cuatro extremidades. El ser humano ha perdido esta capacidad en los pulgares de los pies.
- Tendencia al bipedismo; solo es completo en el ser humano.
- Estructura y comportamiento en sociedad complejo.
- Período de cuidado de las crías muy prolongado.
- Ausencia de la cola presente en otros tipos de primates.

La única especie que actualmente existe del género *Homo* es el *Homo sapiens*, a la que se ha llegado después de un proceso evolutivo.

Llamamos hominización al conjunto de cambios que han dado lugar a la aparición del *Homo sapiens*.

### **3.6.1. La hominización**

Entre los cambios evolutivos básicos del proceso de hominización, destacan la adquisición del bipedismo, el aumento de la capacidad craneal y el desarrollo de la cultura. A continuación, vamos a ver en detalle cada uno de ellos.

#### **El bipedismo**

Es la adquisición de la postura erguida sobre las extremidades posteriores. La anatomía comparada entre el ser humano y el chimpancé nos permitirá conocer los cambios y las ventajas que conlleva el bipedismo.

#### **Comparación cimpancé - Ser humano**

---

---

El peso del cuerpo recae en pies y piernas. Ello comporta un menor gasto energético en los desplazamientos.	Manos y brazos quedan libres, posibilitando el transporte de alimentos para compartir con las crías.	La cabeza se sitúa en la parte superior del eje central del cuerpo. Los bípedos pasan a tener un mayor alcance visual y a conocer mejor su entorno.
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Se acortan los dedos de los pies y el pulgar deja de ser oponible.</li> <li>• Las piernas se alargan y dejan de estar flexionadas.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Se alargan los dedos de las manos para facilitar la manipulación.</li> <li>• Se acortan los brazos.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• La unión de la columna al cráneo tiene lugar en la base del cráneo.</li> </ul>

---

### 3.6.2. La capacidad craneal y la cultura

En la actualidad, consideramos relacionadas evolutivamente con el *Homo sapiens* las siguientes especies: ***Australopithecus afarensis***, *Homo habilis*, *Homo erectus*, *Homo antecessor* y *Homo neanderthalensis*. Todas ellas están extinguidas.

El proceso de hominización está asociado a un aumento progresivo de la capacidad craneal. De forma paralela y seguramente relacionado con ella, observamos la aparición y evolución de la cultura en el género *Homo*. Desde un punto de vista biológico, la cultura es el conjunto de prácticas, comportamientos y sus manifestaciones que son transmisibles por aprendizaje y, por tanto, independientes de la genética.

En la siguiente tabla, aparecen las características craneales de estas especies relacionadas evolutivamente con el ser humano, así como las aportaciones culturales más relevantes.

---

Especie.	Características generales.	Aportación cultural.
<i>Australopithecus afarensis</i>	Antigüedad: De 4 a 2,5 millones de años. Capacidad craneal: 450 cm <sup>3</sup> . Cara: Grande en comparación al cráneo y proyectada hacia delante.	

---

Especie.	Características generales.	Aportación cultural.
<i>Homo habilis</i>	<p>Antigüedad: De 2,5 a 1,6 millones de años.</p> <p>Capacidad craneal: 645 cm3.</p> <p>Cara: Más pequeña respecto al cráneo y menos proyectada hacia delante.</p>	Fabrica utensilios sencillos.
<i>Homo erectus</i>	<p>Antigüedad: de 1,8 millones a 300 000 años.</p> <p>Capacidad craneal: 1000 cm3.</p> <p>Cara: Proyectada hacia delante y con prominentes arcos sobre los ojos.</p>	Cierta organización social Posible práctica de ritos funerarios Domina el fuego.
<i>Homo antecessor</i>	<p>Antigüedad: De 1 millón a 500 000 años.</p> <p>Capacidad craneal: 1000 cm3.</p> <p>Cara: Similar al Homo erectus pero con mandíbula más prominente.</p>	Utensilios de piedra pulida. Práctica de ritos funerarios.
<i>Homo neanderthalensis</i>	<p>Antigüedad: De 250 000 a 30 000 años.</p> <p>Capacidad craneal: 1550 cm3 (pero la corteza cerebral está menos desarrollada).</p> <p>Cara: Vertical con arcos sobre los ojos de menor grosor.</p>	Decora con pinturas rupestres.
<i>Homo sapiens</i>	<p>Antigüedad: Desde hace unos 160 000 años.</p> <p>Capacidad craneal: 1400 cm3.</p> <p>Cara: Vertical con arcos sobre los ojos muy delgados.</p>	Desarrollo del lenguaje. Evolución cultural compleja que va desde los primeros Homo sapiens nómadas a la organización actual.

### **3.6.3. El origen del ser humano actual**

Todos los seres humanos actuales descendemos de una primera población ancestral de *Homo sapiens* que apareció en la Tierra hace aproximadamente 160 000 años. La datación del registro fósil indica que durante miles de años los *Homo sapiens* convivieron con otras especies de *Homo*, como el *Homo neanderthalensis*.

Este esquema representa la evolución humana y la expansión del *Homo sapiens* según las últimas teorías aceptadas por la mayor parte de la comunidad científica. Estas teorías combinan los datos que proporciona el registro fósil con los últimos estudios de comparación del ADN.

1. El *Australopithecus afarensis* y el *Homo habilis* son los antepasados del *Homo erectus*.
2. Una parte de la población de *Homo erectus* lleva a cabo una migración fuera de África. Esta población evolucionará a *Homo antecessor* y este será el ancestro del *Homo neanderthalensis*. Este punto es controvertido, ya que algunos científicos consideran que el *Homo antecessor* es únicamente una variedad de *Homo erectus*.
3. El *Homo sapiens* tiene su origen en África. Desde allí, y después de diversas migraciones, se extiende por todo el mundo desplazando a otras especies del género *Homo* con las que coexistió.

Los caracteres que se analizan para conocer la variabilidad humana se basan, principalmente, en el análisis de proteínas y en la comparación de secuencias de ADN, y su finalidad es reconstruir el proceso evolutivo experimentado por la humanidad.

Todos los seres humanos pertenecemos a la subespecie conocida como *Homo sapiens sapiens*. La variabilidad que caracteriza actualmente a las distintas poblaciones humanas es consecuencia de la adaptación de nuestra especie a los diferentes ambientes de nuestro planeta.

Las características biológicas de nuestra especie se han mantenido prácticamente invariables desde hace 40 000 años; pero se ha producido una evolución muy importante que muchos especialistas denominan evolución cultural, determinada por la capacidad de aprender. El aprendizaje se realiza a partir de la información no genética (artística, científica, histórica, técnica...) que el ser humano recibe, tanto verticalmente de las generaciones que le precedieron como horizontalmente de sus contemporáneos, y de sus propias aportaciones. Este proceso ha modificado enormemente, sobre todo en las últimas décadas, el modo de vida de numerosas poblaciones humanas.

El futuro de la evolución humana es difícil de predecir, dado que la evolución cultural se produce a una velocidad muy superior a la de la evolución biológica. Además, hay que tener en cuenta que, a pesar de los grandes logros, existen dos graves problemas por resolver:

- El bienestar que proporciona el progreso no es accesible a todos los seres humanos.
- Las consecuencias del progreso, a menudo, influyen negativamente en el resto de los seres vivos y en el conjunto del planeta.

Nuestro objetivo, como seres conscientes de nuestra capacidad de evolucionar, debe ser conseguir una vida digna para todas las personas, en armonía con el medioambiente y con el resto de los seres vivos.

### **El color de la piel humana**

Aunque todos los seres humanos pertenecemos a la misma especie, presentamos una gran diversidad fisonómica. El color de la piel es una de las características que más contribuye a la percepción de esta diversidad.

La diferente tonalidad de la piel es debida a la concentración variable de un pigmento, la melanina, que se sintetiza en unas células denominadas melanocitos.

Este pigmento es el responsable, no solo del color de la piel, sino también del color del cabello y del iris de los ojos. La distribución mundial del color de la piel se ha originado para regular los efectos de la radiación ultravioleta (UV).

Así, en aquellas zonas donde la radiación solar es muy intensa, la selección natural habría favorecido a aquellos individuos que presentaban genes que les conferían una pigmentación más oscura. De este modo se evitó, no solo la acción cancerígena de los UV, sino también la destrucción del ácido fólico, indispensable para el correcto desarrollo neurológico en el embrión. Del mismo modo, la escasez de rayos UV habría inducido una despigmentación generalizada para permitir que la exigua radiación solar pudiera penetrar y contribuir a la síntesis de vitamina D, esencial para la fijación de calcio en los huesos y dientes.

Según investigaciones recientes, la diferencia en la pigmentación humana depende de solo 4 o 5 genes (en nuestro genoma tenemos unos 35 000 genes).



## 4. Clasificación de los seres vivos



La vida en nuestro planeta se manifiesta en una asombrosa variedad de formas y estructuras. Esta diversidad es el resultado de distintos tipos de organización celular, así como de la especialización en tejidos, órganos y sistemas que presentan los seres vivos.

Ante esta enorme diversidad, surge la necesidad de desarrollar herramientas que nos permitan entender y comunicar de manera efectiva sobre los seres vivos. Aquí es donde aparecen dos conceptos clave. En primer lugar, se requiere un sistema de nomenclatura internacional, que nos permita identificar y referirnos a cada organismo de manera precisa. Este sistema ayuda a evitar confusiones y asegura que, sin importar nuestro idioma, todos podamos hablar sobre las mismas cosas.

En segundo lugar, la clasificación se convierte en una herramienta esencial. Clasificar a los seres vivos según sus similitudes facilita enormemente el estudio de la vida en todas sus formas. Gracias a esta clasificación, podemos identificar patrones, comprender relaciones evolutivas y explorar las maravillas de la biodiversidad.

Tanto la nomenclatura como la clasificación son las herramientas que nos permiten explorar y entender el fascinante mundo de la vida en la Tierra.

## 4.1. Nomenclatura de los seres vivos

En 1735, el naturalista sueco Carlos Linneo introdujo un [sistema de nomenclatura](#) destinado a identificar y clasificar las especies. Este método, conocido como sistema binomial, implica el uso de dos nombres: uno para el género y otro para la especie y es el sistema que utilizamos en la actualidad.

Tal y como propuso Linneo, el nombre que recibe cada especie lo conocemos como *nombre científico* y consta, de dos partes: el nombre genérico y el epíteto específico. A los nombres científicos debemos escribirlos siempre en cursiva (solo cuando no sea posible usar la cursiva escribiremos con subrayado). A la inicial del nombre genérico la escribimos siempre con mayúscula, mientras que al epíteto específico lo escribimos con minúscula. Por ejemplo, el nombre científico del puma es *Puma concolor* y el del cóndor es *Vultur gryphus*. Junto al nombre científico se suele agregar una abreviatura que corresponde al autor que describió por primera vez el taxón, por ejemplo *Culcitium canescens* HUMB. & BONPL., planta descubierta por Alexander von Humboldt y Aimé Bonpland en 1808.

Los nombres científicos de los taxones que se encuentran en categorías taxonómicas superiores a la especie son uninominales, es decir están compuestos por una sola palabra. No se suelen utilizar cursivas para familias ni rangos superiores.

Al nombre genérico lo podemos utilizar por sí solo, esto cuando hacemos referencia al colectivo de especies que pertenecen al mismo género. Por ejemplo, tanto el caballo como la

cebra pertenecen al género *Equus*. Sin embargo, el epíteto específico no puede ser utilizado sin el nombre genérico. De hecho, existen especies que tienen el mismo epíteto específico y no tienen ningún parentesco como *Atelopus ignescens*, el jambato negro, anfibio emblemático de los Andes ecuatorianos; y *Megachile ignescens*, una abeja cortadora de hojas nativa de Australia. Al epíteto específico lo solemos utilizar para indicar alguna característica de la especie; en este caso, *ignescens* que significa “llamear”, por el color rojo naranja del abdomen. Otro ejemplo es el epíteto “*sativa*” que se utiliza comúnmente en nombres científicos de plantas para indicar que la especie ha sido domesticada y se cultiva de forma regular como la lechuga (*Lactuca sativa*), la alfalfa (*Medicago sativa*) o la avena (*Avena sativa*).

La primera vez que escribimos el nombre científico de una especie, debemos escribirlo completo, pero si repetimos el nombre en el mismo contexto y no puede haber lugar a equivocación, podemos acortar el nombre indicando únicamente la inicial del nombre genérico. Esto simplifica la escritura sin perder la identificación única de la especie en cuestión. Por ejemplo: el oso de anteojos, *Tremarctos ornatus*, es la única especie de oso presente en Sudamérica; en Ecuador habita en bosques nublados y páramos. El número cromosómico de *T. ornatus* es de 52, mientras que los osos de las subfamilias Ailuripodidae y Ursinae poseen 42 y 74 cromosomas respectivamente.

En algunas ocasiones, una misma especie puede estar formada por poblaciones muy similares genéticamente, pero con alguna diferencia. En este caso, hablamos de subespecies. Por ejemplo, los frailejones, *Espeletia pycnophylla* que consta de cinco subespecies, de las cuales en Ecuador destacan: *Espeletia pycnophylla* subespecie *angelensis*, presente en el páramo de El Ángel y, *Espeletia pycnophylla* subespecie *llanaganatensis*, del páramo de los Llanganates.

La abreviatura “sp.” significa “especie”, se utiliza cuando no estamos seguros de la especie concreta o cuando se habla en términos generales sobre el taxón. Por ejemplo, si se menciona *Geranium* sp. se está haciendo referencia una especie no determinada del género *Geranium*. En tanto que la sigla “spp.” es plural, significa “especies” y se utiliza cuando se hace referencia a varias especies del mismo género, por ejemplo: *Bombus* spp. se refiere a varias especies de abejorros del género *Bombus*.

Las abreviaturas “cf.” (compara con), y “aff.” (afín) se utilizan para indicar que la identificación de la especie no está completamente segura, pero hay similitudes o afinidades con la especie mencionada. Por ejemplo, *Lobelia* cf. *tenera* se refiere a una planta del género *Lobelia* que se asemeja a la especie *tenera*, pero con cierta duda sobre su identificación exacta.

La abreviatura “sp. nov.”, del latín “species nova”, se utiliza para indicar que la especie es nueva y está siendo descrita por primera vez en la literatura científica. Por ejemplo, esta expresión se utiliza en el artículo donde se describe una nueva especie de anfibio, descubierta en 2024 en Ecuador: *Rhinella bella* sp. nov.

El sistema binomial de nomenclatura científica permite, además de identificar a cada especie con un mismo nombre en todo el mundo, ayudar a la clasificación en distintos grupos o categorías conocidos como taxones. De esta forma, un grupo de individuos de géneros similares pueden agruparse dentro de la misma familia, e individuos de familias similares dentro del mismo orden. Siguiendo este patrón, se encuentran los taxones de clase, filo, reino y dominio.

En la actualidad, los científicos emplean diversas técnicas y recursos en sus investigaciones, que van desde la inspección visual del material hasta el análisis del material genético. El objetivo es construir clasificaciones que reflejen fielmente los parentescos entre las especies y reproducir su evolución. Este proceso se conoce como estudio filogenético.

#### **4.1.1. Problemas taxonómicos**

El nombre científico de una misma especie puede sufrir modificaciones como parte del proceso de desarrollo en la taxonomía y la clasificación biológica. Algunas razones comunes para cambios en el nombre científico incluyen:

**Reevaluación taxonómica:** A medida que avanzan las investigaciones y se obtienen nuevas evidencias, especialmente a través de técnicas modernas como el análisis genético, los científicos pueden reevaluar las relaciones entre especies y géneros, lo que podría llevar a cambios en la clasificación.

**Lectotipificación y tipificación:** La selección de un tipo (lectotipo) para una especie es una parte crucial de la nomenclatura. Diferentes investigadores pueden interpretar los materiales de tipo de manera diferente, lo que lleva a la designación de diferentes tipos y, por lo tanto, a cambios en el nombre.

**Sinonimia y cambios de género:** La revisión de géneros y la reubicación de especies en nuevos géneros pueden resultar en cambios en la nomenclatura.

**Correcciones de errores:** Se pueden realizar correcciones en la nomenclatura para rectificar errores o malentendidos previos en la identificación de especies.

##### **4.1.1.1. Ejemplos de cambios taxonómicos**

*Werneria* es un género de plantas típicas del ecosistema páramo. En 1818, Kunth describió el género *Werneria* sensu lato (en el sentido amplio), incluyendo seis especies que ahora se consideran pertenecientes a dos géneros separados. En la descripción original, Kunth no designó un tipo (especimen o ilustración) para el género. La descripción genérica abarcó los caracteres de todas las especies descritas, lo que generó ambigüedad en la aplicación del nombre del género.

En 1997 Vicki Funk, una botánica estadounidense, lectotipificó el género *Werneria* sensu stricto (en el sentido estricto) con *Werneria nubignea*, es decir estableció esta especie como típica del género. La lectotipificación es un procedimiento en nomenclatura botánica que implica la designación de un tipo para un taxón cuando la designación original del tipo es insuficiente o ambigua. El tipo es una colección o ilustración de una planta que se elige como representante del nombre de un taxón, y esta designación es crucial para establecer la aplicación correcta del nombre.

Funk también separó especímenes distintos del resto del grupo. Estos especímenes excluidos los ubicó en un género al que llamó *Xenophyllum*. Para el tipo de *Xenophyllum* usó *Xenophyllum dactylophyllum*.

Pero, en un estudio en 2022 se descubrió que antes de la revisión de Funk en 1997, Rockhausen ya había lectotipificado *Werneria* en 1939, seleccionando *Werneria rigida* como la especie tipo. Esta publicación probablemente no fue revisada al cambiar la ubicación del tipo, de *Werneria rigida*, a *Xenophyllum rigidum*, creando un sinónimo genérico innecesario. En consecuencia, para términos nomenclaturales, todas las especies que Funk reconoció y clasificó dentro de *Xenophyllum* deberían considerarse, en realidad, como pertenecientes al género *Werneria*.

Entonces, ¿qué ocurre con las especies que Funk designó como *Werneria*? Es decir, aquellas que no excluyó a *Xenophyllum*. Para resolver este problema se creó el nuevo género *Rockhausenia* en honor a Rockhausen.

Como resultado, lo que anteriormente se conocía como *Xenophyllum rigidum* fué reclasificado como *Werneria rigida*, mientras que lo que solía denominarse *Werneria nubigena* ahora se identifica como *Rockhausenia nubigena*. De esta manera se reclasificaron el resto de especies.



Las expresiones “sensu lato” y “sensu stricto” son utilizadas para indicar diferentes alcances en la aplicación de un nombre taxonómico. “Sensu lato” se traduce como “en el sentido amplio”, y en el ejemplo es utilizado para indicar que el género es polifilético, es decir agrupa de manera artificial más de un linaje. En contraste, “sensu stricto” se traduce como “en el sentido estricto”, indicando que se hace referencia al mismo linaje.

En otra investigación, también de 2022, se determinaron cambios taxonómicos que implican al grupo de plantas conocido como *Monechma*, en el África subsahariana. El estudio,

basado en evidencia filogenética molecular, reveló que *Monechma* sensu lato, era polifilético, dividiéndose en dos linajes distintos, por lo que se propuso reconocer estos grupos como géneros separados.

El lectotipo de *Monechma*, *M. bracteatum*, resultó formar parte de un pequeño linaje de plantas estrechamente relacionadas al género *Justicia* y su nombre válido más antiguo es *Meiosperma*. Como resultado, *Monechma* se sinonimiza dentro de *Meiosperma*.

La mayoría de las especies previamente clasificadas en *Monechma* sensu lato, se encuentran en el segundo linaje, que se reconoce como el género resucitado *Pogonospermum*.

Estos son solo dos de los tantos problemas taxonómicos que pueden presentarse en la nomenclatura científica.

## 4.2. Los dominios y reinos de los seres vivos

Según la clasificación más usada en la actualidad, el taxón más amplio es el de dominio. Tal como propuso Carl Woese a partir de la secuenciación de A R N, distinguimos tres grandes dominios: *Bacteria*, *Archaea* y *Eukarya*. Los dos primeros corresponden a organismos procariotas y el último a eucariotas. La categorización taxonómica por reinos no se emplea en la clasificación de procariotas (*Archaea* y *Bacteria*), donde solo se utiliza la agrupación en dominios. En consecuencia, en la actualidad, el sistema de reinos se limita a los organismos eucariotas, divididos en cinco reinos animales (Reino Animalia), plantas (Reino Plantae), hongos (Reino Fungi), protozoos (Reino Protozoa) y algas (Reino Chromista).

A continuación, revisaremos las características principales de los dos dominios y los cinco reinos.

## 4.3. Bacteria y Archaea

Los dominios *Bacteria* y *Archaea* representan dos de los tres principales dominios de la vida, junto con el dominio *Eukarya*. Cada uno de estos dominios engloba formas de vida con características únicas, contribuyendo así a la diversidad biológica en nuestro planeta.

### Diferencias entre *Archaea* y *Bacteria*:

- *Pared Celular*: Mientras que las bacterias contienen peptidoglicano en sus paredes celulares, las archaeas carecen de este componente y, en su lugar, pueden tener pseudopeptidoglicano o ninguna capa de este tipo.
- *Membrana Celular*: Las archaeas tienen una composición única de lípidos en sus membranas celulares, diferente de la de las bacterias.

- *Entornos de Vida*: Aunque ambas pueden ser extremófilas, las archaeas son conocidas por habitar entornos más extremos, como fuentes termales, manantiales salinos y áreas con condiciones extremas de pH.
- *Metabolismo*: Las archaeas pueden utilizar una variedad de fuentes de energía, incluyendo la producción de metano, mientras que las bacterias muestran una gama más amplia de modos metabólicos.
- *Estructura Genómica*: A nivel genómico, las archaeas también difieren de las bacterias en términos de la secuencia del ARN ribosómico y otros elementos genéticos.

Característica	Archaea.	Bacteria.
<b>Pared Celular.</b>	Sin peptidoglicano, pseudopeptidoglicano o capa delgada de peptidoglicano.	Contiene peptidoglicano.
<b>Membrana Celular.</b>	Lípidos únicos en membrana celular.	Composición lipídica diferente.
<b>Entornos de Vida.</b>	Pueden habitar ambientes extremos como fuentes termales, ambientes salinos, etc.	Diversos hábitats, algunos extremófilos pero no tan especializados.
<b>Metabolismo</b>	Variedad de fuentes de energía, incluyendo la producción de metano.	Amplia gama de modos metabólicos.
<b>Producción de Metano.</b>	Algunas pueden producir metano como subproducto metabólico.	Generalmente no producen metano.
<b>Fuentes de Energía.</b>	Diversas, pueden ser quimioautótrofas, fotoheterótrofas, etc.	Variadas, incluyendo quimioautótrofas, fotoautótrofas y heterótrofas.
<b>Ambientes Extremos</b>	Adaptadas a condiciones extremas de temperatura, pH, salinidad, etc.	Algunas pueden ser extremófilas, pero no tan especializadas como las archaeas extremófilas.

---

Característica Archaea.

Bacteria.

---

**Estructura** Diferencias en la secuencia del ARN ribosómico y otros elementos genéticos.

Variabilidad genómica.

---

## Archaea

El dominio Archaea engloba a microorganismos unicelulares procariontes que, a pesar de compartir algunas características con las bacterias, exhiben diferencias fundamentales a nivel bioquímico y genético. Estas formas de vida se distinguen por habitar entornos extremos, como aguas termales, fuentes hidrotermales o ambientes salinos, aunque también se encuentran en hábitats más convencionales. A pesar de su aparente afinidad con las bacterias, las archaeas poseen peculiaridades en su maquinaria genética y bioquímica, lo que las coloca en una categoría taxonómica propia.

El origen de las archaeas, al igual que el de otros grupos de organismos, es un tema complejo y aún en estudio. La vida en la Tierra se remonta a miles de millones de años, y la divergencia entre las líneas evolutivas que llevaron a las archaeas, bacterias y eucariotas ocurrió en un período muy antiguo.

Se cree que las archaeas comparten un ancestro común con las bacterias y que su divergencia evolutiva ocurrió hace más de 3.5 mil millones de años. Este período temprano en la historia de la Tierra se conoce como el Arcaico. En ese entorno primitivo, las condiciones eran muy diferentes a las actuales, con una atmósfera rica en gases como metano y amoníaco, y sin oxígeno libre.

El estudio de las archaeas proporciona una visión fascinante de los orígenes de la vida y cómo las formas de vida más simples evolucionaron y se diversificaron a lo largo del tiempo. Sin embargo, debido a la falta de fósiles y registros fósiles de microorganismos, la comprensión exacta de los eventos que llevaron al origen de las archaeas sigue siendo un área activa de investigación en la biología evolutiva.

Las archaeas se han adaptado a condiciones ambientales extremas, lo que les confiere una resistencia única. Algunas de ellas son termófilas, prosperando en altas temperaturas, mientras que otras son halófilas, desarrollándose en ambientes altamente salinos. Además, ciertas archaeas son extremófilas acidófilas o alcalófilas, sobreviviendo en condiciones de pH extremo. Estas adaptaciones hacen que las archaeas desempeñen un papel crucial en la ecología de ecosistemas extremos, contribuyendo al ciclo biogeoquímico y a la diversidad microbiana.

En cuanto a su metabolismo, algunas archaeas son capaces de realizar procesos únicos, como la metanogénesis, en la que producen metano como subproducto. Otras son quimioautótrofas, obteniendo energía de reacciones químicas en lugar de la luz solar, y algunas incluso forman simbiosis con organismos eucariotas.

## Bacteria

Las bacterias son microorganismos omnipresentes en la Tierra, y su historia abarca miles de millones de años. Se cree que las bacterias fueron los primeros organismos en habitar nuestro planeta, emergiendo hace más de 3.500 millones de años. Estos microorganismos desempeñaron un papel crucial en la evolución de la vida al influir en la composición atmosférica y participar en procesos biogeoquímicos fundamentales.

Las bacterias constituyen otro dominio de microorganismos unicelulares procariotes que abarca una sorprendente diversidad de formas y funciones. A diferencia de las archaeas, las bacterias se encuentran en prácticamente todos los hábitats imaginables, desde el suelo hasta los océanos, e incluso dentro de organismos multicelulares como los seres humanos. A pesar de su tamaño microscópico, las bacterias juegan un papel vital en los ecosistemas y en la salud de los organismos más complejos.

Las bacterias se clasifican en una amplia variedad de formas, incluyendo esféricas (cocos), alargadas (bacilos) y螺旋的 (espirilos). Su metabolismo es igualmente diverso, abarcando desde bacterias aerobias que requieren oxígeno hasta bacterias anaerobias que prosperan en ambientes sin oxígeno. Además, las bacterias pueden ser autótrofas, fotosintéticas o quimioautótrofas, así como heterótrofas, obteniendo carbono orgánico de su entorno.

Algunas bacterias son beneficiosas, desempeñando funciones clave en la descomposición de materia orgánica, la fijación de nitrógeno y la producción de alimentos. Sin embargo, también existen bacterias patógenas que pueden causar enfermedades en plantas, animales y humanos. La capacidad de las bacterias para adaptarse rápidamente a su entorno ha contribuido a su éxito evolutivo y a su presencia ubicua en la biosfera.

Una clasificación en desuso son los moneras o procariotes, conocidos habitualmente como bacterias. Este antiguo reino incluía a todos los organismos formados por células procariotas. Todos ellos organismos unicelulares y microscópicos.

El tamaño promedio de estos organismos es de entre 1 y 30  $\mu\text{m}$  (micrómetro o micra) y tienen una gran diversidad de formas, entre las que destacan los cocos (esferas), cocobacilos (óvalos), bacilos (cilindros), espirilos (espirales) o vibrios (forma de coma).

De igual manera que existe una gran diversidad morfológica, las bacterias presentan una enorme diversidad metabólica y son capaces de obtener energía de diversas maneras posibles. Existen tanto bacterias autótrofas como heterótrofas en función de la obtención

del carbono, así como bacterias fotótrofas o quimiótrofas en función de la obtención de la energía.

Dentro de este reino, existen especies de gran importancia para el ser humano, en vista de que pueden ser patógenos que nos afecten de forma negativa, pero también pueden habitar habitualmente en nuestro cuerpo y crear una simbiosis con el ser humano con la cual salimos beneficiados.

Las especies de bacterias más importantes son las siguientes:

- ***Escherichia coli***: Forma parte de la flora intestinal de mamíferos. Es capaz de sintetizar algunas vitaminas para uso del hospedador por lo que es muy importante en la nutrición.
- ***Helicobacter pylori***: Infectan células de la mucosa intestinal en mamíferos por lo que son capaces de provocar úlceras.
- ***Rhizobium leguminosarum***: Muestra una relación simbiótica en las raíces de algunas plantas a las que ayuda a fijar nitrógeno.
- ***Anabaena variabilis***: Establecen relaciones de simbiosis con plantas y hongos a quienes ayuda a fijar nitrógeno.
- ***Mycobacterium tuberculosis***: Provocan la enfermedad de la tuberculosis en el ser humano.
- ***Treponema pallidum***: Causa la sífilis en el ser humano.
- ***Chlamydia pneumoniae***: Es una bacteria que actúa como parásito obligatorio tanto en mamíferos como en aves. Puede llegar a provocar bronquitis y neumonías.
- ***Thermotoga marítima***: Habitán fuentes hidrotermales y soportan temperaturas de hasta 80 grados centígrados.

## 4.4. Protoctista

El reino de los protoctistas (o protistas) es un grupo muy heterogéneo y con mucha diversidad de organismos. En realidad, dentro de los protistas clasificamos a todos los organismos eucariotas que no son animales, plantas ni hongos; y por este motivo aparece esa heterogeneidad. De una forma simplificada, podemos decir que los protoctistas son algas, protozoos y mohos mucilaginosos.

Todos los protoctistas son eucariotas y pueden ser tanto unicelulares como pluricelulares, aunque no llegan a formar tejidos. Por lo general, son microscópicos. La mayoría de los

protistas son acuáticos y, los que no lo son, viven asociados a hábitats terrestres húmedos o habitan el medio interno de otros organismos y dan origen a fenómenos de endosimbiosis. En cuanto a su metabolismo, los protistas también son muy heterogéneos y encontramos tanto organismos autótrofos como heterótrofos.

#### 4.4.1. Algas

Las algas son protistas fotosintéticos que viven en un medio acuático. Pueden ser unicelulares y pluricelulares, pero no forman tejidos verdaderos ni haces vasculares.

Estos organismos son de gran importancia, puesto que muchas de estas algas habitan cerca de la superficie del océano y forman el fitoplancton. Estos organismos generan casi el 100 % de la producción primaria en los sistemas oceánicos y el 40 % de la producción primaria en todo el planeta, y liberan una gran cantidad de oxígeno a la atmósfera.

A las algas las solemos clasificar en función de su pigmentación, la que provoca que tengan colores diferentes. Las más representativas son:

- **Clorophyta:** Algas verdes. Poseen cloroplastos y posiblemente fueron los organismos a partir de los cuales evolucionaron las plantas terrestres. En algunas ocasiones, las clasificamos dentro del reino Plantae. La mayoría son acuáticas y habitan tanto en océanos como en aguas continentales, aunque algunas pueden asociarse simbióticamente con hongos y dar lugar a líquenes que viven sobre rocas o troncos de árboles. Los géneros más representativos son *Chlamydomonas*, *Volvox* y *Ulva*.
- **Rhodophyta:** Algas rojas. Poseen varios pigmentos, entre ellos carotenoides, que les otorgan el color rojo. Prácticamente, todas son marinas y algunas son muy importantes, ya que las utilizamos como alimento o aditivos alimenticios como el agar. Las más representativas y usadas en alimentación pertenecen a los géneros *Palmaria* y *Porphrya*.
- **Phaeophyta:** Algas pardas. Viven en mares templados y costas frías, y pueden llegar a formar grandes «bosques oceánicos». El género más representativo es *Nereocystis* que puede alcanzar hasta 100 metros de longitud.
- **Diatomeas:** Forman parte del fitoplancton. Son unicelulares y en ocasiones forman colonias. Están protegidas por una pared de sílice que tiene un gran interés comercial, ya que se usa en agricultura para fertilizar la tierra.
- **Dinoflagelados:** Junto con las diatomeas son los organismos más importantes del fitoplancton. Igualmente son unicelulares y pueden formar colonias, pero se diferencian de las diatomeas en que los dinoflagelados presentan flagelos. El género más importante es *Ceratium*.

#### **4.4.2. Los protozoos**

Los protozoos son organismos unicelulares, microscópicos y heterótrofos. Los consideramos los predecesores evolutivos de los animales. Los clasificamos en función de su movilidad que da origen a los siguientes grupos:

- **Rizópodos:** Son las amebas y se desplazan mediante pseudópodos.
- **Ciliados:** Se desplazan gracias a cilios. Los paramecios (género *Paramecium*) son los más representativos de este grupo.
- **Flagelados:** También los conocemos como mastigóforos y poseen uno o más flagelos.
- **Esporozoos:** No presentan apenas movilidad y son parásitos. El más reconocido es el género *Plasmodium* que provoca la enfermedad de la malaria.

#### **4.4.3. Mohos mucilaginosos**

Presentan similitudes con los hongos. Suelen formar agregados multicelulares y se caracterizan por ser saprobios, es decir, se alimentan de materia orgánica muerta actuando como descomponedores. Algunos mohos de este grupo pueden provocar plagas que afectan a cosechas, como la papa o la vid.

### **4.5. Fungi**

El reino fungi, conocido habitualmente como hongos, se diferencia del resto de los reinos en que sus células poseen paredes celulares compuestas por quitina, lo que las diferencia de cualquier otro tipo de célula. En este reino se incluyen las levaduras y hongos, algunos de los cuales dan lugar a setas o callampas.

Todos los hongos son eucariotas y se reproducen por esporas. Algunos de ellos son unicelulares, pero la gran mayoría forman una estructura pluricelular y unos filamentos denominados hifas. Las hifas se agregan entre sí para dar lugar al micelio, que constituye el cuerpo del hongo. Algunas especies componen, además, un cuerpo fructífero que tiene función reproductora y al que conocemos habitualmente como seta o callampa.

Todos los hongos son organismos heterótrofos, generalmente saprobios, en vista de que se alimentan de materia orgánica muerta a la cual descomponen. Por este motivo los conocemos generalmente como organismos descomponedores. Algunos hongos presentan relaciones simbióticas con algas, esto da lugar a líquenes.

Los hongos tienen una enorme importancia, puesto que a muchos de ellos los usamos como alimentos o medicina, pero muchos otros pueden ser parásitos o venenosos y generan enfermedades.

La clasificación actual de los hongos diferencia los siguientes grupos:

- **Chytridiomycota:** Son los hongos más primitivos. La mayoría son acuáticos y viven asociados a plantas e insectos. Son de muy pequeño tamaño, incluso algunos de ellos son unicelulares. Pueden infectar plantas y anfibios, y generar enfermedades graves.
- **Zygomycota:** Son un grupo de hongos conocidos habitualmente como moho del pan y de la fruta. La especie más representativa es *Rhizopus nigricans*, que crece en algunos alimentos en putrefacción.
- **Glomeromycota:** En este grupo, clasificamos hongos que obligatoriamente deben presentar una relación simbiótica con plantas terrestres, ya que no pueden sobrevivir en solitario. Viven en el interior de las raíces de algunas plantas y forman micorrizas, gracias a las cuales tanto hongo como planta reciben un beneficio nutritivo.
- **Basidiomycota:** Son los clásicos hongos con sombrero, conocidos habitualmente como setas o callampas. Esta seta no es más que el cuerpo fructífero del hongo, es decir, el lugar donde se producen las esporas para la reproducción. Estas setas pueden ser comestibles, pero en muchas ocasiones son venenosas. Las especies más importantes son las *Boletus edulis*, muy cotizadas en alimentación, *Amanita muscaria*, que tiene efectos neurotóxicos y alucinógenos, *Amanita phalloides*, muy venenosa, puede llegar a ser mortal para los humanos, o *Agaricus bisporus*, conocido comúnmente como champiñón o portobello, de gran importancia en la industria alimenticia.
- **Ascomycota:** Son un grupo muy amplio y variado de hongos. En ellos se incluyen las levaduras de enorme importancia, ya que producen la fermentación necesaria para crear ciertos alimentos, como el pan o la cerveza, como *Saccharomyces cerevisiae*. A este grupo también pertenecen hongos con cuerpos fructíferos grandes y de importancia económica como *Tuber melanosporum*, conocido habitualmente como trufa.

Existe un género de hongos que, en algunas ocasiones, han sido incluidos dentro de Ascomycota, pero cuya clasificación no está del todo clara. Es el género *Penicillium*, el cual crece habitualmente en la fruta y el suelo. Lo utilizamos en la producción de algunos tipos de queso, pero su máxima importancia se debe a que es el hongo que produce el antibiótico penicilina (*Penicillium chrysogenum*).

## **4.6. Plantae**

El reino Plantae, conocido generalmente como plantas, incluye a los organismos eucariotas, fotosintéticos, con cloroplastos y cuyas células poseen una pared celular formada por celulosa. Dentro de este reino podemos diferenciar tres grandes grupos: Briófitos (musgos), Pteridófitos (helechos) y Espermatófitos (gimnoespermas y angiospermas).

### **4.6.1. Briófitas**

Los musgos o briófitas son un grupo de plantas no vasculares, es decir, no poseen un sistema vascular o circulatorio que transporte agua y nutrientes por toda la planta. Son relativamente pequeños, por lo general de menos de 20 cm de altura; y forman almohadillas. Seguramente, son descendientes evolutivos directos de las algas verdes y habrían sido los primeros en colonizar el medio terrestre. Sin embargo, necesitan habitar lugares húmedos y con gran cantidad de agua.

Dentro de este grupo, hay diversidad de especies, pero las más comunes son del género *Sphagnum*, que llegan a cubrir el 1 % del total de la superficie terrestre.

### **4.6.2. Pteridófitas**

Los helechos o pteridófitas sí tienen sistema vascular, pero se diferencian de las otras plantas vasculares en que no producen semillas. Viven en zonas húmedas, generalmente en regiones tropicales, aunque pueden encontrarse en hábitats templados e incluso áridos. Algunos pueden llegar a ser epífitas, esto es, crecen sobre otros árboles.

Su tamaño es variable y los hay desde pequeños hasta de gran porte como los helechos arbóreos. Sus hojas están enrolladas cuando son jóvenes y se van desenrollando al crecer. Al no producir semillas, los helechos se reproducen por esporas que se encuentran acumuladas en la parte interior de las hojas en unas estructuras denominadas soros.

Algunos helechos tienen una distribución muy amplia como *Pteridium aquilinum*, y los podemos encontrar en todos los continentes. También, son de gran importancia los helechos arbóreos como los del género *Cyatheales*.

### **4.6.3. Espermatófitas**

Las espermatófitas (también conocidas como fanerógamas) son plantas vasculares que generan semillas; es decir, la mayoría de las plantas que conocemos comúnmente. La semilla es un gran avance evolutivo en las plantas, puesto que estas pueden propagarse a espacios

lejanos y permite a la planta colonizar nuevos hábitats. Además, las semillas permiten que el germen de una planta soporte condiciones inadecuadas durante un largo período hasta que llegue el momento idóneo para germinar y crecer como nuevo individuo. Esto ocurre debido a que tienen cubiertas muy resistentes y en el interior almacenan nutrientes que otorgan energía al embrión de la planta hasta que puede nutrirse por sí misma.

Las plantas espermatófitas se dividen en dos grandes grupos: gimnospermas y angiospermas. Las gimnospermas son aquellas que tienen la semilla desnuda mientras que las angiospermas tienen la semilla protegida.

Las espermatófitas poseen flores que actúan como sistema reproductor de la planta. En ellas se originan gametos que pueden ser óvulos (gameto femenino) o polen (gameto masculino). El polen de una flor masculina puede propagarse y llegar hasta una flor femenina en la cual fecundará al óvulo en un proceso conocido como polinización. De esta forma, se genera una semilla que puede permanecer mucho tiempo en latencia hasta que germina y da lugar a una nueva planta.

#### 4.6.3.1. Gimnospermas

Las gimnospermas son plantas espermatófitas, es decir, que producen semillas, pero estas semillas no están protegidas. Presentan flores diferentes a las de las angiospermas en las que la semilla está expuesta. Todas las gimnospermas son leñosas y suelen ser árboles y arbustos. Las dividimos en cuatro grandes grupos de gimnospermas: cícadas, ginkgos, gnetófitas y coníferas.

- **Cícadas:** Plantas ancestrales de las cuales quedan pocos representantes en la actualidad. Tienen troncos bajos y anchos y hojas grandes parecidas a las de las palmeras. El género más representativo es *Cycas*.
- **Ginkgos:** Actualmente, solo existe una especie representante de este grupo de gimnospermas: *Ginkgo biloba*. Recibe su nombre en referencia a su hoja con forma de abanico partido en dos lóbulos. Debido a que es la única especie que sobrevive, la cultivamos mucho y la utilizamos como planta ornamental.
- **Gnetófitas:** Consiste en un grupo muy variable con plantas muy diferentes entre sí. En este grupo existen los géneros *Ephedra*, *Gnetum* y *Welwitschia*.
- **Coníferas:** Forman el grupo más conocido dentro de las gimnospermas. Reciben este nombre en vista de que a sus flores las conocemos como conos. Crecen como grandes árboles o arbustos como los pinos (*Pinus*), abetos (*Abies*), secuoyas (*Sequoia*), alerces (*Larix*), araucarias (*Araucaria*) o enebros (*Juniperus*).

#### **4.6.3.2. Angiospermas**

Las angiospermas son el grupo más amplio y diverso de plantas. Se diferencian de las gimnospermas en que las semillas están protegidas por una estructura conocida como fruto. Sus flores son complejas y normalmente de colores llamativos con el objetivo de atraer insectos para que sean ellos quienes polinicen. Cuando la flor está polinizada, el óvulo fecundado se convierte en semilla y la parte de la flor que lo rodea, conocido como carpelo, se desarrolla y da origen al fruto que protege a la semilla.

Las angiospermas conforman un grupo muy diverso y cuentan con más de 250 000 especies diferentes. Las podemos agrupar en monocotiledóneas y dicotiledóneas, en función de si los embriones tienen una o dos hojas embrionarias (cotiledones).

- **Monocotiledóneas:** Conocidas como clase Liliopsida, son las angiospermas con un solo cotiledón (hoja embrionaria). Además de esta característica, se diferencian por no tener crecimiento de madera secundaria por lo que no llegan a crear un tronco real; y porque sus flores suelen tener pétalos y sépalos en múltiplos de tres. Dentro de este grupo destacan las orquídeas, los lirios, las gramíneas, las yucas o las palmeras. Pueden tener tanto interés ornamental como alimenticio.
- **Dicotiledóneas:** También conocidas como clase Magnoliopsida, son las angiospermas cuyos embriones tienen dos cotiledones. Al contrario de las monocotiledóneas, sí presentan crecimiento secundario formando troncos verdaderos y sus flores presentan pétalos y sépalos en números múltiples de cuatro o cinco. Es el grupo más amplio y diverso en el que encontramos especies muy utilizadas en ornamentación. Un ejemplo son las rosas, mientras que en el área de la alimentación tenemos a las cucurbitáceas (incluyen zapallo o melón) y en la rama de la medicina, tenemos el eucalipto.

## **4.7. Animalia**

El reino Animalia agrupa a todos los animales que se caracterizan por ser organismos eucariotas, heterótrofos y pluricelulares. Se encuentran muy cercanos a los hongos, pero se distinguen de estos en que los animales no tienen pared celular y se nutren por ingestión mientras que los hongos lo hacen por absorción.

El origen de los animales, al igual que el de las plantas, posiblemente se encuentre en el reino protoctista. Mientras que las plantas habrían evolucionado a partir de las algas, los animales habrían hecho lo mismo a partir de los protozoos.

Podemos encontrar una gran diversidad de animales y la división de este grupo es muy amplia, compleja y los dividimos en vertebrados e invertebrados.

#### **4.7.1. Invertebrados**

Son todos aquellos animales que no poseen columna vertebral ni esqueleto interno articulado. Dentro de este grupo, podemos encontrar igualmente numerosos animales como las esponjas, cnidarios, platelmintos, anélidos, artrópodos, moluscos y equinodermos.

Las esponjas o poríferos (denominados así porque su cuerpo cuenta con numerosos poros) son animales sésiles, fijados al sustrato. Abundan en el fondo de los océanos y poseen una gran cavidad interna en la que entra el agua para repartir los nutrientes entre las células.

Los cnidarios más conocidos comúnmente son las medusas o aguamalas, aunque en este grupo incluimos también las anémonas y los corales. Viven exclusivamente en ambientes acuáticos, tienen simetría radial y muestran una consistencia gelatinosa, ya que estos animales están conformados por un alto porcentaje de agua. Pueden vivir de manera libre o sésil; en este caso, los denominamos pólipos. Una característica común a todos los cnidarios es que presentan uno o varios tentáculos alrededor de la boca, en los que suelen aparecer células urticantes que pueden utilizar tanto para protegerse de depredadores como para cazar a sus presas.

Platelmintos hace referencia a un grupo de gusanos planos, la mayoría de los cuales son parásitos. El platelminto de mayor importancia es la tenia (*Taenia solium*) que puede ser parásito del ser humano, al alojarse en el intestino delgado. Puede medir hasta cuatro metros de longitud.

Los anélidos son un grupo de animales conocidos como gusanos. Presentan el cuerpo segmentado en anillos denominados metámeros. Estos metámeros se repiten numerosas veces formando el cuerpo del anélido. Muchos de ellos son marinos aunque también pueden vivir en agua dulce como las sanguijuelas o en tierra húmeda como las lombrices.

El grupo de los artrópodos es el más diverso y numeroso de todo el reino animal. Superan el millón de especies conocidas y, de ellas, más de 750 000 son insectos. Presentan un esqueleto externo o exoesqueleto que son capaces de mudar cuando aumentan de tamaño, apéndices articulados y ojos compuestos. Además, se caracterizan por estar divididos en tres segmentos que a veces pueden estar fusionados: cabeza, tórax y abdomen. A los artrópodos los subdividimos en cuatro grupos: quelicerados, crustáceos, miriápodos y hexápodos (insectos).

Los quelicerados presentan un primer par de apéndices denominados quelíceros que utilizan como pinzas o colmillos y por lo general poseen cuatro pares de patas. Dentro de este grupo, se clasifican las arañas, escorpiones, ácaros y cangrejos cacerola (*Xifosuros*).

Los crustáceos incluyen a los cangrejos, camarones, langostas y formas similares. Son acuáticos salvo las cochinillas (bichos bola) que también son crustáceos, pero habitan en tierra húmeda. Por lo general, presentan caparazón y dos pares de antenas.

Los miriápodos hacen referencia a los ciempiés y milpiés. Están conformados por un gran número de segmentos similares que se repiten en los que se encuentran las patas. Esto hace que tengan un gran número de patas (aunque no necesariamente cien o mil).

Los insectos constituyen la clase más grande de artrópodos. De hecho, más del 70 % de los animales conocidos son insectos. Son los únicos invertebrados con la capacidad de volar. Todos presentan alas y los que no las tienen las han perdido en una evolución posterior. Tienen tres pares de patas y un par de antenas. Son de gran importancia económica, ya que a muchos los consideramos plagas, pero también los usamos para controlarlas; y otros son vectores de enfermedades, como los mosquitos que transmiten la malaria o el dengue. Además, son de gran importancia en los ecosistemas puesto que son esenciales en la polinización de las plantas. Dentro de los insectos, podemos encontrar animales tan variados como los moscos, escarabajos, saltamontes, grillos, cucarachas, mantis, fásmidos, abejas y hormigas.

Los moluscos tienen el cuerpo blando protegido por una concha calcárea dura, aunque algunos han perdido esta concha, como los pulpos o las babosas. Son un grupo bastante diverso y los dividimos en tres grandes grupos: bivalvos, gasterópodos y cefalópodos. Los bivalvos son todos acuáticos y reciben su nombre gracias a las dos valvas (conchas) que poseen. Los gasterópodos son los caracoles y babosas, son tanto acuáticos como terrestres y suelen tener una concha única que en algunas ocasiones se ha perdido. Los cefalópodos tienen una cabeza con ojos y boca rodeada de diez tentáculos, en el caso de calamares y sepías, y ocho tentáculos en los pulpos.

Equinodermos son un grupo de animales que viven en el fondo de los hábitats acuáticos. Poseen un esqueleto interno calcificado, pero diferente del de los vertebrados, ya que no es articulado. También es muy característica de este grupo su simetría pentarradial. Dentro de este grupo se incluyen las estrellas, los erizos y los pepinos de mar.

#### **4.7.2. Vertebrados**

La columna vertebral dota a los animales vertebrados de una organización clara concefalización que permite una concentración de los órganos sensoriales dando origen al cerebro. La columna, además, aporta a estos animales un soporte interno flexible que representa una gran ventaja evolutiva. En estos animales asimismo aparecen las mandíbulas como modificación del desarrollo de la región de la cabeza, lo que permite una mayor efectividad en la obtención de energía mediante la alimentación.

En los animales vertebrados existe simetría bilateral y una clara diferenciación entre cabeza, tronco, que consta de tórax y abdomen, y cola. Del tronco, sobresalen las extremidades en número par.

En vertebrados, el tegumento es de gran importancia y está conformado por epidermis, dermis e hipodermis. En ellas aparecen glándulas con función excretora y pueden surgir modificaciones que dan lugar a uñas, garras, pezuñas, plumas, pelos, picos, cuernos, escamas o caparazones. Presentan diversidad de aparatos locomotores adaptados a la natación o a la vida terrestre. También, tienen diferentes sistemas respiratorios, desde branquias a pulmones e incluso respiración cutánea.

Muchos animales presentan casos de hermafroditismo, pero en los vertebrados hay una clara diferenciación de sexos (salvo en algunos peces). La reproducción puede ser tanto ovípara como vivípara y con fecundación interna o externa.

Al conjunto de los animales vertebrados los dividimos, generalmente, en cinco grandes grupos que corresponden a la clasificación taxonómica de clase. Estos grupos son peces, anfibios, reptiles, aves y mamíferos.

#### **4.7.2.1. Peces**

Los peces son animales vertebrados acuáticos y ectotérmicos, esto es, que no pueden regular su propia temperatura de forma interna y deben hacerlo a partir del medio. Estos animales están dotados de aletas, lo que les permite una buena movilidad en el medio acuático.

A este grupo lo subdividimos en peces cartilaginosos (condriktios) y peces óseos (osteíctios). Los condriktios poseen un esqueleto formado por cartílagos, como los tiburones y las rayas, mientras que los osteíctios tienen un esqueleto óseo, donde se incluye al resto de los peces.

El sistema respiratorio de los peces está basado en la utilización de branquias, situadas, por lo habitual, detrás de la cabeza, a ambos lados de la faringe. Estas branquias tienen una gran superficie que contienen numerosos capilares, y gracias a esto, son capaces de realizar un intercambio gaseoso eficiente entre oxígeno y dióxido de carbono. Para ello, los peces aspiran agua y esta pasa a través de las branquias donde se absorbe el oxígeno disuelto en el agua y se libera el dióxido de carbono. Existen casos especiales de peces que respiran siguiendo otro sistema como las anguilas que pueden absorber el oxígeno directamente a través de la piel o los peces pulmonados, que poseen pulmones similares a los de los vertebrados terrestres.

El sistema circulatorio de los peces es cerrado y cuenta con un corazón que bombea la sangre por un circuito único. La sangre va desde el corazón a las branquias, donde se realiza el intercambio gaseoso y desde allí va al resto del cuerpo para repartir la sangre ya oxigenada.

La reproducción de los peces es, por lo general, mediante huevos, es decir, son ovíparos;

la fecundación es externa ya que no poseen órganos copuladores. Existen casos aislados de peces vivíparos.

Su sistema locomotor está basado en aletas que utilizan para desplazarse en el agua. Presentan aletas dorsales, pectorales, ventrales y anales que les otorgan estabilidad, además de una aleta caudal, ubicada en la cola, que sirve como forma de impulsarse.

#### **4.7.2.2. Anfibios**

Los anfibios son vertebrados ectotérmicos y se distinguen del resto de vertebrados por sufrir un cambio durante su desarrollo, denominado metamorfosis. Los anfibios presentan, por lo tanto, un estado larvario totalmente distinto a su forma adulta. En el caso de las ranas y sapos, las larvas (renacuajos) presentan una gran similitud con los peces, son acuáticos y tienen respiración branquial; mientras que los adultos tienen respiración cutánea o pulmonar y son de vida terrestre. Por esto, conocemos a este grupo como anfibios (*amphi*, ‘ambos’ y *bios*, ‘vida’). Los anfibios representan el paso evolutivo en los animales desde la vida en el agua a la vida terrestre.

Podemos dividir a los anfibios en dos grandes grupos: anuros y urodelos. El nombre anuro hace referencia a que no poseen cola, ya que la pierden tras la metamorfosis. Estos anfibios serían los sapos y las ranas. Por otro lado, los urodelos conservan la cola durante todo su ciclo vital, como las salamandras y los tritones.

A pesar de que los anfibios, en su etapa adulta, son de vida terrestre; necesitan estar siempre ligados a un medio acuático, ya que el agua es necesaria para su reproducción y, además, necesitan tener la piel constantemente húmeda para respirar.

En cuanto a su reproducción, prácticamente todos son ovíparos y tienen fecundación externa. Las hembras depositan los huevos en el agua o en una zona de ambiente acuático y allí son fecundados por el macho.

El sistema respiratorio no es el único que sufre modificaciones tras la metamorfosis. El sistema circulatorio de los anfibios adultos es diferente al de las larvas, ya que requiere de una doble circulación mientras que en los renacuajos es similar al de los peces. En los adultos, existe una circulación menor en la que se irrigan únicamente los pulmones y una circulación mayor en la que la sangre ya oxigenada va al resto del cuerpo.

Como adaptación clara a la vida terrestre, los anfibios adultos presentan cuatro extremidades, al igual que harán el resto de los vertebrados, salvo los peces. Por este motivo, las conocemos como tetrápodos. En la mayoría de los casos, las extremidades traseras son alargadas para permitir el salto y la natación.

#### **4.7.2.3. Reptiles**

Los reptiles son un grupo de vertebrados terrestres que se caracterizan por poseer escamas de queratina que cubre la piel. La clasificación taxonómica de los reptiles es bastante compleja y parece que los grupos ya extintos de reptiles están fuertemente emparentados con las aves.

Dentro de este grupo, se incluyen los dinosaurios, que fueron la forma de vida predominante en la Tierra durante más de cien millones de años. Sin embargo, teniendo en cuenta únicamente a los reptiles que sobreviven en la actualidad, podemos distinguir cuatro grupos claros: tortugas, lagartos, serpientes y cocodrilos.

La mayoría de los reptiles son carnívoros. En el caso de los reptiles herbívoros, estos tienen limitaciones a la hora de masticar, por lo que suelen ingerir rocas que ayudan a moler los vegetales y facilitar la digestión. Estas rocas también pueden ser ingeridas por los reptiles asociados a hábitats acuáticos, como los cocodrilos o las tortugas marinas, y las usan como peso que ayuda a su inmersión.

En el caso de los reptiles, aun los que viven en medios acuáticos, todos poseen respiración por pulmones, con una superficie pulmonar mucho más grande que en los anfibios, porque los reptiles no pueden realizar el intercambio de gases a través de la piel. La mayoría de los reptiles presentan dos pulmones, salvo el caso de algunas serpientes que solo tienen uno.

Debido a la existencia de pulmones, el sistema circulatorio presenta un doble circuito: uno corto para enviar sangre a los pulmones, donde se realiza el intercambio de gases, y otro largo, donde se envía la sangre ya oxigenada al resto del cuerpo.

La reproducción en reptiles es ovípara, pero en este caso sí existe fecundación interna. Los reptiles macho cuentan con un órgano copulador, gracias al cual depositan el esperma en el interior de la hembra. Una vez ocurrida la fecundación, la hembra recubre al embrión con capas membranosas que dan lugar al huevo que liberarán posteriormente.

#### **4.7.2.4. Aves**

Las aves son un grupo de animales vertebrados especializados en el vuelo. Son endotermos, es decir, son capaces de regular su propia temperatura de forma interna. Para facilitar el vuelo, cuentan con huesos huecos y sacos aéreos en el interior de su cuerpo, lo que las hace muy ligeras.

Presentan escamas en sus patas, que refuerzan el parentesco con los reptiles, pero el resto de su cuerpo está cubierto por plumas de queratina que actúan como un gran

aislante térmico y, además, ayudan en el vuelo, ya que permiten adoptar una forma más aerodinámica.

Las aves, igual que los anfibios, reptiles y mamíferos, son tetrápodos (poseen cuatro extremidades), pero las extremidades delanteras de las aves están muy modificadas ya que forman alas, estructuras básicas para el vuelo. Algunas aves no son capaces de volar y pueden ser acuáticas buceadoras, como los pingüinos o terrestres corredoras, como los avestruces.

Todas las aves poseen un pico sin dientes, pero existe una gran diversidad en formas y tamaños en función de la dieta de cada ave. La diversidad de aves es enorme y su clasificación aún sigue en discusión.

En cuanto a su reproducción, son ovíparos con fecundación interna, y en casi todas las especies se ha detectado la existencia de rituales de apareamiento en los que el macho corteja a la hembra. Asociado a este comportamiento, suele existir un dimorfismo sexual: el macho suele ser diferente de la hembra, con colores más vivos o alguna estructura llamativa con la que pueda llamar la atención de la hembra.

El alto gasto energético que requiere el vuelo hace que las aves tengan una alta demanda de oxígeno, por lo cual es necesario que posean un sistema respiratorio muy eficiente. Además de pulmones, presentan sacos aéreos, donde no se lleva a cabo intercambio de gases, pero acumulan aire que pueden enviar a los pulmones para asegurar un volumen fijo de aire del cual obtener oxígeno. El sistema circulatorio es doble, lo que permite que en un circuito se oxigene la sangre y se la lleve a los pulmones, y en el otro circuito, se envíe el oxígeno en la sangre al resto del cuerpo.

El sistema digestivo de las aves es único, ya que cuentan con un buche donde acumulan el alimento temporalmente mientras se ablanda, para facilitar la digestión. Además, cuentan con otra estructura denominada molleja que sirve para triturar el alimento. En algunas ocasiones, las aves pueden ingerir arena o piedras que acumulan en la molleja para ayudar a la trituración del alimento.

#### **4.7.2.5. Mamíferos**

Los mamíferos son un grupo de vertebrados endotermos que se caracterizan por la presencia de pelo y poseer glándulas mamarias con las que alimentan a sus crías. Todos son vivíparos con la excepción del ornitorrinco y el equidna.

Existe una gran diversidad de mamíferos que han llegado a colonizar todos los ambientes. La mayoría son terrestres, pero existen mamíferos que viven en hábitats acuáticos, como las ballenas y los delfines, y otros voladores, como los murciélagos.

El sistema circulatorio y respiratorio de los mamíferos es similar al de las aves, con dos pulmones en los que se realiza el intercambio de gases, y un circuito doble en el que la sangre va hacia los pulmones para oxigenarse y después al resto del cuerpo.

En cuanto a la reproducción, salvo los casos específicos del ornitorrinco y el equidna que son ovíparos, todos los mamíferos son vivíparos y poseen fecundación interna. Como característica propia de los mamíferos, alrededor del embrión se origina la placenta que permite el intercambio de sustancias entre el embrión y la madre. Sin embargo, existe un grupo de mamíferos vivíparos conocidos como marsupiales en los que apenas hay desarrollo placentario y el embrión nace poco desarrollado, por lo que su desarrollo debe completarse en el marsupio. Este es el caso de mamíferos como el canguro o el koala.

La gran diversidad de mamíferos hace que sea necesaria una subdivisión en distintos órdenes:

- **Monotremas:** Son ovíparos y únicamente existen el equidna y el ornitorrinco.
- **Marsupiales:** Desarrollo del embrión bajo que termina en la bolsa marsupial después del nacimiento. Por ejemplo, el canguro.
- **Edentados:** Tienen un punto de articulación extra entre cada vértebra. No cuentan con dentadura o tienen una única hilera de dientes sin esmalte. Por ejemplo, el perezoso.
- **Insectívoros:** Son de pequeño tamaño y se alimentan de insectos. Se incluyen en este orden las musarañas y el puercoespín.
- **Carnívoros:** Cuentan con una dentadura muy especializada llegando a formarse colmillos, ya que se alimentan de carne. Por ejemplo, el tigre.
- **Quirópteros:** Poseen una membrana entre los dedos que se asemeja a las alas de las aves y que les permite volar. En este grupo están los murciélagos.
- **Lagomorfos:** Tienen dos incisivos completamente cubiertos por esmalte y de crecimiento continuo. Son los conejos y liebres.
- **Roedores:** Cuentan con un incisivo en cada mandíbula y un segundo incisivo de crecimiento constante. Por ejemplo, los ratones.
- **Artiodáctilos:** Herbívoros con patas terminadas en pezuñas con un número par de dedos, de los cuales los más desarrollados suelen ser el tercero y el cuarto. Por ejemplo, las llamas y las jirafas.
- **Persiodáctilos:** Herbívoros con patas terminadas en pezuñas con un número impar de dedos, como los caballos o las cebras.
- **Proboscídeos:** Poseen trompa y el tercer incisivo forma un colmillo defensivo de crecimiento indefinido. Los elefantes son un ejemplo de esta clase.

- **Cetáceos:** Mamíferos marinos cuyas extremidades están transformadas en aletas natorias. Por ejemplo, las ballenas y los delfines.
- **Primates:** Tienen un pulgar oponible al resto de los dedos lo que les permite un gran avance evolutivo a la hora de manejar herramientas. Son los monos y el ser humano.

## 4.8. Diversidad biológica

Como hemos visto a lo largo de esta unidad, existe una gran diversidad de organismos vivos, pero la diversidad no debe tratarse únicamente a nivel de especie, sino que existen distintos niveles en los que se puede hablar de biodiversidad.

## 4.9. Diversidad genética

La diversidad genética también se conoce como diversidad intraespecífica, ya que hace referencia a las distintas posibilidades de individuos, en función de sus características genéticas, que pueden existir dentro de una misma especie. Se basa en las variaciones de los individuos que conforman una misma especie.

Una falta de diversidad genética o intraespecífica puede ser muy negativa para una especie, ya que esto provocaría un riesgo alto de extinción. Al haber poca diversidad, esa especie tendrá poca variedad de características, con lo que le será difícil adaptarse a un posible cambio. Esto se traduce en un mayor riesgo de desaparición ante un posible cambio en el hábitat.

## 4.10. Diversidad específica

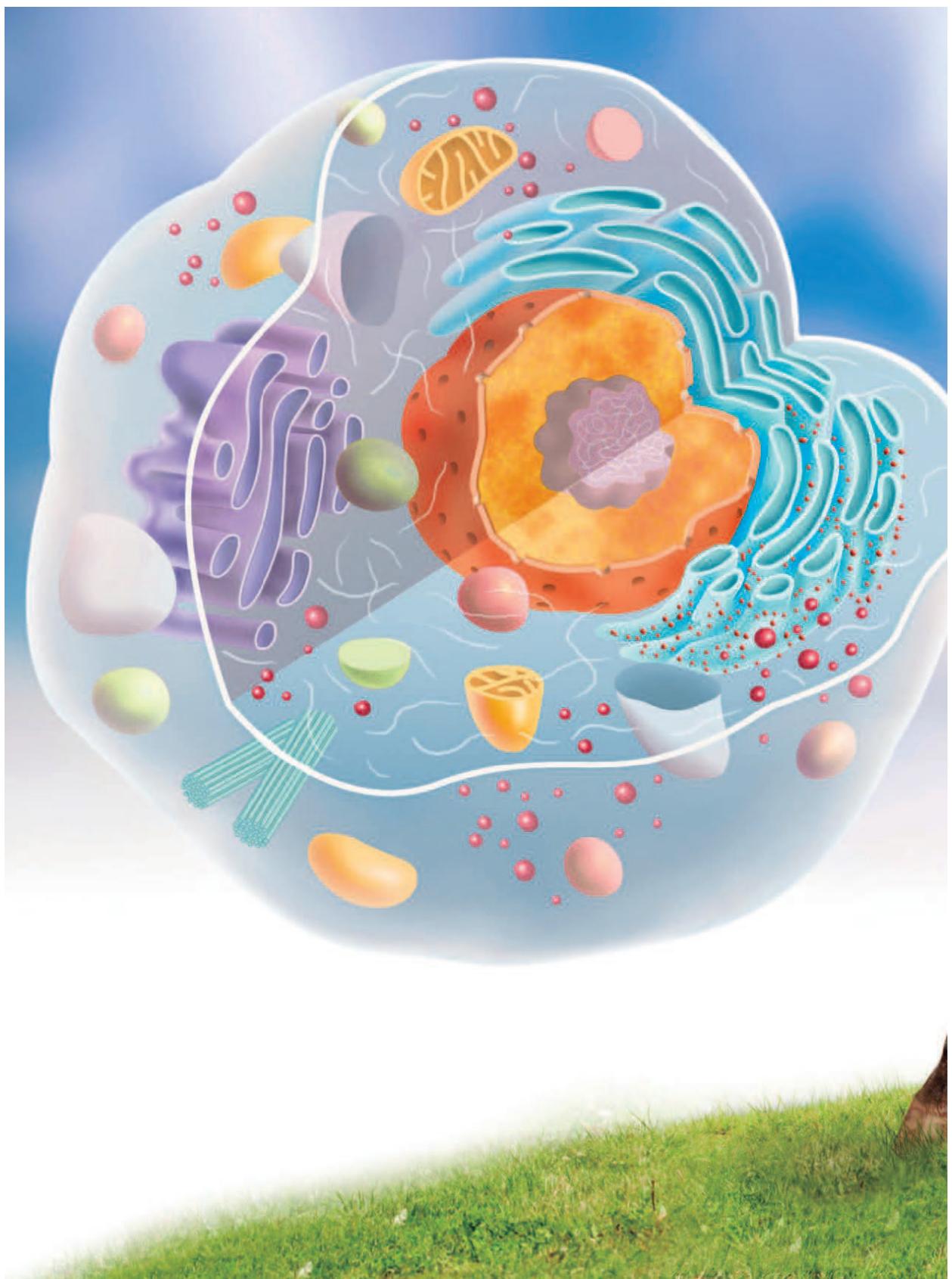
Al hablar de biodiversidad específica nos referimos a la variedad de especies diferentes que existen en la Tierra. Actualmente, no hay un consenso sobre la cantidad de especies de seres vivos que existen y sería un proceso muy complejo el llegar a calcularlo, ya que asumimos que hay un gran número de especies que aparecen y se extinguieren sin que lleguemos nunca a descubrirlas. Los cálculos más conservadores proponen la existencia de unos cinco millones de especies diferentes, mientras que otros proponen que podría llegar hasta cien millones de especies distintas de seres vivos habitando la Tierra.

## **4.11. Diversidad ecológica**

La diversidad ecológica o ecosistémica se refiere a la variedad de comunidades que conforman un ecosistema o a la variedad de hábitats que dan origen a un bioma. Cuanto mayor sea la diversidad ecológica, habrá mayor variedad de ambientes posibles para la vida, lo que permitirá una mayor diversidad específica e intraespecífica.



## 5. Biología celular



## 5.1. Teoría celular

Actualmente podemos decir sin temor a equivocarnos que las células son la unidad básica de vida, ya que todos los seres vivos están formados por células. Sin embargo, para llegar a esta conclusión hubo que desarrollar una teoría celular que tardó cerca de 200 años en completarse y ser aceptada por toda la comunidad científica.

La primera persona en utilizar la palabra célula fue Robert Hooke, quien observó a través de un microscopio primitivo una lámina de corcho en la que observó una serie de celdillas que se repetían continuamente y de forma ordenada. A estas celdillas fue a lo que Hooke denominó célula. Ahora sabemos que lo que Hooke observó eran células vegetales muertas.

Poco después de que Hooke utilizara por primera vez la palabra célula, se realizaron grandes avances tecnológicos en lo que refiere a los microscopios, con lo que cada vez se podían observar mejor las distintas muestras y con mayor cantidad de aumentos. Estos avances en microscopía se deben principalmente a Anton Van Leeuwenhoek.

A pesar de estos avances en microscopía, hubo que esperar hasta 1838 para realizar más progresos en la teoría celular. Fue cuando Theodor Schwann y Matthias Schleiden estudiaron tejidos animales y vegetales respectivamente. Ambos se pusieron en contacto y definieron que tanto los animales como las plantas estaban todos formados por células; e incluso llegaron a definir que la célula puede tener vida de forma independiente.

Con esto, se sentaron las bases de la teoría celular, pero no estuvo completa hasta 1858, año en el que Rudolf Virchow propuso el axioma «*omni cellula e cellula*», lo que significa que todas las células provienen de una célula ya existente.

Actualmente consideramos cuatro postulados para la teoría celular:

- Todos los organismos están compuestos por células.
- En las células ocurren las reacciones metabólicas de los seres vivos, necesarias para que exista la vida.
- Las células provienen de células preexistentes.
- En las células se encuentra el material genético hereditario.

## 5.2. Origen de la célula

La aparición de las primeras células con núcleo y orgánulos diferenciados, las eucariotas, se sitúa hace unos 1400 millones de años. Su aparición se explica según la teoría de la endosimbiosis seriada propuesta por Lynn Margulis.

La teoría de la endosimbiosis propone que el origen de las células eucariotas se encuentra en la incorporación sucesiva de células procariotas que crean una relación de simbiosis interna.

Según esta teoría, una célula procariota primitiva fagocitaría a una bacteria más pequeña capaz de obtener energía mediante la respiración celular. En vez de digerir a esta bacteria, el organismo primitivo mantendría en su interior a la bacteria, puesto que podría beneficiarse de su creación de energía por la respiración. Por su parte, la bacteria pequeña obtendría el beneficio de la protección que le otorgaría estar en el interior de un organismo más grande. Este sería el origen de las mitocondrias.

Según Margulis, este mismo proceso habría ocurrido con bacterias espiroquetas las cuales llegarían a formar flagelos. De esta forma se originaría un organismo heterótrofo que podría evolucionar hacia protozoos y, más tarde, hacia las células animales tal y como las conocemos actualmente.

Por otro lado, ese organismo primitivo también podría haber ingerido una cyanobacteria, capaz de realizar la fotosíntesis, y al mantener también con ella una relación endosimbiótica, se habrían originado los cloroplastos y, por tanto, las células vegetales primitivas.

Esta teoría explicaría la presencia de ADN, propio en algunos orgánulos como las mitocondrias y los cloroplastos, así como la presencia en estos de una doble membrana que sería resultado de la envoltura de una célula por la membrana de la célula de mayor tamaño.

## 5.3. La célula

La célula, por tanto, es la base de la vida, pero, igual que encontramos diversidad de organismos, también existe diversidad de células. Principalmente diferenciamos dos tipos de células: procariotas y eucariotas.

### 5.3.1. Célula procariota

Definimos a la célula procariota (*pro* = ‘antes de’ y *carión* = ‘núcleo’) como una célula que no posee un núcleo verdadero, ya que carecen de envoltura nuclear que delimita la zona donde se encuentra el material genético.

Además de la ausencia de envoltura nuclear, la célula procariota se caracteriza por tener un tamaño pequeño, entre 1 y 5 m; por no poseer orgánulos y por ser el tipo de célula presente en bacterias.

### **5.3.2. Célula eucariota**

La célula eucariota (eu = ‘verdadero’ y carión = ‘núcleo’) es aquella célula que posee un núcleo real definido por una envoltura nuclear y en cuyo interior se encuentra el material hereditario.

Su tamaño es variable, pero siempre mayor al de las células procariotas y puede ir desde 10 m hasta varios centímetros como los huevos de algunas aves. Dan origen a todos los seres vivos que no son bacterias, esto es, a los organismos pertenecientes a los reinos protoctista, fungi, plantae y animalia.

Aunque existen diversos tipos de célula eucariota como las que conforman a los hongos, las algas o los protozoos, las células eucariotas más representativas son la célula vegetal y la célula animal.

#### **5.3.2.1. Célula vegetal**

Presente en todos los tejidos de plantas. Cuentan con una pared de celulosa, diferente al de las procariotas y hongos, y que otorga protección y rigidez a la célula. También cuentan con cloroplastos, donde ocurrirá la fotosíntesis; y poseen vacuolas de gran tamaño que ocupa gran parte de la célula desplazando al núcleo hacia un lateral.

#### **5.3.2.2. Célula animal**

Presente en todos los tejidos animales. A diferencia de las vegetales, carecen de cloroplastos y de pared celular, pero poseen centriolos que tienen una gran importancia en la división celular. Las vacuolas son más numerosas que en la célula vegetal, pero mucho más pequeñas.

### **5.3.3. Partes de la célula**

#### **5.3.3.1. El núcleo**

La mayor parte del ADN que contiene una célula eucariota se encuentra en el núcleo, que caracteriza este tipo de células y está limitado por la envoltura nuclear.

##### **Estructura**

Según la fase en que se encuentre la célula, en el nucleoplasma distinguimos:

- **Los cromosomas:** Largas cadenas de ADN asociadas a proteínas, las más abundantes de las cuales son las histonas. Estas proteínas permiten el empaquetado y el desempaquetado de los cromosomas según la fase del ciclo en que se encuentre la célula.

- **El nucléolo:** Pequeño corpúsculo más o menos esférico y denso que podemos distinguirlo al microscopio óptico debido a su tamaño, entre 1 y 7 m. El nucléolo está formado por cromatina de diversos cromosomas, y por proteínas asociadas a ARN. Puede haber uno o más de uno.

### **Funciones**

El núcleo desarrolla en las células eucariotas dos funciones fundamentales:

- Contiene la información genética que se transmite de una generación a la siguiente.
- Controla la actividad que tiene lugar en la célula. Estas funciones son posibles por el hecho de que:
  - Los cromosomas contienen un mensaje, contenido en la secuencia de sus nucleótidos, que determina la síntesis de las proteínas de la célula.
  - En el nucléolo se sintetiza el ARNr que formará los ribosomas y se ensamblan los componentes: las proteínas ribosómicas sintetizadas en el citosol pasan al interior del núcleo y se dirigen al nucléolo, donde se unen a las diversas moléculas de ARNr.
  - Una vez conseguido el ensamblaje, los ribosomas pasan al citosol, donde se completa su estructura definitiva. El control del núcleo sobre la célula es posible porque está permanentemente en contacto con el citosol, gracias al paso selectivo de sustancias que se produce a través de los poros de la envoltura nuclear.

#### **5.3.3.2. Membrana plasmática**

Constituye el límite de la célula con el medio exterior.

##### **Composición química**

Desde 1899 se sabe que las membranas plasmáticas están compuestas fundamentalmente por lípidos, que se disponen en una doble capa o bicapa lipídica en la que se insertan diversas clases de proteínas. Las proporciones de lípidos y proteínas que están presentes varían según el tipo de célula.

Los lípidos que intervienen en una mayor proporción en la composición de las membranas son los fosfolípidos y el colesterol.

##### **Fosfolípidos**

Constituyen la estructura básica de las membranas. Están formados por una cabeza hidrófila o polar y dos colas hidrófobas o apolares; es decir, son moléculas anfipáticas. Debido a esta característica, los fosfolípidos se disponen con las cabezas hidrófilas en contacto con el medio acuoso y con las colas hidrófobas en oposición a este medio.

A menudo, las colas apolares están formadas por una cadena de ácidos grasos satura da; es decir, que no presenta dobles enlaces, y otra insaturada; o sea, con dobles enlaces. Esta última cadena presenta codos, por lo que da lugar a una ligera curvatura que tiene importancia para el acoplamiento de los lípidos a la hora de formar la estructura de la membrana.

La estructura que forman los fosfolípidos no es rígida, ya que estas moléculas pueden presentar movimientos.

- **Difusión lateral:** Un fosfolípido intercambia su posición con otro que está situado en la misma monocapa, mediante un desplazamiento lateral.
- **Rotación de fosfolípidos:** Las moléculas giran sobre su eje longitudinal.
- **Flexión de las cadenas hidrocarbonadas:** Los fosfolípidos aumentan o disminuyen el grado de separación de las colas hidrófobas.
- **Flip-flop:** Un fosfolípido se desplaza verticalmente y ocupa un lugar en la monocapa opuesta. Este tipo de movimiento es muy poco frecuente.

Como veremos más adelante, estos movimientos intervienen decisivamente en los mecanismos de transporte de sustancias a través de la membrana.

A menudo, los lípidos están unidos a moléculas de glúcidos y forman glucolípidos.

Los glucolípidos se sitúan en la parte exterior de las membranas y pueden representar hasta el 5 % del total de lípidos de la membrana en las células animales.

El tipo de glucolípidos que podemos encontrar en las membranas varía según la especie, e incluso según el tipo de tejido que analicemos. Un ejemplo son los gangliósidos, muy abundantes en las membranas de las células nerviosas.

Los glucolípidos tienen funciones diversas: algunos han sido identificados como receptores químicos, es decir, moléculas exteriores a las células con capacidad para unirse a otros compuestos y provocar un cambio en la célula. También hay glucolípidos que determinan la individualidad antigénica de la célula.

## Colesterol

Se encuentra en una proporción del 20 % en las membranas de las células eucariotas.

Las moléculas de colesterol se disponen de forma intercalada entre los fosfolípidos. Esta disposición limita la movilidad de los fosfolípidos, lo cual proporciona estabilidad a la membrana y también reduce su permeabilidad.

## Proteínas

Las proteínas están insertadas en la bicapa lipídica, muchas se unen a glúcidos y forman glucoproteínas. Distinguimos:

- **Proteínas transmembrana o proteínas integrales:** Son las que atraviesan completamente la membrana y sobresalen por ambas caras.

Las proteínas transmembrana tienen aminoácidos hidrófilos en las zonas que sobresalen al exterior y al interior de la célula. En la parte intermedia de la molécula, que está rodeada de las colas apolares de los fosfolípidos, se sitúan, mayoritariamente, aminoácidos hidrófobos.

- **Proteínas periféricas o extrínsecas:** No atraviesan la estructura de la membrana y sobresalen por una de las dos caras.

Las proteínas son las encargadas de la mayor parte de las funciones biológicas que desempeñan las membranas: participan en reacciones energéticas en los intercambios a través de la membrana, etc.; por ello, muchas de estas proteínas son enzimas como la ATPasa, la proteína quinasa o la acetilcolinesterasa.

Las proteínas de membrana tienen una cierta capacidad de movimiento:

- **Difusión lateral:** A lo largo de la membrana.
- **Rotación:** Alrededor de un eje perpendicular a la membrana.

Sin embargo, cuando las proteínas son requeridas en una zona concreta de la membrana, disponen de diversos sistemas para anclarse a ella. Así, pueden unirse a uno o varios ácidos grasos de los fosfolípidos, o también establecer uniones no covalentes con otras proteínas de membrana.

Debido a estos anclajes, las proteínas reducen su capacidad de movimiento, la cual, normalmente, ya es inferior a la capacidad de desplazamiento de los lípidos.

La capacidad de movimiento de los fosfolípidos y de las proteínas de membrana explica la expresión mosaico fluido, utilizada por S. J. Singer y G. M. Nicolson, en 1972, para definir el comportamiento de las membranas.

### Estructura asimétrica

La cara citoplasmática y la cara externa de la bicapa lipídica no son iguales, sino que presentan algunas diferencias en la composición química; estudios realizados en eritrocitos humanos han revelado estas diferencias.

- En la cara externa predominan los fosfolípidos fosfatidilcolina y esfingomielina, mientras que en la cara interna los más abundantes son la fosfatidilserina y la fosfatidiletanolamina.
- En la cara citoplasmática predomina una carga electroquímica negativa, por la abundancia de fosfatidilserina.

- Los ácidos grasos de los fosfolípidos de la cara citoplasmática tienen más dobles enlaces que los de la cara externa y, por ello, están más curvados.
- Solo hay glucolípidos y glucoproteínas en la cara externa de la bicapa.

Por este motivo, decimos que la membrana es asimétrica. Estas diferencias se generan ya en el momento de la síntesis de la membrana y son útiles para algunas actividades celulares.

Es frecuente que las células eucariotas tengan asociada a la parte exterior de la membrana plasmática una capa llamada glicocálix, que puede alcanzar hasta 50 m de espesor. Está compuesta por cadenas de glúcidos unidas a las proteínas de membrana, a los fosfolípidos de la capa externa, o bien a ambos. Muchos de los componentes del glicocálix son secretados por las células y, más tarde, quedan adheridos a la superficie de la membrana.

Desarrolla una función de protección y participa en las reacciones de reconocimiento y adherencia entre las células.

## Funciones

---

Transporte • Moléculas pequeñas  
de      Transporte pasivo  
sus-      Transporte activo  
tan-      • Macromoléculas y partículas  
cias.      Exocitosis  
              Endocitosis  
Contactos • Uniones de oclusión  
en-      • Uniones de anclaje  
tre      • Uniones de comunicación  
las  
célu-  
las.

La      La célula necesita expulsar de su interior los desperdicios que genera el metabolismo, ex-      así como captar nutrientes del medio externo. Estas acciones las lleva a cabo gracias cre-      a la capacidad de la membrana celular de permitir el paso selectivo de algunas ción      sustancias. La excreción es, pues, el proceso biológico mediante el cual se eliminan celu-      las sustancias tóxicas generadas por el metabolismo. La excreción celular utiliza las lar.      vías de transporte a través de la membrana celular que hemos visto: la difusión simple, la difusión facilitada, el transporte activo y la exocitosis.

---

La membrana mantiene la integridad estructural de la célula; pero, además, también controla dos funciones básicas:

- El transporte de sustancias a través de ella.
- Los contactos entre las células.

### **Transporte de sustancias a través de la membrana**

Para poder llevar a cabo todas las funciones metabólicas, existen varios mecanismos de transporte que tienen lugar en las células, estas han de intercambiar sustancias con el medio exterior.

#### **Transporte de moléculas pequeñas**

Dentro de este tipo de mecanismos de transporte distinguiremos entre transporte pasivo y transporte activo.

**Transporte pasivo:** Es un tipo de transporte que no requiere gasto de energía y presenta dos modalidades:

**Difusión simple:** Algunas moléculas pequeñas y sin carga electroquímica, como el oxígeno ( $O_2$ ), el nitrógeno ( $N_2$ ), el dióxido de carbono ( $CO_2$ ) y también el agua ( $H_2O$ ), se difunden rápidamente a través de la bicapa lipídica, a favor de su gradiente de concentración. El paso se produce aprovechando las aperturas que aparecen por el desplazamiento de los fosfolípidos.

**Difusión facilitada:** Las moléculas que no pueden atravesar la bicapa lipídica, como los glúcidos, los aminoácidos, los iones..., pasan a través de la membrana, a favor del gradiente electroquímico o de concentración, mediante proteínas transmembranas, que pueden ser:

- **Proteínas de cana:** Que forman poros acuosos por los que pasan algunos solutos.
- **Proteínas transportadoras:** Que se unen a la sustancia que se debe transportar y sufren un cambio de conformación para permitir el paso de la sustancia a través de la membrana. Existen diversas modalidades para este tipo de transporte.

**Transporte activo:** Se produce en contra del gradiente de concentración o del gradiente electroquímico de las sustancias y, por ello, precisa energía.

Este tipo de transporte se lleva a cabo mediante proteínas transmembrana, que hidrolizan ATP para obtener energía y que, a la vez, alteran su conformación espacial para efectuar el transporte.

Es el caso de las bombas de iones, como la de sodio-potasio.

La bomba de sodio-potasio extrae  $Na^+$  de la célula, a la vez que incorpora  $K^+$ . Por cada molécula de ATP que se consume, salen de la célula 3  $Na^+$  y entran 2  $K^+$ .

Este tipo de transporte iónico a través de las membranas tiene una importancia extraordinaria, ya que da lugar a fenómenos, como la contracción muscular, el potencial de membrana, etc.

### Transporte de macromoléculas y partículas

Los mecanismos anteriores no permiten el paso de moléculas grandes como los polisacáridos o las proteínas. En estos casos se utilizan otros tipos de sistemas de transporte: la exocitosis y la endocitosis.

**Exocitosis:** Tiene lugar cuando una macromolécula o una partícula debe pasar del interior al exterior de la célula. Las vesículas que se forman en este caso reciben el nombre de vesículas secretoras. Se desplazan hasta la membrana plasmática, se fusionan y vierten su contenido al medio extracelular.

Según el modo en que se produce la secreción se distinguen dos tipos de exocitosis:

- Las vesículas se producen de manera regular en la célula y su contenido es vertido al exterior sin necesidad de que exista ningún estímulo. Es el caso de las proteínas que forman la matriz extracelular de los tejidos.
- Las vesículas se producen y liberan su contenido al exterior solo cuando la célula es estimulada por alguna señal extracelular. Un ejemplo de ello es la secreción de neurotransmisores en las neuronas.

**Endocitosis:** Es un proceso de incorporación de sustancias a la célula. En algunos casos, se ha observado que estas sustancias se concentran en pequeñas depresiones formadas en la superficie exterior de la membrana. Cuando se produce la invaginación y se forma la vesícula, esta contiene una cantidad de sustancia superior a la que podría penetrar en la célula si no se produjese la concentración previa.

- Cuando las vesículas alcanzan un diámetro superior a 150 m y contienen partículas grandes, como restos celulares y microorganismos, se habla de fagocitosis.
- Si las vesículas son de un diámetro inferior a 150 m y contienen fluidos, el proceso se llama pinocitosis.

La fagocitosis se produce en células con un cierto grado de especialización como, por ejemplo, algunos protozoos, para los que es una parte esencial de su proceso de nutrición. Por el contrario, la pinocitosis es muy común en todo tipo de células.

Cuando las vesículas han penetrado en el interior celular, se dirigen hacia el orgánulo en el que tienen que ser procesadas. Durante los procesos de endocitosis y exocitosis, las bicapas lipídicas se acercan y se fusionan. No se conocen con exactitud si estos procesos necesitan energía, y es posible que haya sistemas proteicos especiales con esta misión. Mientras tienen

lugar estos transportes, suelen generarse fragmentos de membrana que son recuperados por la célula y se reciclan en otros puntos de la membrana plasmática.

### **El colesterol y la aterosclerosis**

Como sabemos, el colesterol es una molécula fundamental para la formación de las membranas plasmáticas. Por sus características, penetra en las células por endocitosis. Este proceso parece ser que se produce mediante unas moléculas receptoras específicas.

- La mayor parte del colesterol se transporta por la sangre unido a lipoproteínas de baja densidad, formando los complejos LDL.
- Cuando existe una necesidad de colesterol en la célula, se sintetizan unos receptores específicos para los complejos LDL.
- Los complejos LDL se sitúan en las depresiones donde se localizan sus receptores específicos y son incorporados al interior de la célula.
- Cuando se han conseguido los niveles suficientes de colesterol, la célula deja de sintetizar moléculas receptoras.

Los errores en el mecanismo de incorporación del colesterol a las células como, por ejemplo, una conformación errónea de las moléculas del receptor provocan la acumulación de colesterol en la sangre e incrementan el riesgo de sufrir graves efectos en el cerebro, las arterias y el corazón.

#### **5.3.3.3. La pared celular vegetal**

En la parte exterior de la membrana plasmática de las células vegetales se encuentra la pared celular vegetal.

Como estudiaremos a continuación, muchas de las características estructurales y funcionales de las plantas están condicionadas por la existencia de esta pared.

#### **Composición y estructura**

Está compuesta por tres tipos de polisacáridos (celulosa, hemicelulosa y pectina) y diversas glucoproteínas.

Todas estas moléculas están englobadas en una matriz hidratada que permite que las sustancias solubles y de pequeño tamaño, como el agua, el dióxido de carbono y el oxígeno, se difundan a través de la pared. En cambio, no pueden atravesarla las moléculas de grandes dimensiones.

Por esta razón, las sustancias que intervienen en el metabolismo de las plantas son moléculas pequeñas.

La pared celular está formada por varias capas superpuestas. De fuera hacia dentro, distinguimos, primero, la lámina media, que es la primera que se forma y es la que separa las dos células hijas tras la división; está compuesta por pectina. A continuación, se secreta la pared primaria, de grosor variable y compuesta de celulosa.

Las células que ya no han de crecer secretan una pared secundaria, gruesa y compacta, compuesta también de celulosa.

### Funciones

La pared tiene una importante función estructural, ya que:

- Constituye una capa rígida que da forma a la célula y la protege de tracciones mecánicas.
- Cada pared celular está unida a la pared de las células vecinas y entre todas constituyen un armazón que da consistencia a los distintos órganos de las plantas.

La pared celular también interviene en la creación de la presión de turgencia en el interior de las células y contiene moléculas especializadas que regulan el crecimiento de la planta y la protegen de diversas enfermedades.

---

La pared celular está atravesada por conductos muy finos, llamados plasmodesmos, que permiten la comunicación entre las células.

En los plasmodesmos puede observarse que la membrana plasmática de una célula continúa, a través del plasmodesmo, en la membrana plasmática de las células adyacentes. De este modo, el citoplasma presenta continuidad entre las células, lo que permite una rápida circulación de sustancias entre ellas.

---

La presión de turgencia se origina cuando el medio que rodea las células es hipotónico respecto al citoplasma; es decir, contiene una concentración de soluto sensiblemente menor a la del interior de la célula. En tal caso:

- El agua penetra en la vacuola de la célula vegetal, por ósmosis.
- Como consecuencia de la entrada de agua, la célula aumenta de volumen.
- Este aumento de volumen hace que el citoplasma presione sobre la pared celular.

Esta presión es fundamental para:

- El crecimiento, ya que los tejidos se alargan como consecuencia de la presión de turgencia que las células ejercen sobre la pared primaria.

- Los movimientos, como los que permiten la apertura y el cierre de los estomas. En este caso, el aumento de la presión de turgencia por la entrada de agua crea una presión en las células que origina la apertura del orificio estomático.

### Modificaciones

La pared celular puede modificarse y adaptarse a las necesidades de los diferentes tejidos. Es el caso de las modificaciones que experimenta, por ejemplo, en la epidermis o en el xilema.

**Epidermis:** La cara externa de la pared de las células que forman la epidermis se recubre de una sustancia llamada cutina, que es un lípido con funciones aislantes secretado por la célula. Por encima de la capa de cutina se deposita una capa de ceras.

El conjunto formado por la capa de cutina y la de ceras recibe el nombre de cutícula.

La cutícula protege contra la infección por microorganismos, la radiación ultravioleta del sol, la desecación o los daños mecánicos.

**Xilema:** Tejido leñoso capaz de conducir líquidos, resultado de un complejo proceso de modificación de la pared celular, tal y como se ilustra a continuación:

---

En la cara interna de la pared de las células que forman el xilema se depositan acumulaciones de celulosa.	Posteriormente, sobre los depósitos de celulosa, se añade lignina. Esta sustancia no se disuelve en agua y confiere una gran resistencia al tejido.	Se eliminan las caras de las paredes que actúan como tabiques entre las células y desaparece el contenido celular.
--	---	--

---

Las membranas plasmáticas de las células eucariotas limitan un espacio interior, el citoplasma celular donde se distinguen diversos compartimentos internos, u orgánulos citoplasmáticos, y el citosol, o sustancia en la que están inmersos los orgánulos. La envoltura nuclear es el límite que rodea al núcleo. Esto se analiza a continuación:

### Orgánulos limitados por membranas

Los orgánulos citoplasmáticos son compartimentos del interior de las células, que están rodeados por membranas dobles o sencillas. Este tipo de organización en compartimentos permite que las sustancias que intervienen en los distintos procesos metabólicos se concentren en los orgánulos, con lo que aumenta la eficacia de dichos procesos.

#### **5.3.3.4. Mitocondrias**

Están presentes en todas las células eucariotas. Tienen forma cilíndrica, con un diámetro entre 0,5 y 1 m y longitud variable.

##### **Estructura**

**Membrana externa:** Contiene numerosas proteínas que regulan los intercambios de sustancias con el citosol. Destacan las proteínas de canal, que forman grandes poros que la hacen muy permeable.

**Espacio intermembrana:** Tiene una composición muy similar a la del citosol, debido a la permeabilidad de la membrana externa.

**Membrana interna:** Consta de repliegues hacia el interior, o crestas, que aumentan la superficie de la membrana. Contiene numerosas proteínas de transporte y otras con funciones muy especializadas, como los complejos que forman la cadena respiratoria y la ATP sintetasa.

**Matriz mitocondrial:** Es el espacio interior de la mitocondria y está rodeada por la membrana interna. Contiene:

- Una gran cantidad de enzimas que catabolizan diversas sustancias como, por ejemplo, ácido pirúvico o ácidos grasos.
- ADN en forma de doble cadena cerrada sobre sí misma, que contiene la información genética necesaria para la síntesis de ARN y de proteínas mitocondriales.
- Ribosomas responsables de la síntesis de las proteínas mitocondriales.
- Enzimas que regulan y controlan la replicación, la transcripción y la traducción del ADN mitocondrial.
- Sustancias diversas como, por ejemplo, nucleótidos e iones.

##### **Funciones**

Las mitocondrias son los orgánulos especializados en realizar un conjunto de procesos metabólicos denominados respiración celular, con el que se proporciona a la célula la energía necesaria para realizar todas sus actividades.

---

**ATP sintetasa:** Enzima situada en la cara interna de la membrana interna de las mitocondrias y de la membrana de los tilacoides de los cloroplastos. Es el encargado de sintetizar ATP a partir de ADP, un grupo fosfato y la energía suministrada por el flujo de protones (H<sup>+</sup>).

---

### 5.3.3.5. Cloroplastos

Los encontramos exclusivamente en las células vegetales fotosintéticas. Tienen forma variable aunque, a menudo, son discoidales y son más grandes que las mitocondrias: de 3 a 10 μm de longitud y de 1 a 2 μm de grosor.

#### Estructura

**Membrana externa:** Muy permeable, de características similares a la membrana externa de las mitocondrias.

**Espacio intermembrana:** De características parecidas a las del citosol.

**Membrana interna:** Lisa; es decir, sin crestas, menos permeable que la externa y con numerosas proteínas especializadas en el transporte selectivo de sustancias.

**Estroma:** Es la cavidad interna del cloroplaso y contiene:

Enzimas implicados en el metabolismo fotosintético: El más abundante es la ribulosa bisfosfato carboxilasa oxigenasa, que puede llegar a representar la mitad de las proteínas del cloroplaso.

- **ADN de doble cadena:** El genoma de los cloroplastos es más grande que el mitocondrial. Contiene la información genética que codifica los diversos tipos de ARN y algunas proteínas de los complejos enzimáticos que participan en la fotosíntesis.
- **Ribosomas:** Encargados de la síntesis de las proteínas propias de los cloroplastos.
- **Enzimas:** Regulan y controlan la replicación, la transcripción y la traducción del material genético del cloroplaso.
- **Sustancias diversas:** Principalmente almidón y gotas lipídicas.

Además, en los cloroplastos, hay un compartimento interno formado por:

**Tilacoides:** Sáculos membranosos aplanados que tienden a formar apilamientos llamados grana, los cuales se conectan entre ellos y forman una red de cavidades. Las membranas de los tilacoides contienen los pigmentos fotosintéticos, principalmente clorofillas y carotenoides, la cadena fotosintética de transporte de electrones y la ATP sintetasa.

**Espacio tilacoidal:** Situado en el interior de los tilacoides; mantiene unas condiciones de pH ácido.

### Funciones

Son los orgánulos en los que se produce la fotosíntesis, el proceso bioquímico fundamental que tiene lugar en las plantas superiores, las algas y algunas bacterias, donde la energía de la luz solar es convertida en energía química utilizada para fijar el CO<sub>2</sub> atmosférico (molécula inorgánica) en moléculas orgánicas.

#### 5.3.3.6. Retículo endoplasmático

Se encuentra en todas las células eucariotas y ocupa hasta el 10 % de su espacio interior.

### Estructura

Es un conjunto de cavidades, túbulos y vesículas conectados entre sí y rodeados por una única membrana, que se prolonga formando la envoltura nuclear. El espacio que queda limitado en el interior lo llamamos lumen.

Distinguimos dos zonas bien diferenciadas:

- Una zona en la que se encuentran ribosomas asociados a las membranas, que denominamos retículo endoplasmático rugoso (RER).
- Una zona sin ribosomas, que llamamos retículo endoplasmático liso (REL).

### Funciones

El retículo es un orgánulo fundamental que interviene en funciones relacionadas con la síntesis proteica y el transporte intracelular. Las dos zonas que acabamos de definir intervienen de distinto modo en estos procesos.

#### Retículo endoplasmático rugoso

Su función está determinada por la presencia de ribosomas. Estos ribosomas proceden del citosol y su incorporación al retículo depende de la asociación entre el ribosoma y el ARNm.

- Si el ARNm que se une al ribosoma codifica para una proteína que ha de utilizarse en el citosol, el conjunto formado por el ribosoma y su ARNm permanece en el citosol.
- Si el ARNm codifica para una proteína que debe ser procesada en el retículo endoplasmático, el conjunto del ARNm y el ribosoma se dirige hacia la membrana del retículo. Al mismo tiempo que se va sintetizando, la proteína va siendo transferida al lumen del retículo.

Una vez allí, las proteínas son modificadas químicamente y almacenadas. Siguen este proceso las proteínas de las membranas plasmáticas y también las que salen al exterior de la célula e intervienen en la composición del glicocálix y de la matriz extracelular.

### **Retículo endoplasmático liso**

Es el responsable de:

- **La síntesis de fosfolípidos y colesterol:** Estas sustancias se incorporan a las membranas de las células o intervienen en la síntesis de otros compuestos. Por ejemplo, el colesterol, que se sintetiza mayoritariamente en las células del hígado o hepatocitos, es el precursor de las hormonas esteroides.
- **El procesamiento de sustancias tóxicas procedentes del exterior de la célula:** Dicho proceso recibe el nombre de destoxicación, y es específico de diversos órganos. En los vertebrados, tiene lugar concretamente en el hígado, los pulmones, el intestino, los riñones y la piel. De este modo, se eliminan del organismo medicamentos, insecticidas, conservantes alimentarios... El proceso se lleva a cabo en dos fases:

---

Las sustancias entran en la célula y se dirigen al REL, donde se transforman químicamente para inactivar su toxicidad y facilitar su solubilidad.

A continuación, pasan al exterior de la célula. Allí son captadas por el torrente sanguíneo, que las transporta hasta el riñón, donde son eliminadas.

---

Otros tipos celulares también tienen un retículo liso muy desarrollado, como es el caso de las células musculares. En ellas actúa como almacén y regulador de la concentración de calcio en el citosol, ya que este ion es decisivo en los procesos de contracción y relajación musculares.

El retículo endoplasmático está íntimamente relacionado, mediante vesículas de transporte, con otro compartimento celular, el aparato de Golgi, que describimos a continuación.

#### **5.3.3.7. Aparato de Golgi**

Es un orgánulo común a todas las células eucariotas y está especialmente desarrollado en las que tienen actividad secretora.

##### **Estructura**

Está formado por una serie de vesículas en forma de saco llamadas cisternas; en su interior se encuentra un espacio llamado lumen del aparato de Golgi. Las cisternas se apilan en grupos de cinco a diez y forman un dictiosoma.

En las proximidades de los dictiosomas hay una gran cantidad de pequeñas vesículas que se forman en las cisternas y que se desprenden de ellas.

Los dictiosomas presentan dos caras bien diferenciadas:

- **La cara cis:** Orientada hacia el retículo endoplasmático, por la que los materiales procedentes de este orgánulo se incorporan a las cisternas.
- **La cara trans:** Opuesta a la anterior, por donde se liberan las vesículas de secreción, que contienen los productos de la actividad del aparato de Golgi y que se dirigen hacia la membrana plasmática o hacia los lisosomas. Funciones En el aparato de Golgi se producen el almacenamiento y la transformación de las sustancias procedentes del retículo endoplasmático. Estas transformaciones consisten principalmente en la glicosilación de proteínas y lípidos, sintetizados en el retículo, a cadenas de glúcidos, para obtener glucoproteínas y glucolípidos.

Estas transformaciones se producen de manera secuencial, a medida que las sustancias van pasando de la cara cis a la cara trans de los dictiosomas.

#### 5.3.3.8. Lisosomas

Los lisosomas son orgánulos característicos de las células eucariotas.

##### Estructura

Son pequeñas vesículas de forma y tamaño variables, aunque, generalmente, son esféricas y de un diámetro comprendido entre 0,3 y 0,8  $\mu$ .

Los lisosomas están limitados por una membrana y, en su interior, contienen enzimas hidrolíticas, como lipasas, proteasas, nucleasas... que catalizan la hidrólisis o digestión de macromoléculas. Estos enzimas actúan en condiciones óptimas si el pH es ácido, en torno a 5. El mantenimiento de estas condiciones internas requiere la presencia de bombas de protones que hacen entrar H<sup>+</sup> en el interior de los lisosomas.

##### Funciones

Los lisosomas se encargan de la hidrólisis de macromoléculas. Estas macromoléculas pueden proceder:

- Del exterior de la célula, por endocitosis, por ejemplo, las sustancias nutritivas que tienen que digerirse.
- Del interior de la célula, como es el caso de los componentes de la propia célula que envejecen. Este proceso se conoce como autofagia.

Los lisosomas se constituyen como tales al fusionarse las vesículas que transportan las sustancias que se han de hidrolizar con las vesículas que proceden del aparato de Golgi. El mecanismo podría ser el siguiente:

- A partir de sustancias procedentes del exterior o bien del interior de la célula, se generan unas vesículas que contienen las sustancias que han de hidrolizarse.
- Paralelamente, a partir del aparato de Golgi se forman unas vesículas que contienen los enzimas hidrolíticos.
- Los dos tipos de vesículas se encuentran y se fusionan, y entonces se origina un lisosoma. Algunos seres vivos vierten el contenido de los lisosomas al exterior de la célula, con el fin de degradar sustancias próximas. Muchos grupos del reino de los hongos se caracterizan por llevar a cabo esta digestión externa.

#### 5.3.3.9. Peroxisomas

Están presentes en las células eucariotas y pueden encontrarse dispersos por el citoplasma o bien estrechamente relacionados con otros orgánulos, como mitocondrias o cloroplastos.

##### Estructura

Son orgánulos rodeados de una membrana cuyas formas y dimensiones son variables, y contienen:

- **Enzimas oxidadas:** Oxidan diversos compuestos como ácidos grasos, aminoácidos, bases nitrogenadas, etc.
- **El enzima catalasa:** Degrada peróxido de hidrógeno ( $H_2O_2$ ). Se encuentra a menudo en forma cristalizada y al microscopio electrónico es fácilmente identificable por su aspecto de red.

##### Funciones

Los peroxisomas son orgánulos que contienen enzimas en los que se utiliza oxígeno para eliminar átomos de hidrógeno de unos determinados sustratos.

Como resultado de esta oxidación, en algunos casos se obtiene agua y, en otros casos, peróxido de hidrógeno. Al ser esta última sustancia muy tóxica para las células, se requiere la acción del enzima catalasa, que degrada el peróxido de hidrógeno y produce agua y oxígeno.

Debido a su actividad enzimática, los peroxisomas intervienen en numerosos procesos metabólicos que dependen no sólo del tipo de organismo sino también del tipo de célula y de la fase de actividad en que se encuentre.

Intervienen, por ejemplo:

- En la oxidación de los ácidos grasos que se produce en las semillas oleaginosas cuando están germinando. Estos tipos de peroxisomas reciben el nombre de glioxisomas y la célula los utiliza para producir energía.
- En el proceso de fotorrespiración, mediante el cual las plantas obtienen glúcidos consumiendo oxígeno y liberando dióxido de carbono.

En procesos de destoxicación que tienen lugar en algunos tejidos, como la degradación del etanol en el hígado y en los riñones de los vertebrados.

Muchas de estas reacciones se producen a partir de productos obtenidos en las mitocondrias o los cloroplastos; por ello, hay una relación tan estrecha entre los peroxisomas y estos otros orgánulos.

### **5.3.3.10. Vacuolas**

Las vacuolas son orgánulos característicos de las células vegetales, aunque no exclusivos de ellas.

#### **Estructura**

Están rodeadas de una membrana unitaria o simple llamada tonoplasto, y en su interior se encuentra una sustancia fluida de composición variable.

Las vacuolas pueden ocupar entre un 5 % y un 90 % del volumen celular, aunque casi siempre ocupan más del 30 %.

#### **Funciones**

Desempeñan funciones muy diversas, hasta el punto de que en una misma célula pueden haber vacuolas con funciones diferentes. En las células vegetales, las vacuolas intervienen en estos procesos:

- Constituyen reservas de sustancias nutritivas, que están a disposición de las necesidades de la célula.
- Actúan como almacenes de productos tóxicos para la célula.
- Contribuyen al crecimiento de los tejidos, por presión de turgencia.
- Pueden actuar con funciones análogas a los lisosomas cuando contienen enzimas hidrolíticas que degradan diversas sustancias.
- Contribuyen a la homeostasis del interior celular; por ejemplo, mediante el paso de H<sup>+</sup> a través de su membrana para regular el pH.

En otras células no vegetales existen vacuolas contráctiles. Son características de microorganismos que viven en medios hipotónicos respecto al interior celular, como diversos grupos de protozoos. En estos organismos, el agua del exterior tiende a entrar en el citoplasma para compensar las presiones osmóticas. La vacuola contráctil se encarga de eliminar el exceso de agua.

### 5.3.3.11. Envoltura nuclear

La existencia de envoltura nuclear es una característica diferencial que identifica las células eucariotas.

Aunque no se suele considerar un orgánulo, tanto su estructura membranosa como su función, suficientemente específica, permiten incluirla al final de este apartado sobre los orgánulos limitados por membranas.

#### Estructura

Está formada por una doble membrana, que tiene continuidad con la del retículo endoplasmático y que rodea completamente el núcleo de la célula, limitando el nucleoplasma. Podemos distinguir:

- La membrana nuclear externa, con ribosomas y en contacto con el citoplasma.
- El espacio perinuclear, conectado con el lumen del retículo.
- La membrana nuclear interna, en contacto con el nucleoplasma.

Asociada a la envoltura nuclear se encuentra también la lámina nuclear. Es una red de filamentos de proteína que intervienen en los procesos de disagregación y regeneración de la envoltura nuclear durante la división celular. La envoltura nuclear presenta un gran número de poros, a través de los cuales se realizan los intercambios de sustancias entre el citoplasma y el nucleoplasma. La figura siguiente muestra la estructura de un poro; en ella puede observarse cómo la membrana que forma la envoltura nuclear se cierra sobre sí misma y deja un hueco central; este hueco está limitado por diversas moléculas de proteína.

#### Funciones

Para comprender las funciones de la envoltura nuclear, debemos tener en cuenta dos aspectos:

- La importancia biológica del ADN hace necesario que exista un compartimento para los cromosomas que los separe de numerosas sustancias presentes en el citoplasma que podrían alterar su estructura.

- Para el desarrollo de las actividades celulares que tienen lugar en el núcleo, se requiere una gran cantidad y variedad de proteínas: enzimas que intervienen en la replicación del ADN y su transcripción a ARN o proteínas histonas que estabilizan la estructura de los cromosomas. Todas las proteínas se sintetizan en el citoplasma, por lo que se necesitan mecanismos que permitan el paso hacia el núcleo.

La envoltura nuclear permite el paso de sustancias a través de ella, de un modo selectivo:

- Las moléculas de dimensiones pequeñas, como los nucleótidos o incluso las histonas, pueden pasar a través de los poros.
- Las moléculas de gran tamaño, como los enzimas que polimerizan el ADN, son demasiado grandes para pasar por los poros. Estas grandes proteínas son identificadas de manera específica cuando llegan a los poros, los cuales pueden modificarse y ensancharse para adaptarse a las dimensiones de las moléculas que han de acceder al núcleo.

### **5.3.3.12. El citosol**

Es la parte del citoplasma que ocupa el espacio comprendido entre los orgánulos membranosos. También lo denominamos hialoplasma por su aspecto translúcido.

#### **Composición y funciones**

El citosol está constituido mayoritariamente por agua; además, contiene una gran variedad de sustancias que intervienen en el metabolismo celular: proteínas, ARN de diversos tipos, aminoácidos, glúcidos, nucleótidos e iones de naturaleza diversa.

En su composición, destaca la gran abundancia de proteínas, ya que a menudo entre el 25 y el 50 % de las proteínas celulares forman parte del citosol.

Entre estas proteínas, se encuentran miles de enzimas y otros tipos de proteínas que forman estructuras organizadas.

Esta abundancia de proteínas lo hace similar a una sustancia gelatinosa altamente organizada.

En el citosol también hay inclusiones, principalmente de naturaleza lipídica o de reserva energética, como el glucógeno, no rodeadas de membranas.

El citosol desempeña las siguientes funciones:

- Constituye una reserva de materiales: Glucosa en disolución y partículas de glucógeno o gotas lipídicas que intervienen en la producción de energía. Estas inclusiones no son

fijas ni permanentes, ya que son arrastradas por corrientes citoplasmáticas y se forman o deshacen según las necesidades de las células.

- Sus características fisicoquímicas hacen de él un lugar adecuado para el desarrollo de numerosas reacciones, tanto anabólicas como catabólicas.

Estas reacciones metabólicas forman complejas rutas interrelacionadas (degradación de hexosas, lípidos, aminoácidos y nucleótidos, y síntesis de las mismas sustancias).

Se ha destacado, en la composición del citosol, la presencia de una gran cantidad de proteínas. Muchas se organizan formando el citoesqueleto, que describimos a continuación.

#### **5.3.3.13. Citoesqueleto**

Es un conjunto de filamentos y túbulos formados por la polimerización de diversas proteínas.

El citoesqueleto es, en muchos casos, una estructura cambiante, ya que cuando la situación fisiológica de la célula lo requiere, se produce la polimerización de las subunidades proteicas, y se constituyen los filamentos y los túbulos. Si estas estructuras no son necesarias, tiene lugar la despolimerización.

En el citoesqueleto podemos distinguir los microfilamentos, los microtúbulos y los filamentos intermedios.

#### **Microfilamentos**

Tienen un diámetro medio de 8 Å. Están formados por proteínas, como la actina y la miosina, que pueden tener una estructura globular o fibrosa.

Los microfilamentos intervienen en diversas funciones:

- Forman el esqueleto endocelular, constituido, principalmente, por fibras de actina adosadas a la cara interna de la membrana plasmática. La consistencia de esta estructura puede cambiar según las necesidades de la célula. El esqueleto endocelular tiene numerosas funciones:

---

Da forma a la membrana plasmática.

Produce deformaciones de la membrana que originan los seudópodos, mediante el deslizamiento de los microfilamentos de actina sobre los de miosina.

Estabiliza la estructura de las microvellosidades en las membranas plasmáticas.

---

Participa en la formación de vesículas de endocitosis.

Interviene en la formación de las corrientes que se observan en el interior del citoplasma.

Forma parte del anillo contráctil que divide el citoplasma en dos durante la división celular.

---

- Permiten la contracción muscular en el interior de las células musculares.

A lo largo de la célula se distribuyen haces de filamentos de actina y de miosina, unidos por sus extremos a la membrana plasmática de las células musculares. Si observamos al microscopio, las células musculares ofrecen una imagen muy característica.

El deslizamiento de las fibras de miosina entre las de actina produce el acortamiento de los haces de microfilamentos y, por tanto, de las células.

Este proceso de contracción requiere energía e iones  $\text{Ca}^{2+}$ . El proceso de relajación es pasivo, ya que las células musculares recuperan su longitud por la acción de fibras antagonistas; es decir, fibras cuya contracción provoca el alargamiento de las células contraídas.

## **Microtúbulos**

Son estructuras cilíndricas de unos 25 Å de diámetro y longitud variable. La proteína que predomina es la tubulina. Podemos distinguir:

- Microtúbulos que se encuentran de manera permanente en la célula, como los que forman los centriolos, los cilios y los flagelos.

Los centriolos miden 0,4 m de longitud y 0,2 m de diámetro. Son estructuras formadas por nueve grupos de tres microtúbulos (tripletes). Las células animales suelen tener dos centriolos dispuestos perpendicularmente uno respecto del otro en la zona próxima al núcleo. Los dos centriolos forman parte del centrosoma, una zona de la célula que organiza la disposición de los microtúbulos que participarán en la división celular.

Los cilios y los flagelos tienen un diámetro aproximado de 0,2 m y una longitud de 5 a 10 m, en el caso de los cilios, y de más de 50 m, en el caso de los flagelos. En su estructura distinguimos:

**El axonema:** Presenta nueve dobletes y dos microtúbulos centrales unidos por un armazón y rodeados de membrana plasmática.

**La zona de transición:** Próxima a la placa basal, que será la base de los microtúbulos centrales que aparecen en el axonema. La zona de transición presenta nueve tripletes de microtúbulos.

**El corpúsculo basal:** Situado en la base y formado por nueve tripletes dispuestos alrededor de una estructura que actúa como armazón.

Microtúbulos que modifican su disposición dependiendo de las fases del ciclo celular. Generalmente, se disponen en forma radial alrededor de los centríolos cuando la célula se encuentra en interfase. Durante la división celular, forman el huso mitótico, que tiene como función repartir los cromosomas en dos grupos iguales. Los microtúbulos también intervienen en el desplazamiento de los orgánulos.

### **Filamentos intermedios**

Son fibras que tienen un diámetro que va de 8 a 10 Å; es decir, intermedio entre el de los microfilamentos y el de los microtúbulos.

Están compuestos por diversas proteínas, siendo la más abundante la queratina.

Se disponen formando un entramado que se extiende desde la zona próxima al núcleo hasta la periferia de las células. También forman la lámina nuclear, situada en el núcleo y en contacto con la cara interna de la envoltura nuclear. Parece ser que tienen una función estructural y están muy desarrollados en tejidos que han de soportar tensiones mecánicas, como los epitelios.

#### **5.3.3.14. Ribosomas**

Los ribosomas se encuentran tanto en las células procariotas como en las eucariotas. Están compuestos por ARN y proteínas.

En las células eucariotas, están libres en el citosol, adheridos al retículo endoplasmático rugoso y a la envoltura nuclear, así como en el interior de los cloroplastos y las mitocondrias.

#### **Estructura**

Todos los ribosomas presentan una estructura similar en la que se distinguen dos subunidades, una grande y una pequeña, que se identifican cuando se produce una ultracentrifugación. Los ribosomas completos tienen un coeficiente de sedimentación de 80 S. La subunidad grande tiene un coeficiente de 60 S y la pequeña, de 40 S.

En cada subunidad se identifican diversas cadenas de ARN, que como componente de los ribosomas, recibe el nombre de ARN ribosómico (ARNr), y numerosas moléculas de proteína.

Aunque existen algunas diferencias en cuanto al tamaño de las moléculas de ARNr en diferentes seres vivos, se observa una gran similitud en la forma en que se pliegan estas moléculas.

En cuanto al contenido en proteínas, los ribosomas presentan diferencias de composición muy notables en diversos seres vivos.

Los ribosomas de los cloroplastos y de las mitocondrias tienen unas dimensiones menores que los libres y los que están adheridos al retículo o a la envoltura nuclear.

### Función

En los ribosomas tiene lugar la síntesis de proteínas; es decir, la unión de los aminoácidos de una proteína que sigue una secuencia establecida genéticamente.

En el ribosoma se ensamblan las moléculas que intervienen en este proceso:

- El ARNm, que sintetizado a partir del ADN de los cromosomas, contiene la pauta para la unión de los aminoácidos.
- El ARNr, que es el portador de los aminoácidos.

Tanto el ARNm como el ARNr se unen a la subunidad pequeña de los ribosomas. La subunidad grande cataliza el enlace peptídico que se establece entre los aminoácidos, formando el péptido que se requiera.

En todo el proceso, parece ser que el papel del ARNr es fundamental, mientras que el de las proteínas ribosómicas no es tan relevante; algunos autores suponen que no condicionan la síntesis, aunque la intensifican.



# **6. Sistema digestivo y nutrición**

## **6.1. El sistema digestivo**

Todos los seres vivos deben cumplir las tres funciones vitales: nutrición, relación y reproducción. En concreto, la función de nutrición consiste en la incorporación y la transformación de materia y energía para llevar a cabo las actividades metabólicas propias del organismo. Los sistemas que intervienen en la nutrición del ser humano son el sistema digestivo y el sistema excretor.

El sistema digestivo cumple las siguientes funciones:

- Digestión o transformación de los alimentos hasta convertirlos en nutrientes.
- Absorción o incorporación de los nutrientes y el agua desde el sistema digestivo a la circulación sanguínea.

### **6.1.1. Órganos y partes del sistema digestivo**

El sistema digestivo está formado por el tubo digestivo y las glándulas anexas.

- El tubo digestivo recibe este nombre porque es un conducto de unos 10 o 12 metros que se abre al exterior por los dos extremos. Comprende la boca, la faringe, el esófago, el estómago, el intestino delgado, el intestino grueso y el ano.

Uno de los tejidos que constituyen el tubo digestivo es el tejido muscular, responsable de los movimientos peristálticos que impulsan los alimentos en su recorrido por el tubo digestivo.

- Las glándulas anexas están conectadas al tubo digestivo. Estas son las glándulas salivales, situadas en la boca; y el páncreas y el hígado, conectados al intestino delgado.

Estas glándulas fabrican unas sustancias que se mezclan con el contenido del tubo digestivo y participan en la digestión.

A continuación, veremos cómo participan estos órganos y partes en el proceso de la digestión y absorción.

## La digestión

El proceso de la digestión consta de diversas fases, que empiezan en la boca y se prolongan a lo largo del tubo digestivo. Estas fases son la masticación, la insalivación, la deglución, la digestión estomacal, la digestión intestinal, la absorción de nutrientes y la formación de heces.

En la boca tienen lugar la masticación y la insalivación. La masticación es el troceado de los alimentos que realizan los dientes, y la insalivación es la mezcla de estos con la saliva que segregan las glándulas salivales. Los movimientos de la lengua contribuyen a la insalivación. Como resultado, los alimentos forman una masa pastosa denominada bolo alimenticio.

La deglución es el paso del bolo alimenticio de la boca al estómago a través de la faringe y el esófago. El bolo alimenticio pasa por el cardias, un anillo muscular que regula el paso de sustancias y que comunica el esófago con el estómago.

En este último tiene lugar la digestión estomacal, producida gracias a los movimientos del estómago y a la secreción del jugo gástrico, que contiene una sustancia corrosiva y es producida por las glándulas gástricas del estómago. Como resultado de la digestión estomacal, el bolo alimenticio se transforma en quimo.

Al terminar la digestión estomacal, el anillo muscular situado a la salida del estómago, el píloro, se abre para que el quimo pase al intestino delgado.

En el intestino delgado se realiza la digestión intestinal gracias a diferentes jugos digestivos: el jugo pancreático, segregado por el páncreas; la bilis, fabricada en el hígado, almacenada en la vesícula biliar y vertida al intestino a través de un conducto; y el jugo intestinal, producido por las glándulas intestinales.

Estos jugos convierten el quimo en quilo.

La absorción es el paso de los nutrientes a través de la pared intestinal hacia la sangre. En el intestino delgado, la pared interior presenta numerosos pliegues que forman las microvellosidades. Así, se aumenta la superficie por la que los nutrientes pasan al sistema circulatorio.

Los restos de los alimentos que no han sido digeridos continúan su recorrido a través del intestino grueso, impulsados por los movimientos peristálticos de este conducto.

La mayor parte del agua que contienen estos restos es absorbida a través de la pared del intestino grueso y pasa a la sangre y al interior de las células.

Los últimos restos de los alimentos se compactan y forman las heces, que en el momento de la defecación son eliminadas por el recto.

En la especie humana, se calcula que transcurren entre 24 y 48 horas desde que los alimentos entran en la boca hasta que son eliminados.

### **6.1.2. La salud del sistema digestivo**

Hoy en día sabemos con certeza que nuestra salud depende, en gran parte, de los hábitos de vida que adoptemos.

En el buen funcionamiento del sistema digestivo influyen directamente los alimentos que tomamos en nuestra dieta, pero también lo hacen diversos hábitos y costumbres, como por ejemplo:

Lavarse las manos antes de las comidas.

Cepillarse los dientes después de las comidas utilizando un dentífrico con flúor. Un cepillado correcto de los dientes debe durar como mínimo unos tres minutos.

Masticar bien los alimentos y adoptar una postura correcta al sentarnos a la mesa para facilitar una ingestión adecuada.

Procurar que el acto de comer sea un momento de relajación, que compartamos con personas con las cuales podamos mantener una conversación tranquila y agradable.

Sin embargo, muchas veces podemos padecer trastornos o enfermedades independientemente de nuestros hábitos. Algunos de estos trastornos o enfermedades son la gastritis, la hepatitis y la úlcera péptica.

La exploración endoscópica es una técnica que se utiliza frecuentemente en la exploración de diversos órganos y partes del sistema digestivo podemos realizar diversas pruebas. La exploración endoscópica es una técnica que se utiliza frecuentemente en la exploración de diversos órganos y partes del sistema digestivo y consiste en la introducción de una sonda en determinados conductos u órganos. Las sondas son aparatos que constan de un tubo flexible que dispone de un sistema de iluminación y un sistema óptico capaz de transmitir imágenes. A través del tubo, también se pueden pasar pequeños instrumentos que permitan tomar muestras de tejidos.

#### **Trastornos digestivos**

**Gastritis:** Se trata de una inflamación del tejido que recubre el interior del estómago debido a la ingestión de alimentos en mal estado, excesivamente picantes, en excesiva cantidad, etc. Entre los síntomas destacan la ausencia de apetito y las náuseas. El tratamiento consiste en seguir una dieta ligera.

**Hepatitis:** Se trata de una inflamación del hígado causada en la mayoría de los casos por la infección de un virus. Los síntomas pueden ser dolores abdominales, cansancio,

trastornos digestivos, etc. El tratamiento consiste en el reposo, seguir una dieta sana y la administración de ciertos medicamentos.

**Úlcera péptica:** Es una lesión en el tejido que recubre el interior del estómago o del intestino delgado, debido a la acción excesivamente corrosiva del jugo gástrico. Los síntomas suelen ser dolor en la parte superior del abdomen y la sensación de ardor en el estómago. El tratamiento consiste en el reposo, seguir una dieta ligera y la administración de medicamentos.

## 6.2. El sistema excretor

La principal función de este sistema es expulsar las sustancias de desecho procedentes del metabolismo celular que ha recogido y transportado la sangre. El sistema excretor comprende el sistema digestivo, el sistema respiratorio, las glándulas sudoríparas y el aparato urinario.

### 6.2.1. Órganos y partes del aparato urinario

El aparato urinario está formado por los riñones y las vías urinarias.

- **Los riñones:** Son dos órganos situados uno a cada lado de la columna vertebral, por encima de la cintura. En estos órganos se produce la orina a partir de la filtración de la sangre.
- **Las vías urinarias:** Conducen y acumulan la orina hasta el momento de ser expulsada del cuerpo. Están constituidas por los uréteres, la vejiga urinaria y la uretra.
- **Los uréteres:** Son dos conductos que conducen la orina hasta la vejiga urinaria. Cada uno de ellos parte de un riñón.
- **La vejiga urinaria:** Es un órgano situado al final de los uréteres en el que se acumula la orina.
- **La uretra:** Es un órgano en forma de tubo que parte de la vejiga. Se abre al exterior mediante un esfínter para expulsar la orina.

#### La formación de orina

Cada riñón contiene, aproximadamente, un millón de nefronas, que son pequeñas estructuras encargadas de filtrar la sangre y formar la orina. Cada nefrona consta de un glomérulo renal, que es un ovillo de capilares envueltos por la cápsula de Bowman, y un túbulos renal.

En el glomérulo se filtra la sangre, de modo que una mezcla de agua y sustancias pasa a la cápsula de Bowman.

Esta mezcla sale hacia el túbulo renal, donde gran parte del agua y de las sustancias que son aprovechables es reabsorbida por capilares adyacentes. Además, desde estos capilares se excretan directamente a los túbulos renales otras sustancias. Las nefronas se disponen en el riñón de forma que el glomérulo se encuentra en la parte más externa, mientras que el túbulo renal se adentra hacia la parte central. Los túbulos renales se agrupan formando unos conos o pirámides renales.

Las sustancias de desecho y parte del agua de los túbulos renales, es decir, la orina se dirigen hacia los uréteres a través de la pelvis renal.

Las paredes de los uréteres contienen tejido muscular que genera movimientos peristálticos. Estos movimientos impulsan la orina hacia la vejiga y de allí, a través de la uretra, se expulsa al exterior.

### 6.2.2. La salud del sistema excretor

Nuestro sistema excretor puede verse directamente afectado por varios trastornos, algunos de los cuales podemos prevenir o atenuar si seguimos los siguientes hábitos:

- Beber dos litros de agua al día; ello favorece el funcionamiento de los riñones.
- Efectuar entre cuatro y seis micciones diarias aproximadamente. Retener la orina en la vejiga puede resultar nocivo y favorecer la aparición de infecciones.
- Evitar que, durante el uso de papel higiénico, entren en contacto la uretra y el ano, lo que puede originar infecciones de orina.

Algunas enfermedades del sistema excretor son:

- **Insuficiencia renal:** Es un trastorno de los riñones que produce deficiencias en el filtrado de la sangre, lo que aumenta las sustancias de desecho en la sangre. Las causas pueden ser muchas: una hemorragia, la hipertensión arterial, un infarto de miocardio, etc. Los síntomas pueden ser un descenso en el volumen de orina evacuado, anemia, náuseas, etc. El tratamiento consiste en la hidratación del paciente y la administración de medicamentos que eviten la retención de orina.
- **Pielonefritis:** Es una inflamación del riñón debido a una infección. Los síntomas son fiebre, dolor lumbar, sensación de ardor al orinar, etc. El tratamiento consiste en la administración de medicamentos para combatir la infección.

Del mismo modo que pasa con los análisis de sangre, los análisis de orina son una prueba que permite detectar, además de trastornos que afectan el sistema excretor, trastornos de otros órganos del cuerpo que se ponen de manifiesto en la orina.

Algunos de los parámetros que se analizan son el pH, valor que nos indica la acidez de la orina; urea, cantidad de urea eliminada en veinticuatro horas; glucosuria, cantidad de glucosa por ml de orina; bilirrubina, cantidad de bilirrubina por ml de orina; sedimento, el cual se obtiene dejando reposar la orina y puede contener eritrocitos, leucocitos, bacterias, cristales, etc.

Como en el caso de los parámetros sanguíneos, una alteración de estos valores puede indicar algún trastorno. Por ejemplo, valores más elevados de pH, eritrocitos, leucocitos o bacterias pueden indicar que se sufre una infección urinaria.

## 6.3. Nutrición

Como sabemos, gracias al proceso de digestión llevado a cabo por el sistema digestivo, los alimentos se transforman en nutrientes.

### 6.3.1. Los nutrientes

Los nutrientes son las sustancias químicas que constituyen los alimentos y que son utilizados por las células para llevar a cabo sus funciones vitales.

Al proceso mediante el cual un organismo selecciona e ingiere los alimentos lo denominamos alimentación. De este modo, podemos decir que este proceso también forma parte de la función de nutrición.

A continuación, veremos las características de los nutrientes, su valor energético y la clasificación de los alimentos.

#### Características de los nutrientes

Los nutrientes pueden ser compuestos orgánicos o inorgánicos.

- Los nutrientes orgánicos se caracterizan por que sus moléculas contienen principalmente carbono y forman parte de los seres vivos. Los nutrientes orgánicos son los glúcidos, los lípidos, las proteínas y las vitaminas.

Los glúcidos son un grupo de sustancias muy extenso y variado, que pueden ser solubles o insolubles en agua.

---

Glúcidos simples o azúcares. Son dulces, de color blanco y solubles en agua.	Ejemplos: Glucosa: Fruta, miel. Galactosa: Leche.
Glúcidos complejos o polisacáridos. No son dulces ni solubles en agua.	Ejemplos: Almidón: Legumbres, cereales y tubérculos. Celulosa: Vegetales.

---

La función de los glúcidos es esencialmente energética, constituyen la reserva energética del organismo que se utiliza en primer lugar. Algunos desempeñan también funciones estructurales. La glucosa es el glúcido más importante y la principal fuente de energía de muchas células.

Los lípidos se caracterizan por ser insolubles en agua.

---

Lípidos complejos o triacilgliceroles. Aquellos que a temperatura ambiente se encuentran en estado sólido los denominamos grasas, y los que se encuentran en estado líquido, aceites.	Ejemplos: Grasas: Mantequilla, tocino. Aceites: De oliva, girasol, maíz.
Lípidos sencillos	Ejemplos: Colesterol: Carne, queso y yema de los huevos.

---

La función principal de los lípidos es energética, ya que se acumulan en las células del tejido adiposo para ser utilizados en caso de necesidad. También tienen un papel estructural muy importante en la constitución de las membranas celulares.

Las proteínas se caracterizan por formar soluciones coloidales, es decir, en un medio acuoso se dispersan en forma de partículas.

La función principal de las proteínas es estructural. Son imprescindibles para la formación y el crecimiento de las células y los tejidos. Muchas proteínas también tienen una función reguladora de algunos procesos metabólicos.

---

Ejemplos: Ovoalbúmina: Clara de huevo. Caseína: Leche.

---

Las vitaminas son compuestos de origen lipídico o proteico necesarios en pequeñas cantidades y que no pueden ser sintetizados por el organismo. Una alimentación variada contiene todas las vitaminas necesarias

---

Vitaminas liposolubles. Se disuelven en lípidos.

Ejemplos: Vitamina A1: Yema de los huevos, verduras y mantequilla.

Vitaminas hidrosolubles. Se disuelven en agua.

Ejemplos: Vitamina C: Frutas, especialmente naranjas.

---

Las vitaminas tienen función reguladora de numerosos procesos metabólicos.

Los nutrientes inorgánicos se caracterizan por formar parte tanto de los seres vivos como de la materia inanimada. Son el agua y los elementos minerales.

El agua es la sustancia más abundante en los seres vivos y es imprescindible para el desarrollo de la vida. El agua constituye un 60- 70 % de la masa total del cuerpo humano. Nuestro organismo necesita un aporte diario de 1,5 a 2,5 l de agua, que son ingeridos a través de la bebida, o bien, formando parte de los alimentos que comemos.

La función del agua es estructural, al hinchar y dar volumen a las células; y reguladora, por ejemplo, de la temperatura corporal.

Los elementos minerales se precisan en cantidades muy pequeñas en comparación a los nutrientes orgánicos y el agua. La función de los elementos minerales es reguladora y estructural.

---

Ejemplos: Calcio: Leche, yogur, queso, frutos secos y legumbres. Fósforo: Carne, pescado, mariscos, leche y legumbres. Hierro: Hígado, carne en general y yema de huevo.

---

---

El marisco es rico en minerales como el hierro y el fósforo

---

## Vitaminas

A continuación vemos otros ejemplos de vitaminas y los alimentos donde se encuentran.

- **Vitamina B1:** Se encuentra en los cereales, las legumbres y las verduras.
- **Vitamina B2:** Se encuentra en los huevos, la leche, el hígado y las frutas.
- **Vitamina D3:** Se encuentra en los aceites de hígado de pescado y en la leche.

- **Vitamina K1:** Se encuentra en las hojas de las plantas verdes, el hígado, los riñones y algunas frutas.

### Valor energético de los nutrientes

Como ya sabemos, el mantenimiento de las funciones vitales y el desarrollo de las actividades cotidianas implican un gasto de energía. Esta energía solo puede obtenerse de algunos nutrientes, principalmente de los glúcidos y los lípidos.

Para expresar el valor energético de los nutrientes y, por tanto, de los alimentos que los contienen, utilizamos las siguientes unidades de energía: la caloría (cal), la kilocaloría (kcal) o el kilojulio (kJ). En el siguiente cuadro, podemos ver la equivalencia entre ellas.

---


$$1 \text{ kcal} = 1\,000 \text{ calorías}$$

$$1 \text{ kcal} = 4,184 \text{ kJ}$$

$$1 \text{ kJ} = 0,239 \text{ kcal}$$


---

El valor energético de los nutrientes es:

---


$$1 \text{ g de glúcidos} \quad 15,65 \text{ kJ}$$

$$1 \text{ g de lípidos} \quad 38,91 \text{ kJ}$$

$$1 \text{ g de proteínas} \quad 17,57 \text{ kJ}$$


---

La cantidad mínima de energía que se precisa para mantener las funciones vitales del organismo en reposo varía según el sexo, la edad, el peso, la altura y las actividades realizadas. En una situación de reposo absoluto este valor es aproximadamente de 96 kJ/kg de peso por día en las mujeres y de 100 kJ/kg de peso por día en los hombres.

A continuación, podemos ver cómo cambian las necesidades energéticas diarias desde la infancia hasta los dieciocho años, distinguiendo entre chicas y chicos.

### Necesidades energéticas

Las necesidades energéticas diarias según la actividad en la población entre trece y dieciocho años son las siguientes:

- **Actividad física ligera:** Estar sentado en clase, estar de pie... Mujeres: 9000 kJ Hombres: 10 700 kJ

- **Actividad física mediana:** Estudiar, caminar, practicar natación... Mujeres: 10 000 kJ Hombres: 12 000 kJ
- **Actividad física intensa:** Practicar atletismo, jugar al fútbol... Mujeres: 12 000 kJ Hombres: 14 250 kJ

### **6.3.2. Los grupos de alimentos**

Los alimentos son sustancias naturales o transformadas que contienen los nutrientes.

Además de los nutrientes, los alimentos también contienen otras sustancias responsables de su color, olor, sabor y textura.

Las proporciones de los nutrientes en cada alimento son muy variables. Por tanto, existen unos alimentos mucho más ricos en nutrientes que otros. Por ejemplo, las frutas contienen una mayor cantidad de glúcidos que las verduras.

Los alimentos pueden clasificarse según varios criterios: su origen, los nutrientes que contienen y su función.

La clasificación más aceptada es la que agrupa los alimentos con características nutritivas parecidas. Según esto, distinguimos siete grupos de alimentos.

**Grupo 1:** Grupo de la leche y los derivados lácteos. Contienen principalmente proteínas y calcio.

**Grupo 2:** Grupo de las carnes, el pescado y los huevos. Contienen principalmente proteínas.

**Grupo 3:** Grupo de los tubérculos, las legumbres y los frutos secos. Contienen principalmente glúcidos y proteínas.

**Grupo 4:** Grupo de las verduras y hortalizas. Contienen vitaminas y elementos minerales.

**Grupo 5:** Grupo de las frutas. Contienen vitaminas y sales minerales.

**Grupo 6:** Grupo del pan, la pasta, los cereales, el azúcar y los dulces. Contienen principalmente glúcidos.

**Grupo 7:** Grupo de las grasas, el aceite y la mantequilla. Contienen lípidos.

### **6.3.3. El consumo de alimentos**

Los alimentos que consumimos, además de contener los nutrientes que necesita nuestro organismo, también deben cumplir unos requisitos higiénicos. Por este motivo, debemos

conocer los procesos relacionados con su obtención, conservación y comercialización, que trataremos en este apartado.

### Obtención de los alimentos

La mayoría de los alimentos que consumimos procede de explotaciones agrícolas y ganaderas. Otros, como el pescado, pueden obtenerse directamente de la naturaleza mediante la pesca o mediante técnicas de producción.

Vamos a conocer los tres principales métodos de producción de alimentos.

- **Producción agrícola:** En la actualidad se realiza en su mayoría de forma intensiva, debido a la necesidad de cubrir la gran demanda de productos agrícolas. En la agricultura intensiva se invierten muchos recursos por hectárea cultivada para incrementar su productividad. Así, por ejemplo, se utiliza una gran cantidad de pesticidas y fertilizantes químicos.
- **Producción ganadera:** De igual modo que la agricultura, la mayor parte de la producción ganadera es intensiva. En este tipo de ganadería, se crían una gran cantidad de animales en naves y se alimentan con piensos que se elaboran con restos de productos agrícolas y ganaderos. Los piensos también pueden contener hormonas y antibióticos para acelerar el desarrollo y controlar las enfermedades de los animales.
- **Producción pesquera:** En la actualidad, una tercera parte del pescado que consumimos procede de la acuicultura, es decir, la cría o cultivo de especies comerciales acuáticas. Estas especies también se alimentan con piensos.

Los pesticidas, los fertilizantes, las hormonas, etc., que se añaden durante todos estos procesos para incrementar la producción pueden modificar los alimentos resultantes. Si ingerimos estos productos a través de los alimentos, pueden acumularse en los tejidos y producir trastornos de diversa gravedad.

En los últimos años, se ha incrementado la producción de alimentos naturales o ecológicos, en cuya producción no intervienen productos artificiales.

Es el caso de los alimentos que proceden de la agricultura ecológica, en la que se utilizan los cultivos más adecuados para la zona en que se cultiva, sin el uso de pesticidas y fertilizantes químicos. De este modo, se consiguen productos de una mayor calidad que no contienen residuos tóxicos. La principal desventaja de la agricultura ecológica es que es mucho menos productiva que la agricultura intensiva, por lo que sus productos son más caros.

### Cultivos transgénicos

Los cultivos transgénicos son aquellos en los que a las plantas que los constituyen se les ha modificado el ADN mediante ingeniería genética.

La finalidad de esta modificación es dotar a los cultivos de unas características deseadas, como la resistencia a las plagas, la mejora de su valor nutritivo y sus posibilidades de conservación. Actualmente existen variedades transgénicas de muchas plantas, como la soya, el maíz, la papa, el tomate, etc.

Los cultivos transgénicos pueden ser una alternativa al uso abusivo de pesticidas y fertilizantes, aunque desconocemos las repercusiones de estos alimentos sobre la salud humana y el medioambiente.

#### **6.3.3.1. Conservación de los alimentos**

La mayoría de los alimentos pueden estropearse si pasan un cierto tiempo a temperatura ambiente. Para evitar su descomposición y a la vez mantener sus componentes nutritivos, se pueden aplicar diferentes técnicas de conservación. Gracias a estas técnicas, hoy en día podemos disponer de muchos alimentos durante más tiempo.

Las principales técnicas de conservación son la aplicación de frío, de calor, la deshidratación y la incorporación de aditivos.

La aplicación de frío puede realizarse mediante refrigeración o congelación. En la refrigeración se conservan los alimentos entre 2 y 7 °C, lo que garantiza su conservación durante unas horas o días. Por ejemplo, las verduras se conservan entre 2-7 días por refrigeración.

La congelación consiste en enfriar los alimentos hasta alcanzar los -20 °C. De este modo pueden conservarse varios meses según el alimento. Las verduras congeladas pueden conservarse de 12 a 18 meses.

La aplicación de calor puede ser mediante la pasteurización y la esterilización. En la pasteurización se exponen los alimentos a unos 80 °C para inactivar los microorganismos. Posteriormente, estos alimentos han de guardarse refrigerados. Es el caso de la leche pasteurizada.

En la esterilización la temperatura a la que se somete los alimentos es superior y ello puede provocar la pérdida de propiedades de los alimentos. La leche también puede esterilizarse.

La deshidratación consiste en disminuir al máximo el contenido de agua de los alimentos. Esta técnica podemos realizar de forma natural como en el caso de las legumbres, o mediante la aplicación de calor, como en el puré de papas deshidratado.

Los aditivos son sustancias que se añaden a los alimentos sin cambiar su valor nutritivo. Entre los aditivos que se utilizan hoy en día encontramos los conservantes, que impiden que los alimentos se deterioren y permiten que se conserven durante más tiempo.

### **6.3.3.2. Comercialización de los alimentos**

El envasado es un sistema para contener el producto y, en muchas ocasiones, también para protegerlo frente a los microorganismos, los insectos, el aire, la humedad, etc. Los envases pueden ser envases de vidrio, envoltorios de papel, recipientes de cartón, recipientes de plástico, latas metálicas, etc. Todos los alimentos envasados deben llevar una etiqueta que contiene información sobre el alimento.

En el transporte y el almacenaje de los alimentos debe tenerse en cuenta que las condiciones de temperatura, humedad, aislamiento, etc., sean las idóneas. En los puntos de distribución y venta también se han de cumplir unos requisitos sanitarios. Por ejemplo, que los alimentos estén ubicados sobre estantes; que las refrigeradoras no estén sobrecargados; que el local esté limpio y las personas que trabajan en él, aseadas; etc.

Antes de la compra de los alimentos, es conveniente hacer una planificación teniendo en cuenta el número de comensales, la cantidad de comida que se va a preparar, la capacidad de almacenamiento que tenemos en casa y el grado de conservación de los alimentos que compraremos.

Para poder comercializar los alimentos, es necesario que, además de la conservación, se les aplique otra serie de procesos tecnológicos: envasado, transporte y almacenaje. Una vez finalizados estos procesos, los alimentos ya están listos para su compra.

Si realizamos la compra en un establecimiento donde podemos encontrar todo tipo de alimentos, conviene que sigamos un determinado orden. Empezaremos por los alimentos que no se estropean fácilmente, como las conservas y algunos productos envasados, y terminaremos por los que precisan unas condiciones más estrictas para su conservación, como los alimentos frescos o los congelados. El orden recomendado en la compra de estos alimentos es el siguiente:

1. Legumbres, conservas y cereales
2. Frutas, verduras y hortalizas
3. Huevos, embutidos, derivados lácteos y carne
4. Pescado
5. Alimentos congelados

Todos los productos envasados que adquiramos deben llevar una etiqueta. Esta nos dará la siguiente información:

- Nombre del producto o alimento que contiene el envase.
- Marca comercial o nombre con el que se registra.

- Nombre del fabricante.
- Número de inscripción en el registro sanitario.
- Ingredientes, es decir, los distintos alimentos utilizados en la elaboración del producto.
- Aditivos que se han añadido, ya sean conservantes, potenciadores del sabor o del color, etc.
- Peso o volumen del producto. El peso neto corresponde al peso del alimento sin el envase.
- Condiciones de conservación recomendadas para que el producto no pierda sus propiedades.
- Fecha de caducidad, es decir, fecha a partir de la cual no debe consumirse el alimento.

Cuando realizamos la compra también debemos tener presentes las ventajas de consumir frutas y verduras, y otros productos frescos, de producción local. Entre sus ventajas, destaca que el contenido nutricional de los productos frescos de producción local es mayor que el de aquellos que proceden de lejos, que han pasado un período de tiempo más largo de almacenaje y transporte.

#### **6.3.4. La dieta**

Nuestra dieta y nuestros hábitos alimentarios influyen directamente en el buen funcionamiento de nuestro sistema digestivo.

El conjunto de los alimentos que tomamos en un período determinado constituye la dieta.

La dieta debe ser:

- **Sana:** Ha de satisfacer todas nuestras necesidades nutricionales.
- **Equilibrada:** Debe cubrir todas las necesidades energéticas, estructurales y reguladoras del organismo, sin que haya exceso o déficit de ningún nutriente. Por tanto, debe tener presentes parámetros como la edad, la altura, la actividad y el sexo de la persona.
- **Variada:** Debemos consumir todos los alimentos de un mismo grupo, de forma alterada.

Para mantener una dieta sana, equilibrada y variada debemos tomar una cantidad diaria recomendada de cada grupo de alimentos que normalmente se expresa en raciones o fracciones de estas. Una ración es la cantidad habitual que se toma de un alimento en un

plato o vaso. En el cuadro de abajo, podemos ver algunos ejemplos de las cantidades que se consideran una ración de algunos alimentos.

Podemos representar gráficamente la proporción de las raciones necesarias en nuestra dieta diaria en forma de pirámide.

La fibra vegetal es un componente esencial de nuestra dieta. La fibra vegetal facilita la circulación de las heces por el intestino delgado, evitando el estreñimiento.

Se recomienda tomar unos 30 g de fibra al día. Los alimentos más ricos en fibra vegetal son las avellanas, las almendras, los los fréjoles y las espinacas.

**1 ración del grupo 1:** Leche y derivados lácteos

200 ml de leche (1 vaso)

2 unidades de yogur

40-50 g de queso tipo manchego

**1 ración del grupo 2:** Carnes, pescados y huevos

80-100 g de ternera

150 g de pescado

250 g de pollo o conejo

2 huevos

**1 ración del grupo 3:** Tubérculos, legumbres y frutos secos

350 g de papas (1 plato)

80 g de legumbres (1 plato)

**1 ración del grupo 4:** Verduras y hortalizas

250 g de verdura (1 plato)

1 par de tomates

**1 ración del grupo 5:** Frutas

1 plátano

1 manzana

2 o 3 mandarinas

**1 ración del grupo 6:** Pan, pasta, cereales, azúcar y dulces.

60 g de pan

80 g de arroz, fideos, macarrones (1 plato)

**1 ración del grupo 7:** Grasas, aceites y mantequilla

10 g de aceite (aceite de las ensaladas, salsa de los guisos)

10 g de mantequilla en tostadas

En una dieta equilibrada, el número de raciones diarias de cada grupo de alimentos que debe tomar una persona depende de la constitución física y del peso de cada individuo.

**Tabla 6.9.: Número de raciones diarias de cada grupo de alimentos**

Peso	Grupo 1	Grupo 2	Grupos 3 y 6	Grupo 4	Grupo 5	Grupo 7
50 kg	1.5	1.5	4	1.5	1.5	40-60 g
60 kg	1.5	1.5	6	1.5	1.5	40-60 g
70 kg	2	2	6	2	2	40-60 g

La distribución de las raciones a lo largo del día depende del número de comidas que se realicen. Los expertos recomiendan cinco y nunca menos de tres.

Veamos, a continuación, un ejemplo de dieta equilibrada, distribuida en cinco comidas, para una persona adulta de entre 50 y 60 kg de peso y con una actividad física moderada.

### **Desayuno**

Un tazón de leche 1 ración grupo 1

Tres tostadas con mantequilla 1 ración grupo 6, 10 g grupo 7

### **Almuerzo**

Un pan con queso 1 ración grupo 6 1/2 ración grupo 1

### **Comida**

Un plato de menestra de lentejas 1 ración grupo 3 10 g grupo 7

Dos rodajas de pescado 1 ración grupo 2

Ensalada de lechuga y tomate 1 ración grupo 4 10 g grupo 7

Una mandarina 1/2 ración grupo 5

## **Merienda**

Un pan 1 ración grupo 6

## **Cena**

Sopa de fideos 1 ración grupo 6

Una tortilla de huevo 1/2 ración grupo 2 10 g grupo 7

Medio plato de ensalada 1/2 ración grupo 4

Una manzana al horno 1 ración grupo 5

Existen diferentes tipos de dietas según las etapas de la vida, ya que las necesidades nutritivas de un ser humano no son siempre las mismas. Por ello, existen dietas adaptadas a cada etapa o situación especial. Por ejemplo, a mayor actividad física el número de raciones debe aumentar.

En la adolescencia, la actividad física suele ser más intensa que la de un adulto y, además, se trata de una etapa de desarrollo, por tanto la dieta debe contener un mayor número de raciones que la de un adulto del mismo peso.

La dieta en esta etapa suele presentar algunas irregularidades que deben evitarse porque pueden provocar trastornos de salud. Por ejemplo:

- Se pica entre comidas porque se suele tener mucha hambre.
- Aumenta el consumo de alimentos envasados o pasteles.
- Se tiene una gran preocupación por el aspecto físico, lo cual puede suponer no consumir ciertos alimentos necesarios para que la dieta sea equilibrada.

Las dietas también pueden ser distintas según la situación geográfica donde se viva, el clima del lugar, la religión, la educación, la clase social, etc.

La dieta mediterránea, es decir, la dieta tradicional de los países situados a orillas del Mediterráneo, es un buen ejemplo de dieta sana según muchos especialistas.

El abandono de la dieta mediterránea por nuevos hábitos alimentarios, como por ejemplo, el abuso de la «comida rápida», la ausencia de frutas y verduras, etc., así como los cambios en el estilo de vida, pueden incrementar el número de personas que padecen enfermedades crónicas como la obesidad, que estudiaremos en el siguiente apartado.

## **Dieta mediterránea**

La dieta mediterránea destaca por la combinación de alimentos frescos, locales y de temporada. Entre estos alimentos está el aceite de oliva, tanto para condimentar como para

cocer alimentos. También incluye numerosos alimentos ricos en fibra vegetal (legumbres, verduras, frutos secos, etc.) y una gran variedad de frutas y verduras que contienen muchas vitaminas.

Además, en la dieta mediterránea se consumen diferentes pescados y carnes.

La dieta mediterránea también se caracteriza por la diversidad de métodos de cocinar los alimentos: guisados, fritos, al horno, hervidos, a la plancha... Además, la utilización de especias en la preparación de muchas comidas favorece la digestión de los alimentos.

### **6.3.5. Trastornos en la alimentación**

Para seguir un estilo de vida saludable es imprescindible que nuestra dieta sea equilibrada. Una dieta desequilibrada o incompleta puede conllevar numerosos problemas de salud.

Hoy en día, aunque pueda parecer contradictorio, los desequilibrios nutricionales son cada vez más frecuentes en los países desarrollados. Así, en estos países se tiende a un excesivo consumo de grasas y una disminución en el consumo de verduras, hortalizas y frutas.

En los países en vías de desarrollo los problemas se deben principalmente a la carencia de alimentos.

Los trastornos que trataremos a continuación son la obesidad, la desnutrición, la anorexia y la bulimia.

La anorexia y la bulimia, aunque sean trastornos psíquicos, están íntimamente relacionados con la alimentación.

**La obesidad:** Es una acumulación excesiva de grasa en el cuerpo. Ello es debido a un consumo excesivo de alimentos grasos y dulces, que aportan una cantidad de calorías superior a las que el cuerpo necesita.

El principal parámetro que nos indica que una persona es obesa es presentar un peso claramente superior al peso medio. El peso medio es un valor teórico del peso que calculamos para cada persona teniendo en cuenta diversas características: talla, edad, sexo, etc.

Si el peso de una persona supera en un 10 y un 15 % el peso medio, hablamos de sobrepeso. Una vez alcanzado el sobrepeso, de forma lenta y gradual, podemos llegar hasta la obesidad. Consideramos obesidad al aumento de peso por encima del 25 % del peso medio.

La obesidad no solo reduce la esperanza de vida, sino que también agrava enfermedades como la diabetes, la hipertensión arterial, la arteriosclerosis, la artrosis, algunos tipos de cáncer como los de útero, colon, próstata...

El tratamiento de la obesidad consiste principalmente en reducir progresivamente el tejido graso e intentar alcanzar el peso ideal. Podemos conseguirlo con una dieta que, sin dejar de ser equilibrada, no proporcione demasiadas calorías.

También es recomendable la práctica de ejercicio físico moderado.

**La desnutrición:** Es una deficiencia nutricional debida a una dieta baja en proteínas y nutrientes energéticos que puede ocasionar una intensa pérdida de peso. Generalmente, es debido a la escasez de alimentos.

Si las necesidades nutricionales no quedan cubiertas, se originan diversos trastornos: pérdida de peso, diarreas, hipotensión arterial, atrofia de las glándulas digestivas, deficiencias en el sistema inmunológico...

El riesgo de desnutrición es mayor en la población infantil, la adolescencia, durante el embarazo y en la vejez.

En la población infantil, la desnutrición origina trastornos en el desarrollo físico y psíquico, y se padece una pérdida exagerada de peso corporal, hinchazón abdominal, predisposición a las infecciones... y, con frecuencia, la muerte.

En el siguiente mapa, podemos ver el porcentaje de población afectada de desnutrición en los distintos países del mundo.

El tratamiento de la desnutrición depende de la gravedad de los trastornos, pero en cualquier caso se trata de administrar alimentos progresivamente, acompañados muchas veces de antibióticos.

**La anorexia:** Es un trastorno psíquico en el que las personas que la sufren se caracterizan por sentirse insatisfechas con su aspecto físico hasta el punto de que pierden las ganas de comer. Se obsesionan por adelgazar y, como consecuencia, se alimentan incorrectamente.

Aunque adelgacen mucho y tengan numerosos trastornos como consecuencia de la pérdida de peso, las personas anoréxicas no reconocen que están enfermas y distorsionan la realidad viéndose obesas. La anorexia es una enfermedad grave que altera la mayoría de los sistemas y órganos del cuerpo: altera el metabolismo, el sistema digestivo se deteriora...

Esta enfermedad afecta preferentemente a la población entre 10 y 30 años, y a las mujeres en mayor proporción que a los hombres. El tratamiento consiste en resolver los conflictos psicológicos y en la recuperación progresiva de peso.

**La bulimia:** Es un trastorno psíquico en que las personas que la sufren sienten ansiedad por comer y a la vez, tienen miedo a engordar. Esto les lleva a ingerir grandes cantidades de comida y después, a provocarse el vómito.

El vomitar continuamente provoca numerosos trastornos como deshidratación, lesiones del sistema digestivo, así como debilitamiento y alteración del funcionamiento de muchos órganos.

En este caso, el tratamiento también consiste en recibir atención psicológica y normalizar la dieta.

---

### **La anorexia y la bulimia**

En los países desarrollados se ha incrementado la incidencia de estos trastornos. La gran presión por el ideal estético que existe en nuestra sociedad es uno de los muchos factores que favorecen estos trastornos.

La publicidad, los medios de comunicación, etc. relacionan la delgadez con el reconocimiento social, el éxito personal, etc. Por ello, tanto los profesionales de la salud como los familiares de los enfermos han alertado a la sociedad sobre la necesidad de tomar medidas para prevenir estas enfermedades. Entre estas medidas está enseñar a aceptar y valorar el propio cuerpo, a tener un juicio crítico ante imposiciones sociales, etc.

---

Existen distintos modos de alimentarse alternativos a las dietas tradicionales. Entre estas alternativas destacan el vegetarianismo y la macrobiótica.

El vegetarianismo es un tipo de dieta basado en el consumo de alimentos que no sean de origen animal como carnes, pescados, leche o huevos. Existen personas vegetarianas que sí consumen leche o huevos a los que denominamos lactovegetarianos o también llamados ovovegetarianos (ovolactovegetarianos en el caso de que consuman tanto leche como huevos). Por lo general, a las personas que no consumen nada proveniente de animales las consideramos veganos.

La dieta macrobiótica se basa en la existencia de un equilibrio que busca el consumo de alimentos que suministren una proporción de sodio y potasio tal como se encuentra en nuestra sangre; esto es, una proporción de 5/1. El objetivo de esa dieta es mantener ese equilibrio constante comiendo únicamente la cantidad necesaria de alimentos (no comer por placer) y que estos alimentos estén lo menos manipulados posible. La base de esta alimentación son los granos y los cereales.

### **La alimentación en los deportistas**

La alimentación de un deportista debe tener en cuenta el tipo de ejercicio que se realiza, su duración y las condiciones ambientales en las que se practica.

La dieta de un deportista se caracteriza por necesitar un mayor aporte de glúcidos. Las reservas de glúcidos se agotan al cabo de dos horas como máximo de realizar un ejercicio

intenso, por ello, un consumo adecuado de estos nutrientes evitará que el deportista tenga sensación de fatiga prematura.

Generalmente, si la dieta del deportista es equilibrada, no se precisa un incremento en el consumo de lípidos, proteínas o vitaminas.

La hidratación es el punto fundamental de la dieta porque durante la realización de actividad física aumenta la pérdida de líquido y sales minerales a través del sudor. La cantidad de líquido que se debe ingerir también depende de la intensidad y duración del ejercicio, así como de las condiciones climáticas.

La dieta del deportista cambia según se entrene, compita o bien, se recupere después de una competición. Cada una de estas situaciones requiere algún hábito concreto.

Por ejemplo, en el caso de entrenarse, la comida fuerte del día debe tener lugar tres horas antes del entrenamiento. La comida anterior a la competición también debe realizarse tres horas antes y con alto contenido de glúcidos. Un cuarto de hora después de la competición se han de ingerir alimentos ricos en glúcidos y líquidos.

## 6.4. Biotecnología

Entendemos por biotecnología al uso de seres vivos o sus componentes para la elaboración de productos o la realización de tareas en beneficio de los seres humanos. Es un conjunto de prácticas que incluye la utilización de plantas, animales y microorganismos. Las técnicas empleadas en biotecnología proceden de distintas disciplinas como son la biología, la bioquímica, la agronomía, la ingeniería, la química, la medicina y la veterinaria, entre otras.

### 6.4.1. Perspectiva histórica

Desde tiempos remotos las personas han utilizado determinados procesos biológicos para la obtención de bebidas, alimentos y tejidos. A las técnicas biotecnológicas, como la fermentación, las conocemos desde la antigüedad aunque se utilizaban sin saber la base científica que las hacía posible.

Con el avance de la biología y el desarrollo de la microbiología y de la bioquímica, empieza la era de la biotecnología moderna. La comprensión de algunos procesos biológicos permitió la producción industrial de compuestos como el etanol o el ácido acético. Más tarde, se consiguieron producir enzimas, antibióticos y vacunas.

Finalmente, los descubrimientos de la genética y las biologías celular y molecular condujeron al desarrollo de las técnicas del ADN recombinante o ingeniería genética. Con

estas nuevas técnicas, es posible aislar genes de un organismo y controlar su expresión o bien cortarlos e insertarlos en organismos de otra especie (tecnología transgénica).

Las aplicaciones más importantes de los microorganismos en la biotecnología, actualmente son: la producción de alimentos, las aplicaciones sanitarias, las posibilidades en la gestión ambiental o las aplicaciones en el campo de la agricultura.

### Cultivo de microorganismos

El estudio de los microorganismos comporta su cultivo y su mantenimiento en el laboratorio.

Usualmente, los medios presentan una base que consiste en una disolución de agar y pueden ser sólidos o líquidos, dependiendo de la concentración de agar.

Es muy importante conseguir cultivos puros, que son aquellos en los que solo hay una especie de microorganismo. Para conseguirlos, debemos aislar la especie en cuestión:

- En medios líquidos realizamos diluciones sucesivas hasta conseguir una única colonia.
- En medios sólidos, uno de los métodos más usuales es la inoculación mediante un asa de siembra. El asa se arrastra por el medio de forma continua de tal forma que el número de células se va reduciendo sucesivamente. En la zona del extremo final podrán crecer colonias procedentes de una única bacteria.

Atendiendo a su composición y su destino, los medios pueden ser:

- **Medios sintéticos:** Se preparan incorporando cantidades determinadas de los diversos nutrientes.
- **Medios complejos:** Proceden de extractos en los que no se sabe con exactitud su composición, como el extracto de levadura.
- **Medios selectivos:** Favorecen el crecimiento de un tipo concreto de microorganismo. La utilización de estos medios nos permitirá distinguirlos según sus requerimientos.

Una vez conseguido el cultivo puro, es muy importante mantener la esterilidad del cultivo. A tal efecto, trabajamos en campanas de flujo laminar y al material lo esterilizamos a la llama mediante un Bunsen.

### 6.4.2. Aplicaciones alimentarias

Entre los procesos de producción alimentaria en los que participan microorganismos, podemos destacar:

**Elaboración de vino:** Despues de aplastar la uva, obtenemos el mosto, un líquido ácido que contiene entre un 10 y un 25 % de azúcares. De la fermentación por parte de microorganismos de estos azúcares, principalmente glucosa y fructosa, se originan CO<sub>2</sub> y alcohol etílico.

**Elaboración de cerveza:** El almidón presente en ciertos cereales se hidroliza a azúcares fermentables, como la maltosa y la glucosa, y a partir de estos azúcares, se realiza la fermentación alcohólica. El microorganismo fermentador es la levadura *Saccharomyces cerevisiae*.

**Elaboración de pan:** La harina contiene almidón que al hidrolizarse libera azúcares fermentables por levaduras. Dicha fermentación produce CO<sub>2</sub> provocando que el pan se hinche y se vuelva, así, más esponjoso.

**Elaboración de vinagre:** En presencia de oxígeno, las bacterias del ácido acético oxidan el alcohol presente en el vino o la cerveza dando lugar a ácido acético (vinagre).

**Elaboración de productos lácteos:** Se produce a partir del azúcar presente en la leche que es transformado en ácido láctico principalmente por las bacterias del ácido láctico, aunque también utilizamos levaduras en determinadas elaboraciones. Según las condiciones en las que se dé el proceso se obtiene yogur, queso o cuajada.

#### 6.4.3. Aplicaciones en sanidad

La utilización de microorganismos en las técnicas biotecnológicas sanitarias es uno de los campos de aplicación más amplio y estudiado. Destacan por su importancia:

**Elaboración de antibióticos:** Los antibióticos son productos del metabolismo de ciertos microorganismos para inhibir el crecimiento de posibles competidores o de patógenos. Desde el descubrimiento de la penicilina, producida por el hongo *Penicillium*, se han desarrollado multitud de técnicas para conseguir otros. Hoy día, la mayoría de antibióticos son producidos por bacterias, como las del género *Streptomyces*.

**Elaboración de hormonas:** Hormonas como la insulina, para tratar la diabetes, o la hormona del crecimiento, para tratar a niños con problemas en su desarrollo, se han producido mediante ingeniería genética. El proceso, de forma simplificada, consiste en la introducción del gen de la hormona en cultivos bacterianos. También pueden fabricarse determinadas hormonas, como la cortisona, mediante la oxidación de esteroles vegetales por parte de hongos o bacterias.

**Producción de vacunas:** La producción de las primeras vacunas, cuando se utilizaban los microorganismos causantes de la enfermedad inactivados, comportaba ciertos riesgos

derivados del cultivo masivo de patógenos y de la inoculación en las personas o animales que había que inmunizar.

Actualmente, una vez identificada la proteína que provoca la respuesta inmunológica (el antígeno), se introduce el gen que la codifica en una bacteria o levadura inofensiva para su producción masiva.

#### **6.4.4. Aplicaciones en medioambiente**

**Tratamiento de residuos y compostaje:** El tratamiento microbiológico de los residuos, tanto sólidos como líquidos, disminuye el impacto nocivo de los residuos para las personas y el medioambiente.

En el proceso, los microorganismos hidrolizan los compuestos tóxicos en productos mucho más simples, habitualmente CO<sub>2</sub> y agua.

Cuando los residuos resultantes de esta actividad son exclusivamente materia orgánica, puede formarse compost, que utilizamos como abono, este se transforma en un recurso para la agricultura y la jardinería.

**Biorremediación:** Consiste en la utilización de microorganismos que mediante su actividad metabólica consiguen la degradación de sustancias tóxicas y contaminantes del suelo, del agua o del aire. Según el proceso, distinguimos entre:

- **Biomineralización:** El contaminante es completamente reducido a minerales básicos.
- **Biotransformación:** La sustancia es transformada en otra menos tóxica y/o más simple.
- **Biovolatilización:** Las sustancias se volatilizan por la adición de grupos como el metilo.

Con esta tecnología, es posible la degradación de hidrocarburos, de pesticidas y de compuestos de metales pesados, productos todos ellos altamente contaminantes para el medioambiente. 4.5.

#### **6.4.5. Aplicaciones en agricultura**

**Control biológico de plagas:** Consiste en la utilización de un enemigo natural del organismo plaga. Es un sistema muy específico y sin los efectos secundarios que conlleva la utilización de plaguicidas químicos que pueden acumularse y perjudicar gravemente el medioambiente.

Para el control biológico, empleamos virus, bacterias, hongos, protozoos y nematodos.

**Biopesticidas:** Algunas bacterias, hongos o protozoos producen toxinas altamente específicas que podemos utilizar para controlar determinadas plagas.

### Otras aplicaciones

Además de todas las aplicaciones que hemos visto en esta unidad, existen numerosas técnicas y procesos en los que los microorganismos son utilizados para la producción industrial. Entre estas cabe destacar la producción industrial de compuestos para usos diversos (aminoácidos, ácidos orgánicos, bioemulgentes, cosméticos...), la producción de enzimas para la creación de detergentes (proteasas, lipasas, carbohidrasas...) o la producción de biocombustibles como el etanol, el hidrógeno o el metano.



**Parte II.**

**Biología II**



# 7. La base de la vida

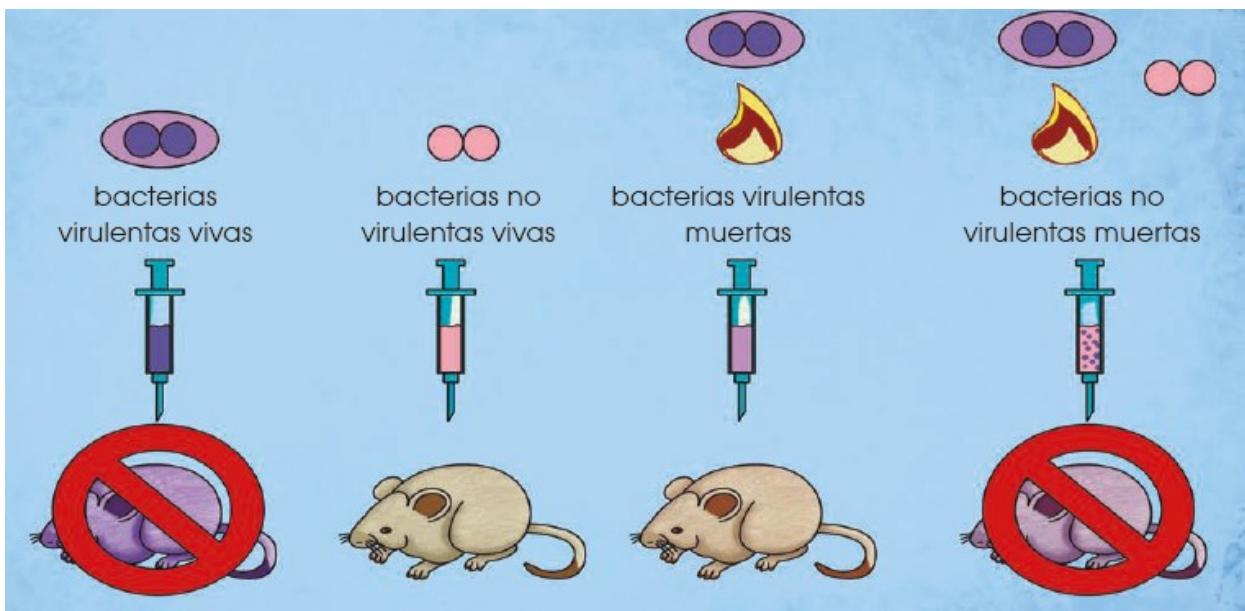
## 7.1. El ADN como base de la vida

En la actualidad, sabemos que el ADN es la molécula portadora de la información genética, pero esto es un conocimiento muy reciente en la historia de la ciencia.

La molécula de ADN fue aislada por primera vez por Friedrich Miescher en 1869 (Miescher 1871). Al encontrarse únicamente en los núcleos de las células, a esta sustancia se la llamó *nucleína*. Poco después se descubrió que la nucleína era una molécula ácida, por lo que pasó a llamarse ácido nucleico; y más tarde se denominó ácido desoxirribonucleico (ADN) para diferenciarlo del ácido ribonucleico (ARN).

En 1885, el científico alemán Albertch Kossel (Kossel, A. 1885. *Untersuchungen über die Nukleine und ihre Spaltungsprodukte*) consiguió aislar el ADN de las proteínas asociadas a él, siendo capaz de determinar los nucleótidos que lo conforman. Estudios posteriores trataron de definir si la información genética se encontraba en las proteínas asociadas al ADN o en el ADN en sí. En principio, se supuso que las proteínas serían las encargadas de transmitir la información ya que eran más complejas, mientras que el ADN, al poseer solo cuatro nucleótidos, sería demasiado simple para cumplir con esta función. Sin embargo, diversos experimentos realizados a principios del siglo XX demostraron que es el ADN la molécula portadora de la información genética hereditaria.

Uno de los experimentos más destacados en este punto fue el de Frederick Griffith (Avery, O.; McLeod, C. & McCarty, M. 1944. Studies on the Chemical Nature of the Substance Inducing Transformation of Pneumococcal Types: Induction of Transformation by a Desoxyribonucleic Acid Fraction Isolated from *Pneumococcus* Type III. *Journal of Experimental Medicine*. 79: 137-158) quien inyectó diferentes cepas de bacterias en ratones. La cepa S era dañina y mataba al ratón mientras que la cepa R no era virulenta y no mataba al ratón. Griffith comprobó que al calentar la cepa S, esta dejaba de ser dañina y no mataba al ratón. Sin embargo, al mezclar la cepa S calentada (no dañina) con la cepa R (no dañina) el ratón sí moría. Griffith comprobó que esto ocurría porque había una transferencia del ADN de las bacterias de la cepa S a la R.



**Figura 7.1.:** De esta forma, quedó demostrado que el ADN es el portador de la información genética.

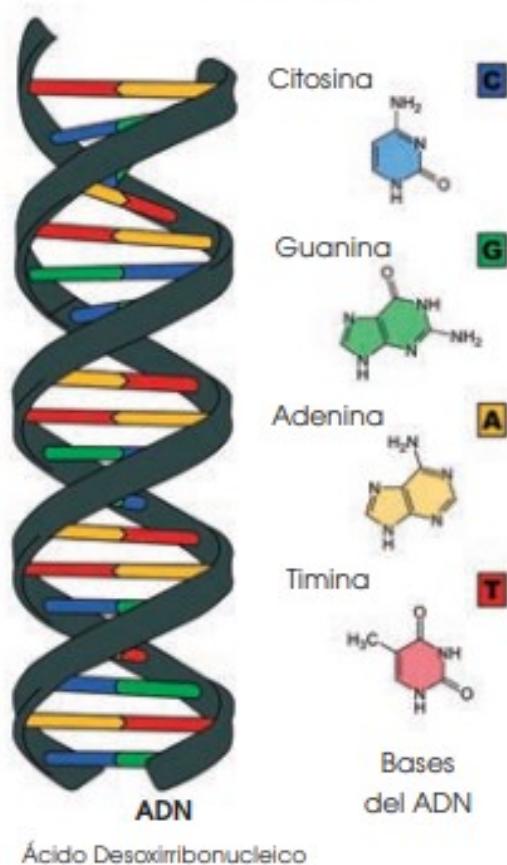
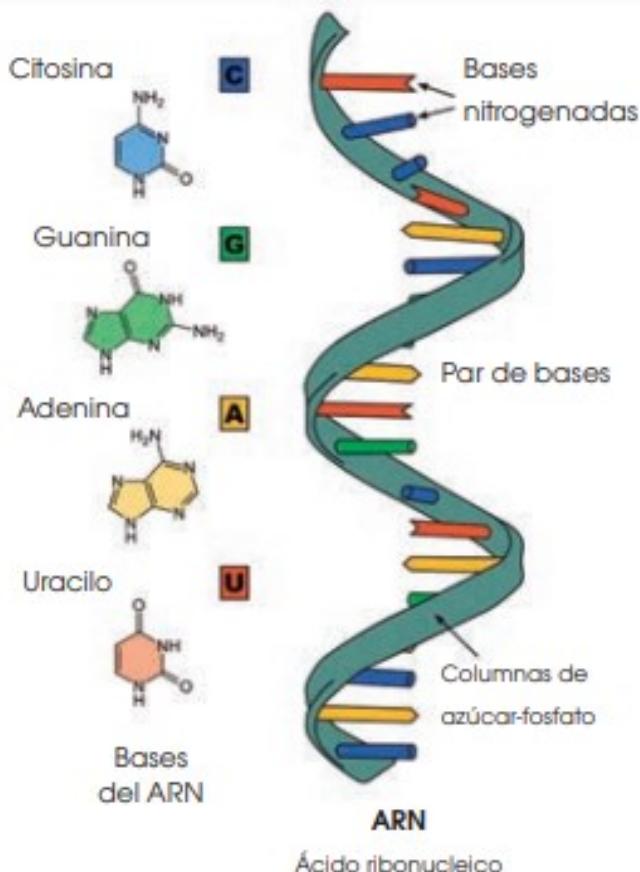
## 7.2. Introducción a la genética molecular

La información del ADN está codificada en la secuencia de sus bases nitrogenadas. Esta información fluye y se transmite en dos sentidos diferentes:

- A partir del ADN, se obtienen nuevas moléculas de ADN porreplicación. Este proceso tiene lugar durante la etapa S del ciclo celular y permite la transmisión de la información de célula a célula, mediante la mitosis, y de individuo a individuo, por medio de la reproducción.
- Por transcripción, se obtienen moléculas de ARNm que contienen información del ADN. Mediante la traducción del ARNm, esta información determina la síntesis de las proteínas.

Este flujo de información constituye el dogma central de la biología molecular. Fue publicado en 1970 por Francis Crick y ha sido la base de los grandes avances en el conocimiento de la genética molecular que se han realizado desde entonces. Este dogma central ha sido ampliado posteriormente con dos puntos referentes a los virus:

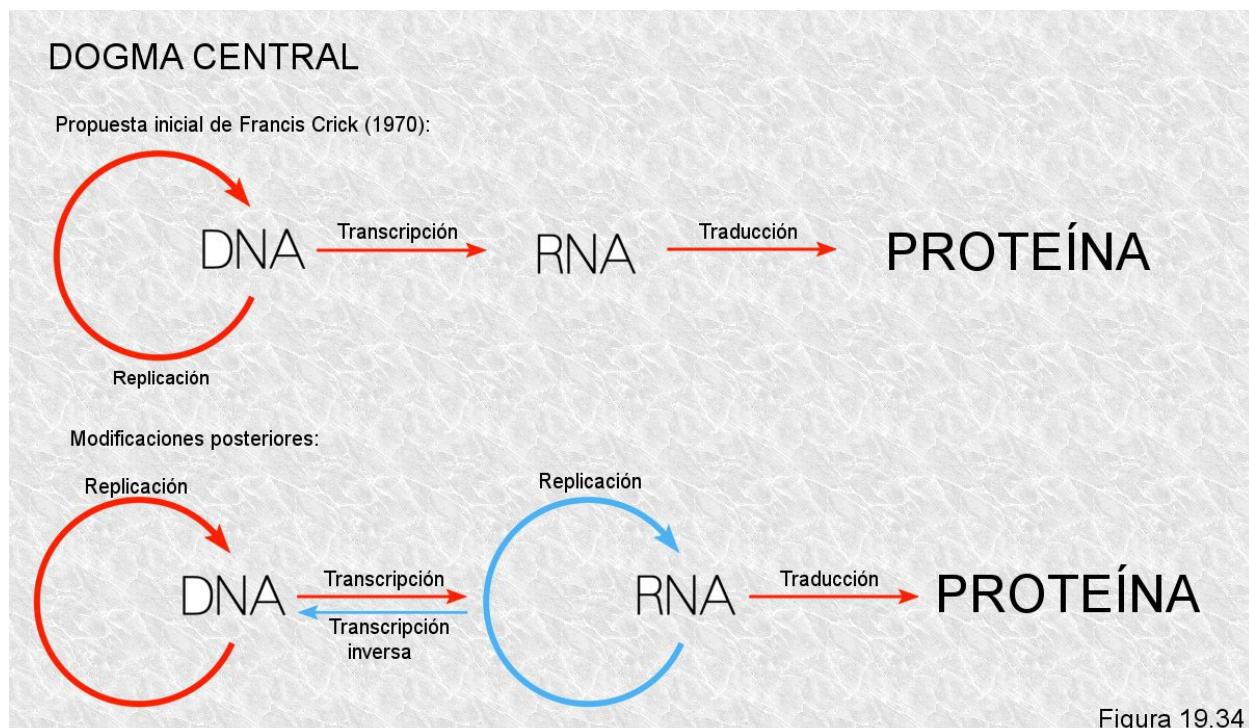
- **La transcripción inversa:** Algunos virus, llamados *retrovirus*, pueden sintetizar ADN a partir del ARN vírico, mediante la enzima transcriptasa inversa. Este es el caso del virus de la inmunodeficiencia humana (VIH).
- **La replicación del ARN** vírico, que llevan a cabo las enzimas replicasas.



**Figura 7.2.:** Las uniones (estables o temporales) entre dos cadenas de ácido nucleico se establecen por complementariedad de bases.

## Flujo de información a partir del ADN en la célula eucariota

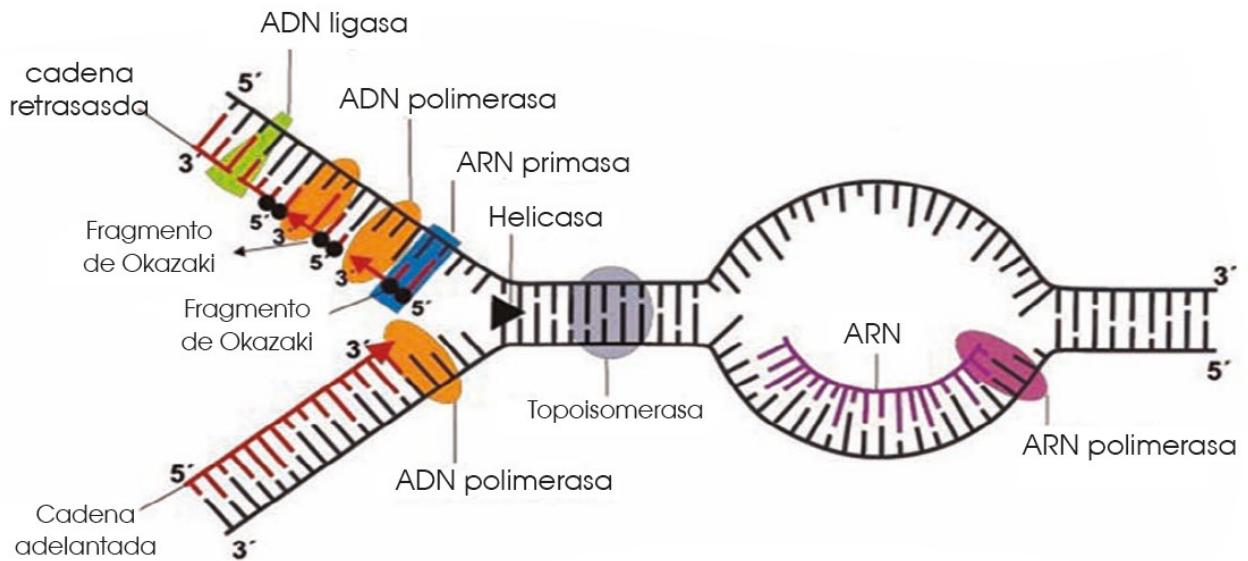
- Dentro del núcleo celular se produce la replicación del ADN y la transcripción para obtener moléculas de ARNm a partir del ADN.
- La traducción tiene lugar en los ribosomas del citoplasma. Una vez sintetizadas, las proteínas inician su actividad dentro de la célula.
- La replicación, la transcripción y la traducción están controladas por un conjunto de enzimas muy específicas que llevan a cabo una función extraordinariamente precisa.



**Figura 7.3.:** Mecanismos que hacen posible este flujo de información.

### 7.2.1. La replicación del ADN

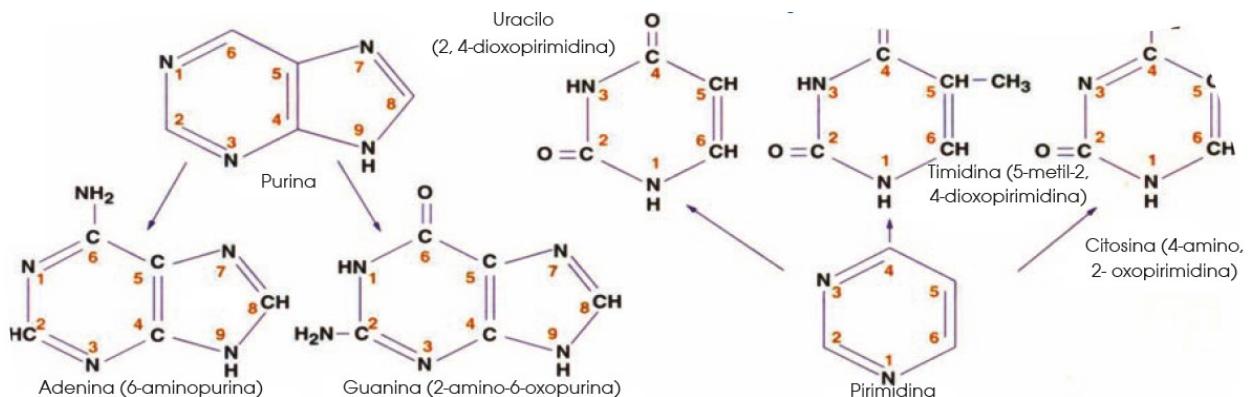
Mediante la replicación, se obtienen dos copias idénticas a partir de una doble cadena inicial de ADN. Francis Crick y James Watson (Watson, J. & Crick, F. 1953. A structure for deoxyribose nucleic acid. *Nature* 171: 737-738), al mismo tiempo que dedujeron la estructura del ADN, propusieron un mecanismo para la replicación de esta molécula. Teniendo en cuenta la importancia de la conservación de la secuencia de bases original, consideraron posible que las dos cadenas de la doble hélice se separasen y cada una sirviese de molde para la síntesis de otra complementaria. De este modo, se obtendrían dos dobles hélices, cada una con una cadena vieja, o parental, y otra cadena nueva, o hija. Los trabajos experimentales posteriores confirmaron esta hipótesis, denominada semiconservativa.



La replicación del ADN tiene lugar mediante una reacción de síntesis:



- A partir de uno o diversos (n) desoxirribonucleótidos monofosfato (dNMP) de la cadena en formación, se produce la incorporación de un desoxirribonucleótido trifosfato (dNTP).
- De esta unión se desprende pirofosfato inorgánico (PPi) y se obtiene una cadena con un desoxirribonucleótido más, incorporado al fragmento inicial (n + 1).



La reacción de unión de los nucleótidos es reversible, pero se ve favorecida en el sentido de la síntesis, ya que el PPi es rápidamente degradado.

En la replicación del ADN intervienen las siguientes enzimas:

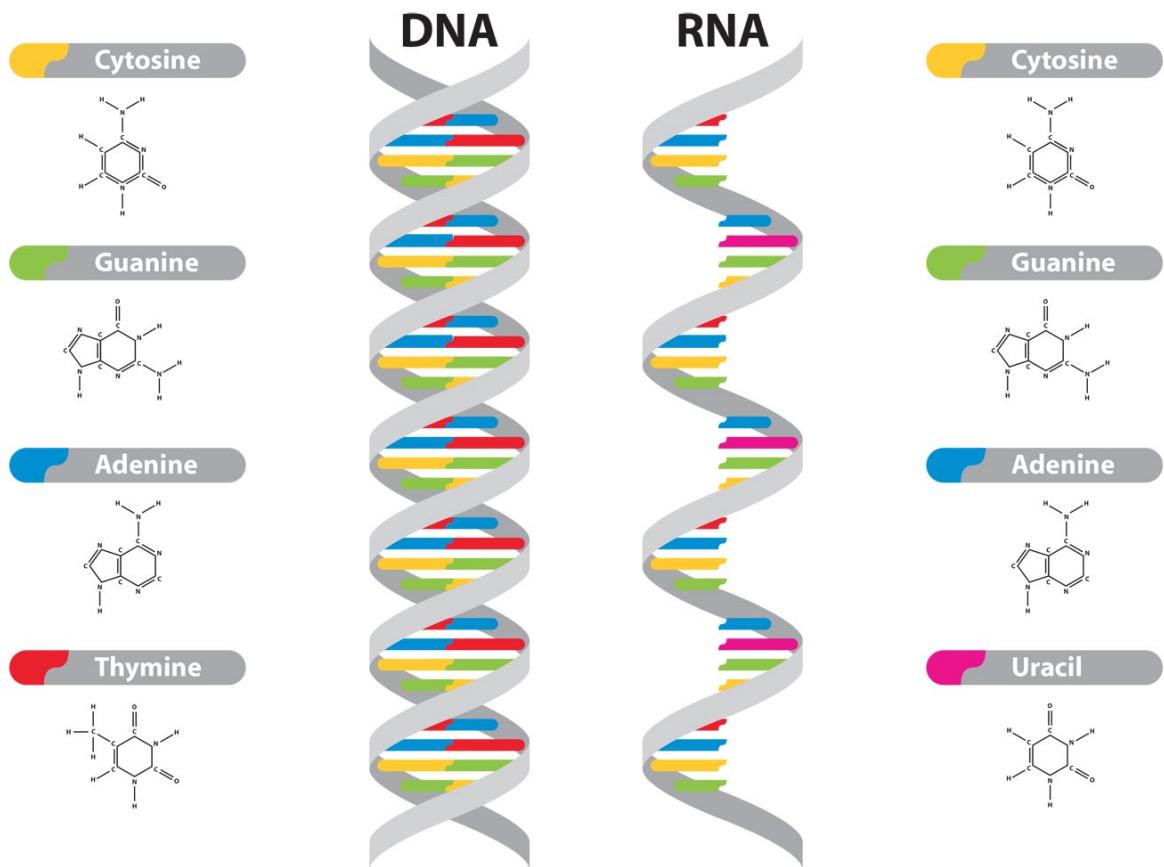
- ADN polimerasas (ADN pol), enzimas con dos funciones distintas:
  - Tienen actividad polimerasa; es decir, catalizan la unión de nucleótidos en la cadena de ADN.

—Tienen actividad exonucleasa; es decir, catalizan la rotura de los enlaces entre los nucleótidos cuando las moléculas tienen un extremo libre.

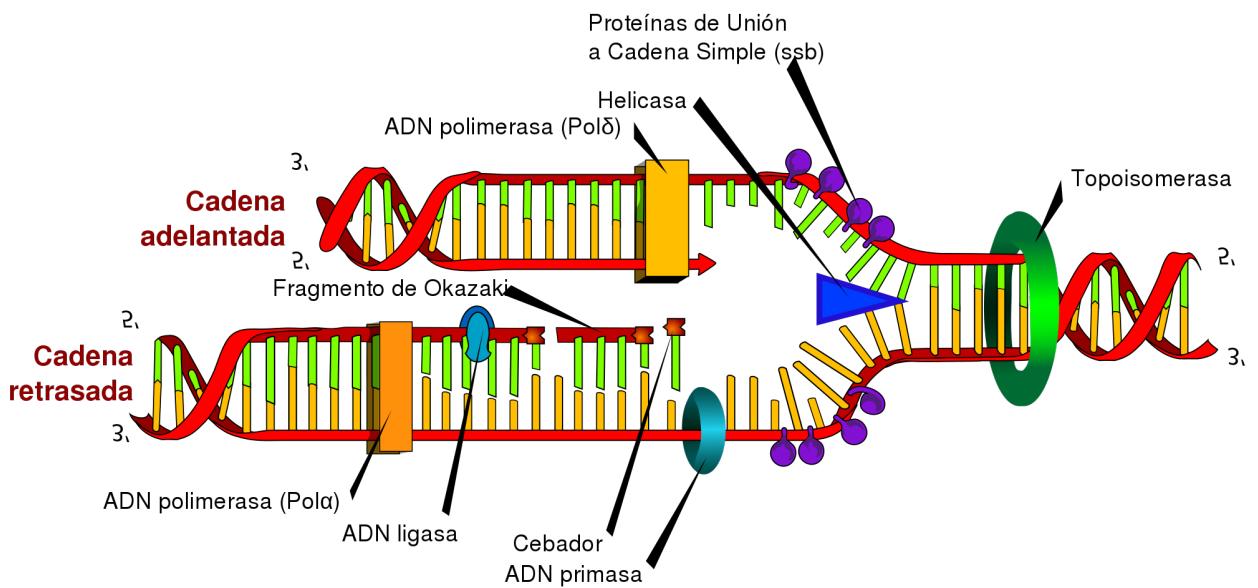
- **ARN polimerasas (ARN pol)**: Enzimas que catalizan la formación de cadenas de ARN.

- **Topoisomerasas y girasas**: Enzimas que adaptan la estructura espacial de la doble hélice a las necesidades del proceso de síntesis.

- **Ligasas**: Sellan las uniones entre fragmentos de cadenas.



El proceso de replicación se conoce detalladamente en procariotas, en especial en el caso de la bacteria *Escherichia coli*.



#### 7.2.1.1. Replicación en procariotas

Se han identificado tres tipos de ADN polimerasas:

- **ADN pol I**, que actúa con:

- Actividad polimerasa, catalizando la unión de nucleótidos en sentido 5' 3'.
- Actividad exonucleasa en sentido 5' 3' y en sentido 3' 5'.

- **ADN pol II**, que presenta:

- Actividad polimerasa en sentido 5' 3'.
- Actividad exonucleasa en sentido 3' 5'.

- **ADN pol III**, que actúa con:

- Actividad polimerasa en sentido 5' 3'.
- Actividad exonucleasa en sentido 3' 5'.

Cada enzima interviene en diversas fases del proceso, el cual se inicia del modo siguiente:

- Existe un punto de la doble hélice en el que se ha de iniciar la replicación. A este punto lo conocemos como origen de replicación (O).

A partir del origen de replicación, se formará una horquilla de replicación en la que el ADN modifica su estructura espacial. En la formación de la horquilla intervienen:

—Las enzimas topoisomerasas como, por ejemplo, la girasa, que desespiralizan el ADN.

—Las helicasas, que separan las dos cadenas de la doble hélice.

—Un grupo de proteínas llamadas *SSB* (*single strandbinding*), que estabilizan cada una de las cadenas sencillas.

- Se inicia la síntesis del nuevo ADN y la horquilla va progresando y se ensancha hacia los lados.

El proceso se desarrolla venciendo dos dificultades:

—Las ADN pol no pueden iniciar la síntesis de ADN sin un fragmento preexistente de cadena.

—Las ADN pol solo pueden incorporar nucleótidos a la cadena en sentido 5' 3', ya que la reacción necesita extremos 3' libres.

Estas limitaciones hacen que la síntesis de las dos cadenas hijas se desarrolle de manera diferente, según se trate de la cadena conductora o bien de la cadena retardada.

Veamos, a continuación, el proceso distinguiendo la síntesis del ADN a partir de la cadena conductora y a partir de la cadena retardada.

- **Síntesis apartir de la cadena conductora** El primer paso es la formación de un segmento de cadena que permita la actividad de la ADN pol.

—La ARN pol es capaz de catalizar la unión de ribonucleótidos sin necesidad de la existencia de cadenas ya iniciadas. Por ello, esta enzima, también denominado *primasa*, sintetiza un fragmento de molécula de ARN que lo conocemos como *cebador*.

—A continuación, la ADN pol III alarga este fragmento inicial polimerizando la unión de desoxirribonucleótidos según la ley de complementariedad de bases: la adenina es complementaria de la timina, y la citosina, de la guanina.

—Después, la ADN pol I actúa como exonucleasa en sentido 5' 3' y elimina el cebador, a la vez que actúa como polimerasa y llena el vacío con desoxirribonucleótidos.

—A continuación, la ligasa sella la unión entre los dos fragmentos de ADN.

- **Síntesis a partir de la cadena retardada.** Paralelamente al proceso anterior, la cadena retardada sirve de molde para la síntesis de su complementaria.

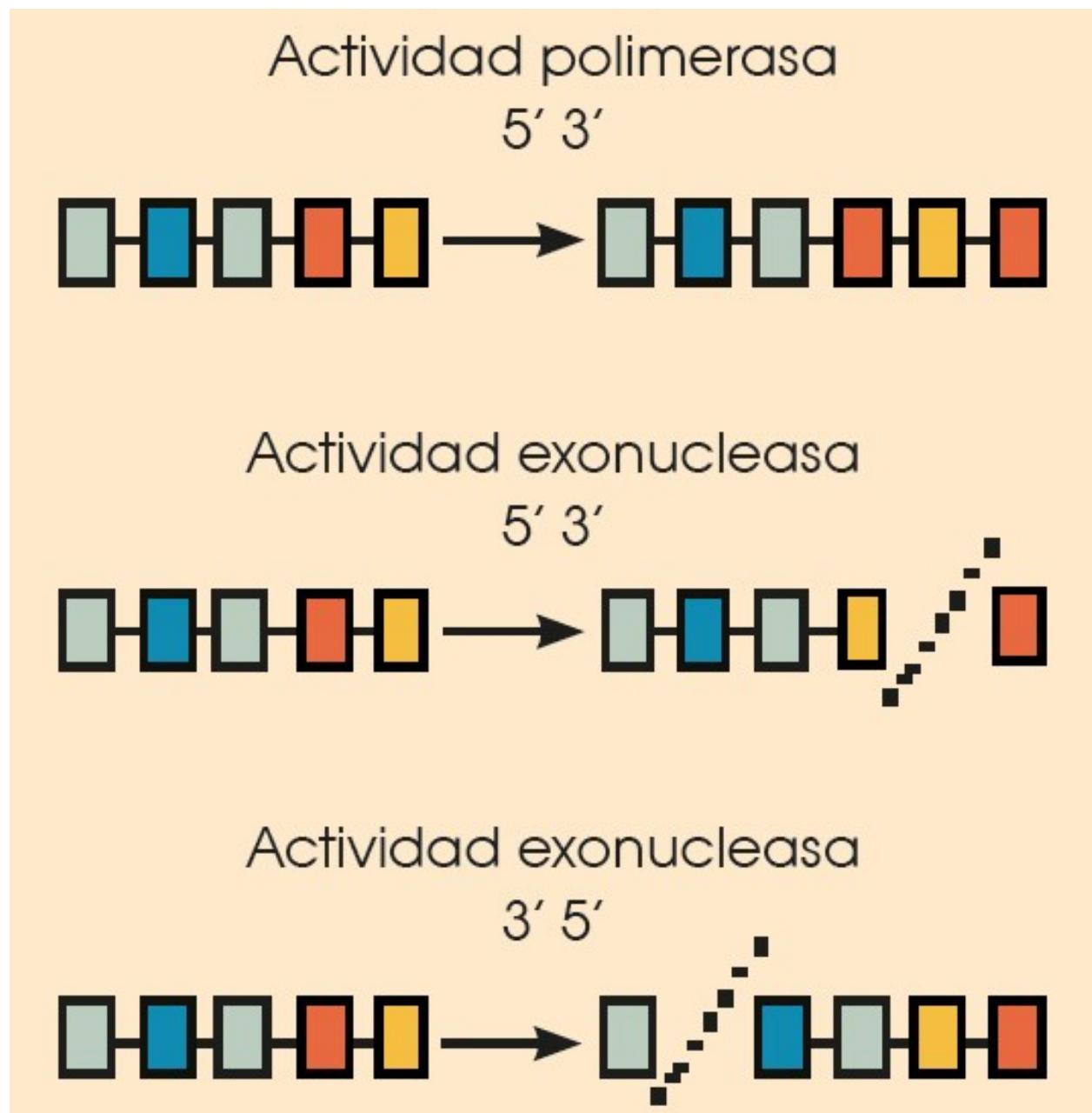
Pero, en tal caso, la necesidad de extremos 3' libres de la ADN pol III origina un mecanismo diferente:

—La primasa sintetiza diversos cebadores.

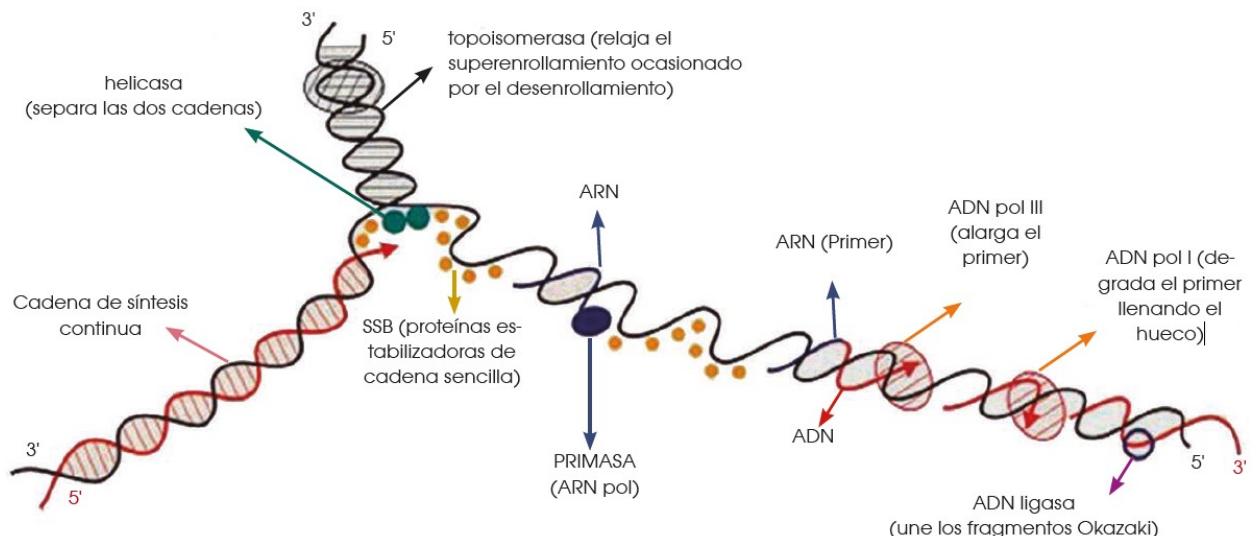
—La ADN pol III alarga los fragmentos de cebador incorporando nucleótidos en sentido 5' 3'. Estos pequeños fragmentos tienen entre 1000 y 2000 nucleótidos de longitud y los denominamos fragmentos de Okazaki, el nombre de su descubridor.

—Posteriormente, la ADN pol I sustituye los cebadores por desoxirribonucleótidos.

—Por último, la ligasa sella las uniones entre los fragmentos independientes para constituir una cadena sin discontinuidades.



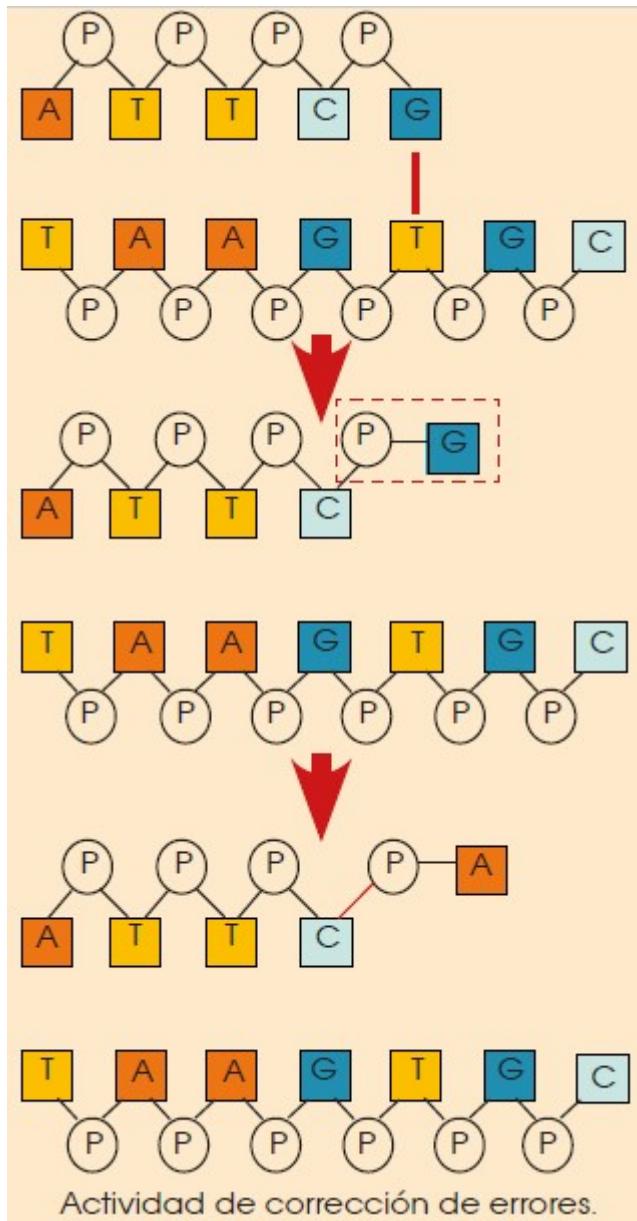
**Figura 7.4.:** Cuando se habla de modificaciones en las cadenas de ADN (alargamiento o acortamiento) en sentido 5' 3' (desde 5' hasta 3'), significa que el extremo 5' no se altera y la modificación tiene lugar en el extremo 3'. Si la modificación es en sentido 3' 5', el extremo 3' no se altera y la modificación tiene lugar en el extremo 5'.



La síntesis a partir de la cadena conductora se produce con un solo cebador y ocurre de manera continua.

En cambio, la síntesis a partir de la cadena retardada se produce con numerosos cebadores y, además, es discontinua.

Mientras se van incorporando los nucleótidos a las cadenas en formación, la ADN pol I recorre las cadenas para comprobar que los nuevos nucleótidos se emparejan correctamente con sus complementarios.



En caso de que se produzca un emparejamiento erróneo, la ADN pol I detiene la síntesis y, con su actividad exonucleásica 3' 5', corta el enlace del nucleótido erróneo a la cadena y coloca el nucleótido adecuado.

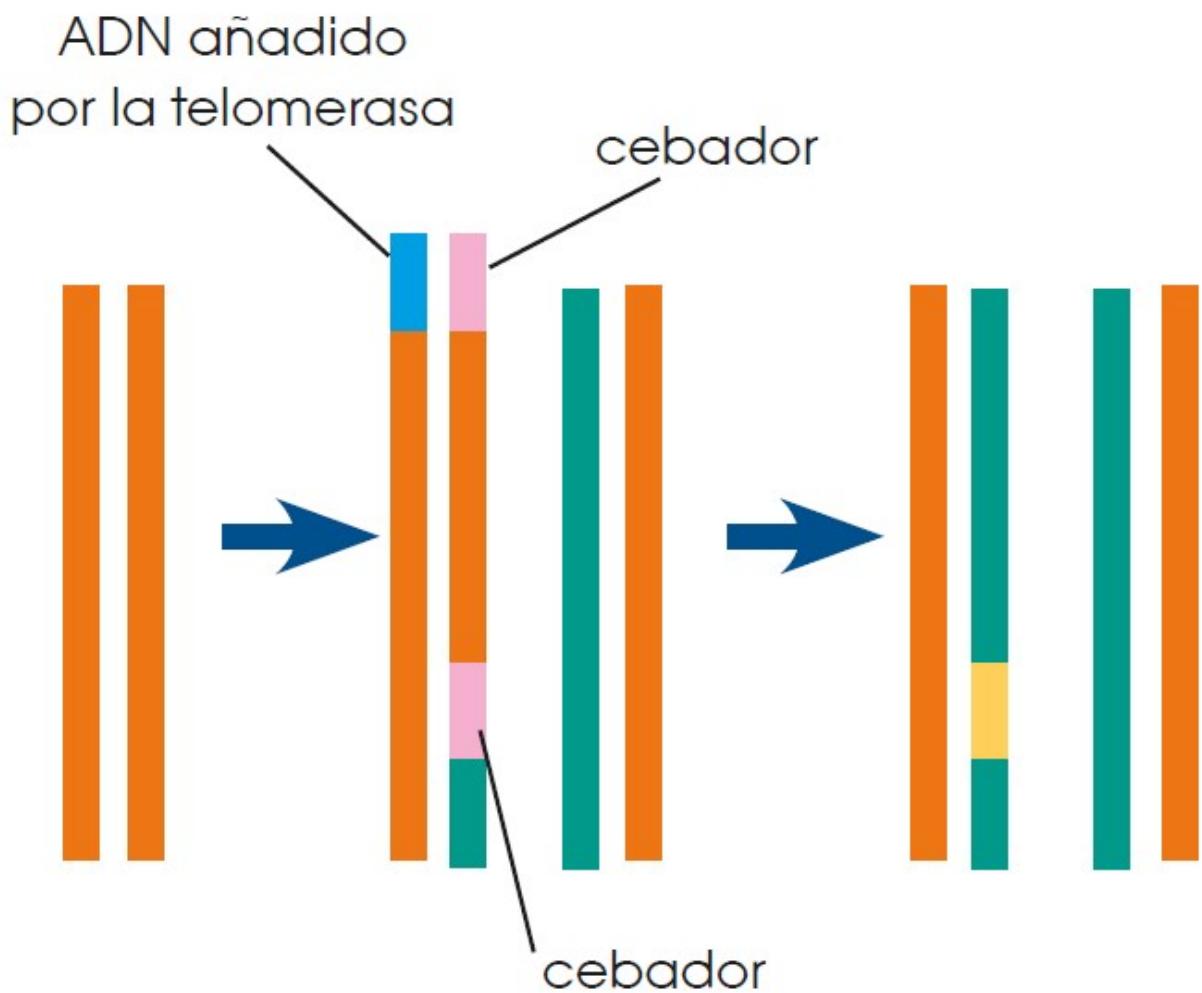
#### 7.2.1.2. Replicación en eucariotas

En los organismos eucariotas, la replicación del ADN presenta numerosas coincidencias respecto a la replicación en los procariotas. No obstante, existen diferencias destacables:

- El proceso previo al inicio de la replicación requiere el desempaquetamiento de estructuras espaciales más complejas que en el caso de las procariotas.
- Las células eucariotas contienen mucho más ADN que las procariotas. Por este motivo,

existen numerosos puntos de inicio de la replicación a lo largo de cada cromosoma, lo cual permite acelerar el proceso. Por ello, se forman numerosas horquillas de replicación.

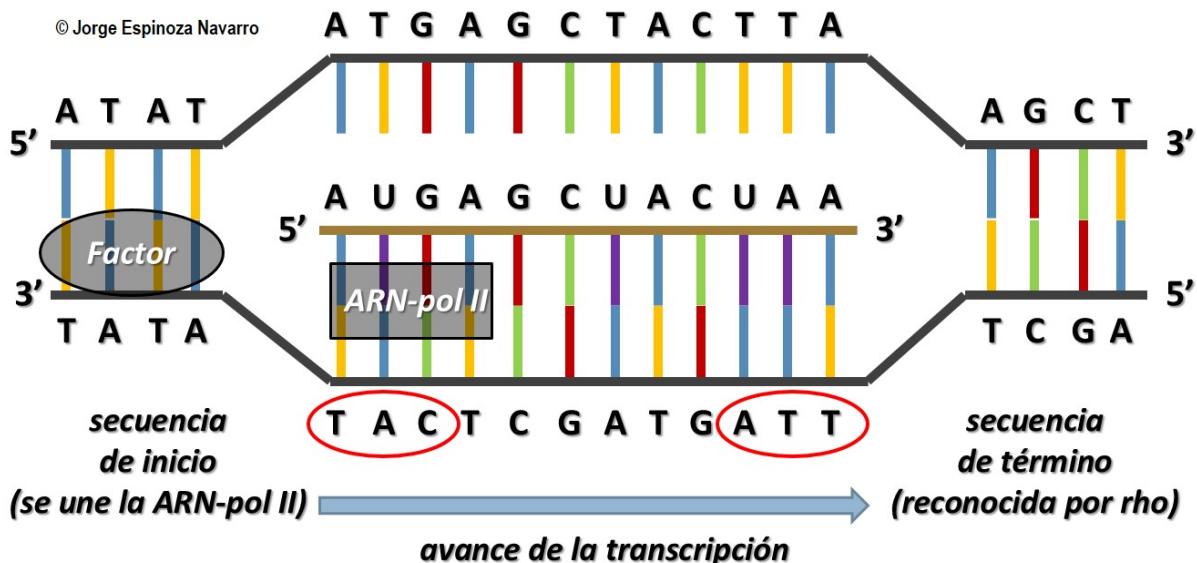
- Los fragmentos de Okazaki tienen una extensión menor que en las células procariotas, aproximadamente entre cien y doscientos nucleótidos.
- El ADN de las células eucariotas no está cerrado sobre sí mismo, como el de las células procariotas, sino que es lineal. Tal y como hemos indicado en el apartado anterior, al eliminar los ARN cebadores de los extremos de las cadenas quedaría una cadena incompleta. La enzima telomerasa alarga los extremos de los cromosomas para evitar la pérdida de material genético durante la replicación.



### 7.2.2. La transcripción

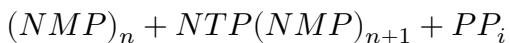
La transcripción es el proceso por el que se sintetizan moléculas de ARN complementarias a una de las dos cadenas de una doble hélice de ADN.

Durante la transcripción, la secuencia de bases del ADN determina la incorporación de los ribonucleótidos.



### Transcripción del ADN con término dependiente de proteína rho.

La transcripción de ADN a ARN es una reacción de síntesis:



- A partir de uno o varios (n) ribonucleótidos monofosfato (NMP) de la cadena en formación, se produce la incorporación de un ribonucleótido trifosfato (dNTP).
- De esta unión se desprende pirofosfato inorgánico (PPi) y se obtiene una cadena con un ribonucleótido más, incorporado al fragmento inicial (n + 1).

Los ribonucleótidos que intervienen en

- La incorporación de ribonucleótidos en sentido 5' 3'. Como ya hemos visto, a diferencia de la ADN pol, esta enzima cataliza la unión de los ribonucleótidos sin necesidad de cebador.

Los ribonucleótidos que intervienen en la reacción son los correspondientes a las bases adenina, citosina, guanina y uracilo. La adenina del ADN es complementaria de la base uracilo, en el ARN.

La principal enzima responsable de la transcripción es la ARN polimerasa (ARN pol), que participa en dos procesos diferentes:

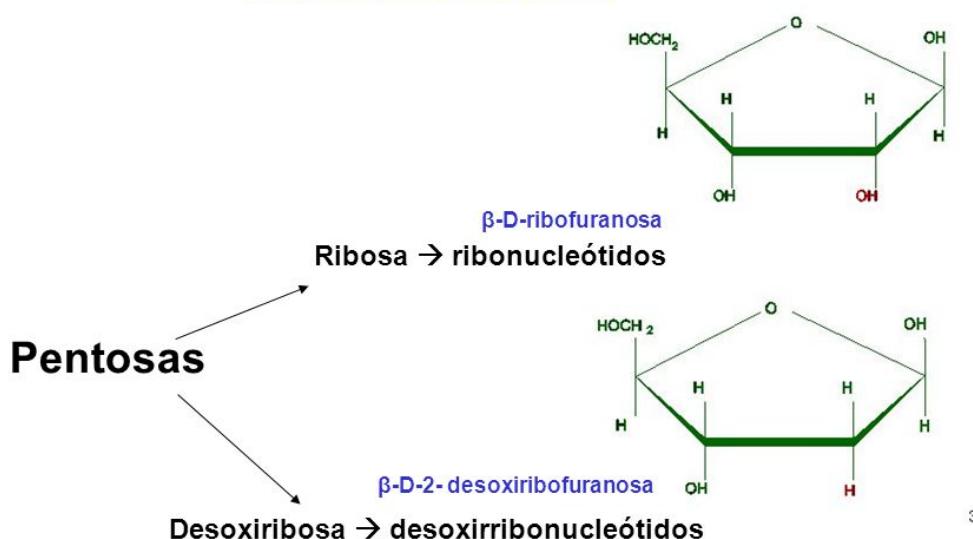
- La separación de las dos cadenas de la doble hélice.

- La incorporación de ribonucleótidos en sentido 5' 3'. Como ya hemos visto, a diferencia de la ADN pol, esta enzima cataliza la unión de los ribonucleótidos sin necesidad de cebador.

# ÁCIDOS NUCLEICOS

## NUCLEÓTIDOS

Componentes de los nucleótidos.



### 7.2.2.1. La transcripción en procariotas

En procariotas, la transcripción se lleva a cabo bajo el control de una sola ARN pol. En este proceso suelen distinguirse tres fases: inicio, elongación y terminación.

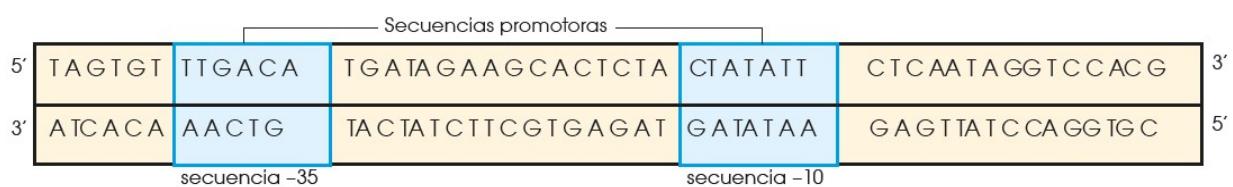
#### Inicio

En la cadena de ADN hay unas secuencias especiales que reciben el nombre de secuencias promotoras o promotores.

Estas secuencias se sitúan antes del primer nucleótido que debe ser transcrita y que identificaremos como nucleótido +1. Las secuencias promotoras suelen situarse, aproximadamente, centradas en la posición -35 y -10, anteriores al nucleótido +1.

La secuencia de nucleótidos de los promotores depende de cada organismo, pero en *Escherichia coli* se han observado coincidencias importantes: en general, la secuencia -35

corresponde a una combinación de nucleótidos similar a TTGACA, y la secuencia -10 se corresponde habitualmente con la secuencia TATATT.



La ARN pol se asocia a una subunidad proteica conocida como *subunidad sigma* y reconoce la secuencia -35, a la que se une.

Esta unión facilita la posterior unión del enzima a la secuencia -10, mucho más próxima al inicio de la transcripción.

A continuación, se desprende la subunidad sigma. En ese momento, la ARN pol se encuentra en la posición correcta para separar las dos cadenas de ADN e iniciar la transcripción a partir del nucleótido +1.

## **El tamaño del material genético**

Se ha establecido el par de bases (pb) como unidad de medida del ADN y del ARN. Un pb de un ácido nucleico de doble cadena corresponde al espacio ocupado por dos nucleótidos opuestos y complementarios de esta cadena. Así, la secuencia de ADN de la ilustración de esta página tiene un tamaño de 50 pb.

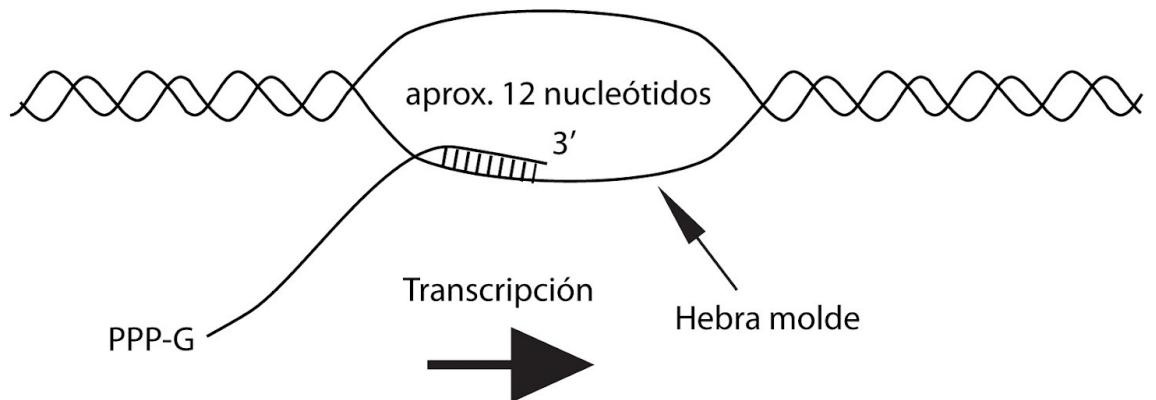
En el caso de los ácidos nucleicos de una sola cadena, como el ARNm, la medida solo hace referencia al espacio de cadena ocupado por un nucleótido.

La secuencia de ARNm representada en la misma ilustración tiene un tamaño de 9 pb.  $1000 \text{ pb} = 1 \text{ Mb}$ .

## **Elongación**

A partir de la unión correcta de la ARN pol, esta enzima inicia la síntesis con la incorporación del primer ribonucleótido, según la norma de complementariedad de bases.

La síntesis progresó en sentido 5' 3' y el ARN se mantiene unido al ADN en un pequeño fragmento de unos veinte a treinta nucleótidos a partir del extremo en crecimiento.



Durante la transcripción, solo se transcribe una cadena sencilla del ADN, la cadena molde. La otra se llama codificadora.

No todas las secuencias molde están en la misma cadena. Por ello, hay genes que se transcriben a partir de una cadena, mientras que otros tienen su molde en la cadena contraria.

El resto de la cadena en crecimiento se disocia tanto de la enzima como del ADN.

La transcripción se desarrolla de manera continua, pero con velocidad variable, ya que, en ocasiones, la formación de estructuras espaciales, tanto en el ADN como en el ARN, puede dificultar el avance de la ARN pol.

Suelen transcribirse entre veinte y cincuenta nucleótidos cada segundo.

## Terminación

Es posible que existan diversos mecanismos para indicar el fin de la transcripción.

Algunos de estos mecanismos se relacionan con la formación de bucles en la molécula de ARN que impiden el progreso de la ARN pol y provocan el desprendimiento del ADN.

Es el caso de las secuencias de terminación formadas por dos fragmentos de ADN próximos, que contienen secuencias complementarias entre ellas.

Al transcribirse estas secuencias, se produce complementariedad interna en la molécula de ARN en formación y, por tanto, aparecen bucles que obligarían a finalizar la síntesis de ARN.

### 7.2.2.2. La transcripción en eucariotas

Durante el proceso, podemos distinguir las mismas fases que en procariotas, pero con algunas particularidades.

#### Inicio

En eucariotas, las secuencias promotoras o promotores se sitúan, aproximadamente, en la posición -25, o sea, a unos veinticinco nucleótidos del lugar de inicio de la síntesis de ARN.

Esta secuencia ha sido identificada para numerosos genes y en numerosas especies, y observamos una elevada coincidencia en la secuencia TATA; por este motivo, la llamamos caja TATA (TATA box).

Las proteínas llamadas factores de transcripción (TF, del inglés *transcription factors*) identifican las cajas TATA y se unen a ellas para facilitar la ubicación correcta de la ARN pol sobre la cadena de ADN. A continuación, se inicia la síntesis de ARN a partir del nucleótido +1.

En las células eucariotas, hay tres clases de ARN polimerasas especializadas en la síntesis de diferentes tipos de ARN:

- La ARN pol interviene en la síntesis de las subunidades grandes de los ribosomas.
- La ARN pol II es la responsable de la síntesis de los precursores de los ARN mensajeros (ARNm), que se traducirán a proteínas.
- La ARN pol III controla la síntesis de los ARN de transferencia (ARNt) y de las subunidades pequeñas de los ribosomas.

Generalmente, cada ARN pol identifica unos factores de transcripción específicos. Ahora, seguiremos la descripción del proceso en el caso de la síntesis de un ARNm.

A pesar de que los detalles del proceso no son del todo conocidos, posiblemente la misma ARN pol II provoca un cambio de conformación en el ADN que permite el acceso a una de las dos cadenas para copiarla, y se inicia la síntesis de ARN.

## Elongación

La ARN pol II va recorriendo la doble hélice y utiliza como molde una de las dos cadenas.

Esta cadena se va leyendo desde el extremo 3' hacia el 5'.

Al mismo tiempo, se van uniendo los ribonucleótidos, uno tras otro, y la cadena va creciendo en sentido 5' 3'.

Los ribonucleótidos se sitúan según la ley de complementariedad de bases, teniendo en cuenta que el ribonucleótido complementario de la adenina del ADN es el uracilo en el ARN. A medida que se va desprendiendo la cadena de ARNm precursor acabada de sintetizar, el ADN recupera su estructura espacial normal.

## Terminación

La terminación se produce de modo similar al mecanismo que hemos descrito para las células procariotas. Al ARNm precursor resultante la llamamos transcripto primario.

El proceso de síntesis de los otros ARN también se lleva a cabo de un modo parecido. No obstante, el transcripto primario sufre una serie de modificaciones que describimos a continuación.

### Modificaciones postranscripcionales del ARN

Las principales modificaciones en el transcripto primario tras su síntesis son:

- **Incorporación de una capucha:** Por el extremo 5', el transcripto primario incorpora un nucleótido de guanina metilado, que actúa como protección para evitar que el ARN sea degradado por enzimas especializadas en la destrucción de estas moléculas.

Esta capucha se añade poco después de la síntesis del extremo 5' y mucho antes de finalizar la transcripción.

- **Incorporación de una cola:** En el extremo 3' se añade una cadena de entre cien y doscientos nucleótidos de adenina, que llamamos cola de poli-A.

Esta cola puede tener como finalidad proteger también este extremo de la molécula frente a la degradación enzimática. Además, es posible que intervenga en el paso del ARNm hacia el citoplasma.

La cola de poli-A se añade al finalizar completamente la transcripción, después de que el transcripto primario se haya desprendido del ADN y de la ARN pol II. Solo los ARN transcritos a partir de la ARN pol II tienen capucha y cola.

- **Eliminación de los intrones:** Los genes eucariotas para ARN contienen dos tipos de secuencias:

— **Exones:** Secuencias codificadoras que darán lugar a la incorporación de aminoácidos durante la síntesis de proteínas.

— **Intrones:** Secuencias no codificadoras que no llegan a traducirse en aminoácidos.

El tránsrito primario contiene las secuencias de los exones y las de los intrones. Para que el mensaje que contiene el ARN pueda transformarse en la proteína correcta, es preciso que se eliminen las secuencias correspondientes a los intrones.

Este proceso de maduración tiene lugar mediante una reacción de corte y unión (ARN *splicing*).

— A lo largo de la cadena de ARN transcríto, se forman bucles correspondientes a los intrones.

— Diversas enzimas producen el corte de estas secuencias y la unión entre los exones.

— El resultado del *splicing* es el ARNm.

A continuación, el ARNm se desplaza hacia el citoplasma para la síntesis de proteínas. Este transporte se produce gracias al reconocimiento específico por parte de proteínas situadas en los poros de la envoltura nuclear que, mediante transporte activo, permiten el paso del ARNm.

El ARNr y el ARNt, transcritos mediante las enzimas ARN pol I y ARN pol III, experimentan un proceso de maduración algo diferente, que incluye la adquisición de su configuración espacial correcta. Posteriormente, salen al citoplasma e intervienen, también, en la síntesis de proteínas.

### 7.2.3. La traducción

El ciclo celular es el conjunto de etapas por las que pasan todas las células durante las cuales la célula crece aumentando su tamaño y su número de orgánulos y, por último, se divide para originar dos células más pequeñas.

Es el proceso mediante el cual a partir del ARNm se sintetiza una proteína. Tiene lugar de manera similar en procariotas y en eucariotas. Describiremos la traducción tomando como ejemplo una célula eucariota. El proceso se inicia a partir de:

- Un ARNm procedente de la maduración del transcríto primario.
- Ribosomas libres en el citoplasma con su configuración correcta.

- ARNt unidos a los diferentes aminoácidos.

Este proceso se considera una verdadera traducción, ya que el mensaje, contenido en el ARNm a partir de una copia del ADN, se traduce en una secuencia de aminoácidos. El código genético es la clave que permite interpretar el mensaje.

### **El código genético**

El código genético es la correspondencia que se establece entre cada grupo de tres nucleótidos consecutivos de la cadena de ARNm y un aminoácido. A estos grupos de tres nucleótidos o tripletes, los llamamos codones. El código genético es universal; es decir, en todos los seres vivos, cada triplete codifica para el mismo aminoácido.

Además, se dice que está degenerado, ya que existen 64 posibles tripletes y solo 20 aminoácidos diferentes, es decir, hay aminoácidos que están codificados por más de un triplete. Existen unos tripletes especiales:

- AUG, que codifica para metionina y corresponde al inicio de la síntesis.
- UAA, UGA y UAG, que determinan el fin de la síntesis.

A continuación, describiremos las distintas fases del proceso de traducción y síntesis de una proteína a partir del ARNm correspondiente.

### **Unión de los aminoácidos a los ARNt**

La **figura** representa la forma habitual que adquieren las moléculas de ARNt. En esta estructura, distinguimos una región especial que contiene un triplete llamado anticodón. Esta secuencia es específica para cada aminoácido y determina la unión entre cada ARNt y un aminoácido, para formar un aminoacil-ARNt.

La unión está catalizada por un conjunto de enzimas que reciben el nombre de aminoacil-ARNt sintetasas.

Existe una enzima aminoacil-ARNt sintetasa para cada aminoácido; son, por lo tanto, enzimas con una función muy especializada, ya que reconocen cada aminoácido y lo unen específicamente al extremo 3' del ARNt que contiene el anticodón correspondiente.

### **Ensamblaje del complejo de iniciación**

El complejo de iniciación está formado por un ribosoma, el aminoacil-ARNt correspondiente al primer aminoácido, y el ARNm que se tiene que traducir.

La unión de los diferentes componentes tiene lugar de este modo:

- El ARNt que transporta el aminoácido metionina se une a la subunidad pequeña del ribosoma.

— El extremo 5' del ARNm que contiene el codón correspondiente a metionina (AUG) se une también a la subunidad pequeña del ribosoma. El ARNm se «leerá» en sentido 5' 3'.

— En esta posición quedan enfrentados el anticodón del aminoacil-ARNt y el codón del ARNm. Para que el proceso se inicie correctamente, los dos tripletes tienen que ser complementarios: UAC en el anticodón del ARNt y AUG en el codón del ARNm.

— Al complejo recién formado se une la subunidad grande del ribosoma. En ese momento queda constituido el complejo de iniciación.

— Todas las interacciones moleculares que hacen posible la formación de este complejo son favorecidas por la acción de un conjunto de proteínas llamadas factores de iniciación.

### **Elongación de la cadena de aminoácidos**

A partir de la formación del complejo de iniciación, distinguimos en el ribosoma dos sitios activos:

— El sitio P, o sitio de unión del peptidil-ARNt (el ARNt unido al péptido en crecimiento).

— El sitio A, o sitio de unión del aminoacil-ARNt.

Al inicio de la síntesis, el sitio P (sitio peptidil) está ocupado por el primer aminoacil-ARNt y el primer codón del ARNm; aquí se produce la unión entre las bases complementarias de ambas moléculas.

A continuación, en el sitio A se sitúa el siguiente aminoacil-ARNt y, en esta posición, su anticodón queda situado delante del segundo codón del ARNm.

Seguidamente, se produce el enlace peptídico entre el primer y el segundo aminoácidos.

Una vez unidos los dos aminoácidos, el ribosoma se desplaza al codón siguiente.

— Se desprende el ARNt que transportaba metionina y el primer codón del ARNm queda fuera del ribosoma.

— El complejo ARNt-ARNm que estaba en el sitio A ahora quedará situado en el sitio P.

— En el sitio A (sitio aminoacil) queda el tercer codón del ARNm accesible al aminoacil-ARNt que presenta el anticodón complementario al siguiente codón de ARNm.

— A continuación, se produce el enlace peptídico entre el segundo y el tercer aminoácidos, y se repite todo el proceso.

De esta manera, se van añadiendo, uno a uno, los aminoácidos que componen la proteína codificada.

### Terminación de la síntesis

Cuando el sitio A del ribosoma se sitúa frente a un codón de terminación (UAA, UGA, UAG), no se encuentra ningún ARNt específico para este codón.

En este momento se produce la unión de proteínas específicas que favorecen la disociación del complejo de iniciación:

- La proteína recién sintetizada se separa del último ARNt.
- El ARNm se desprende del ribosoma.
- Las dos subunidades del ribosoma se separan.

Es muy frecuente que un mismo ARNm pueda ser traducido a la vez por distintos ribosomas, situados en diferentes posiciones a lo largo de la cadena. A estas estructuras las llamamos polirribosomas o polisomas.

En los polisomas se sintetizan varias copias de la misma cadena polipeptídica a partir de una misma molécula de ARNm y diversos ribosomas.

## 7.3. Control de la expresión genética

Los eficaces procesos descritos en el tema anterior adquieren su total importancia fisiológica cuando las células pueden activarlos o reprimirlos, según las necesidades biológicas que presenten.

Por ello, existen mecanismos de control que permiten regular la expresión de los genes. Por medio de estos mecanismos se sintetizan unas proteínas cuando la célula las necesita y se dejan de sintetizar cuando no son necesarias.

A mediados del siglo XX, François Jacob y Jacques Monod (Jacob, F. & Monod, J. 1961. Genetic regulatory mechanisms in the synthesis of proteins. *Journal of Molecular Biology* 3: 318-356) describieron un mecanismo de control en los procariotas: el operón.

Un operón es un conjunto de genes estructurales que se expresan de manera coordinada; suelen corresponder a genes que codifican para distintas enzimas de una misma vía metabólica. Las secuencias de ADN que encontramos en el operón y asociadas a él son:

- Un gen regulador, que determina la síntesis de la proteína represora.
- Una secuencia promotora, o promotor, como las que ya hemos descrito al hablar de la transcripción, que se sitúa unos pocos nucleótidos antes del punto de inicio de la síntesis de ARNm.

- Un operador, una secuencia que puede ser bloqueada por una proteína represora.
- Los genes estructurales, que codifican la síntesis de las proteínas que actúan coordinadamente.

El primer operón que se estudió exhaustivamente fue el operón lac de *Escherichia coli*. Este regula la síntesis de las enzimas que controlan la degradación de la lactosa. *E. coli* utiliza, preferentemente, la glucosa como fuente de carbono y de energía; no obstante, también puede usar lactosa. Por lo tanto, dado que esta utilización es ocasional, constituye un importante ahorro biológico para la célula.

De este modo, la célula controla la expresión de los genes del operón:

- **En ausencia de lactosa:**

— El gen regulador se transcribe y se sintetiza la proteína represora.

— La proteína represora se une al operador. Como este se encuentra junto al promotor, la ARN pol no puede acceder al promotor y la transcripción de los genes estructurales queda bloqueada.

- **En presencia de lactosa:**

— La lactosa se une a la proteína represora, lo que provoca un cambio en su conformación que le impide unirse al gen operador.

— El gen operador no está bloqueado y se inicia la síntesis de ARNm a partir de los genes estructurales.

### **Terminación de la síntesis**

Todos los organismos pluricelulares se originan a partir de una sola célula, el zigoto. Esta célula única tiene un determinado genoma y, al dividirse, dará lugar a millones de células genéticamente idénticas (excepto en las mutaciones que puedan surgir). Durante el desarrollo embrionario, este zigoto dará lugar a una gran variedad de células especializadas, que formarán los diferentes tejidos, por un proceso que conocemos como diferenciación celular.

Esta diferenciación se produce como consecuencia de la expresión diferencial de los distintos genes. Así, en unas células se transcriben unos genes mientras que otros son reprimidos, y en otras células, los genes que se expresan y los que se reprimen son diferentes. La expresión diferencial se produce debido a la distribución irregular en el embrión de determinadas sustancias químicas; así, por ejemplo, por gravedad en la parte inferior del embrión habrá una mayor concentración de algunas sustancias que en la superior.

A las células con la capacidad de diferenciarse en los diversos tipos de células que forman un organismo las denominamos *células madre*. En los animales más evolucionados, las células madre se clasifican en dos grupos:

- **Las células madre embrionarias:** Son aquellas con la capacidad de generar todos los tipos celulares del organismo; las llamamos también *totipotenciales* y las encontramos en las primeras fases del embrión.
- **Las células madre adultas:** Son aquellas capaces de generar algunos tipos determinados de células del organismo y reciben el nombre de *pluripotenciales*. Se encuentran en tejidos del organismo ya formados y su función consiste en regenerar tejidos en continuo desgaste, como la piel o la sangre.

### Aplicación de las células madre en biomedicina

Las investigaciones con células madre todavía están en sus inicios, pero resultan muy esperanzadoras. Parece factible que a partir de estas puedan llegar a tratar muchas enfermedades graves e incurables en la actualidad, como la enfermedad de Alzheimer, el Parkinson o la diabetes.

Para estas aplicaciones médicas, las células madre embrionarias son las que, por ahora, resultan más eficaces, pero en el futuro, parece ser que también se podrán utilizar células madre adultas. De hecho, investigaciones recientes han descubierto que algunas células madre adultas convenientemente estimuladas pueden volverse totipotentes.

#### 7.3.1. Las mutaciones

Las mutaciones son cambios en la estructura o la composición química del ADN. Estas se producen de manera espontánea en todos los genomas y por la acción de diversas sustancias o fenómenos que interaccionan con el ADN. También pueden producirse por errores durante los procesos de replicación.

Existen diversos tipos de mutaciones.

- **Puntuales o génicas:** Afectan a un solo par de bases, y :

Pueden alterar la secuencia de aminoácidos de la proteína correspondiente y modificar el fenotipo del individuo.

— Las delecciones y las inserciones modifican la pauta de lectura, es decir, provocan una alteración de todos los tripletes, desde el punto donde se produce la mutación en adelante. Suelen tener consecuencias muy negativas para la actividad del organismo.

— Las sustituciones alteran un único aminoácido. Esta alteración puede mejorar o bien perjudicar la supervivencia, según las características de la proteína obtenida. También

puede ser que no tengan ningún efecto, si el cambio origina un triplete que codifica el mismo aminoácido que el ADN anterior a la mutación. En este caso, reciben el nombre de mutaciones silenciosas.

- **Cromosómicas:** Afectan a fragmentos de un cromosoma y pueden ser:
  - Delecciones**, si se pierde un trozo de cromosoma.
  - Duplicaciones**, cuando se repite un fragmento de cromosoma.
  - Translocaciones**, si un fragmento de cromosoma se desprende de su posición normal y se une a otro cromosoma.

En estos casos, las delecciones son las mutaciones con consecuencias negativas, ya que pueden implicar la pérdida de genes imprescindibles para la actividad del organismo.

- **Genómicas:** Afectan al número de cromosomas, y pueden ser:
  - **Aneuploidías:** Alteraciones en el número de cromosomas, normalmente por exceso o defecto de un cromosoma entero.

Este tipo de mutaciones acostumbra a originar un conjunto de trastornos, o síndrome, que alteran el funcionamiento del organismo, y que incluso pueden impedir la supervivencia.

En el ser humano, se conocen algunos casos, principalmente trisomías, es decir, presencia de tres cromosomas en lugar de dos para una pareja. También se da un caso de monosomía del cromosoma X, lo cual significa que hay un único cromosoma X en la pareja correspondiente a los cromosomas sexuales. Pueden producirse otras aneuploidías, pero sus consecuencias son tan graves que los individuos no llegan a nacer por abortos espontáneos.

— **Poliploidías:** Alteraciones en las que se encuentra duplicada toda la dotación cromosómica, en múltiplos de n: 3n, 4n...

Pueden producirse por diversas causas, por ejemplo, por un error durante la meiosis o por la fecundación de un óvulo por más de un espermatozoide. Este tipo de mutaciones se tolera mejor en especies de plantas que de animales, y suelen originar individuos de dimensiones superiores a las normales.

Si la poliploidía es par (4n, 6n, 8n...), los individuos suelen ser fértiles y la mutación se transmite a los descendientes.

Si la poliploidía es impar (3n, 5n...), los individuos suelen ser estériles, por dificultades en el apareamiento de los cromosomas durante la meiosis. Algunas técnicas de cultivo de vegetales favorecen las poliploidías impares, ya que, como son estériles, los frutos de estas plantas tienen semillas muy pequeñas o incluso ausentes, hecho que aumenta el valor comercial de estos productos.

### **7.3.1.1. Significación de las mutaciones**

Las mutaciones pueden producirse de forma espontánea o inducida; en el caso de la especie humana, aproximadamente la frecuencia de aparición de una mutación se produce cada  $2,2 \cdot 10^9$  bases nitrogenadas replicadas.

Las mutaciones pueden ser perjudiciales, neutras o beneficiosas. La selección natural, mecanismo básico de la evolución, actúa sobre la variabilidad de una población. La mutación es el principal mecanismo responsable de la variabilidad al aumentar el número de alelos de cada gen y, por tanto, uno de los principales motores de la evolución de las especies.

A pesar de que pueden afectar a cualquier célula del cuerpo es muy diferente si se producen en una célula somática o en un gameto. Las mutaciones somáticas no se transmiten a la descendencia y, por lo tanto, no se conservan en las poblaciones. Además, si esta mutación da lugar a un nuevo alelo recesivo, no llega ni a manifestarse en el individuo que la ha padecido.

Las mutaciones gaméticas, en cambio, son mucho más trascendentes, ya que se transmiten a la descendencia. La selección natural se encargará, en su caso, de conservar o eliminar esta nueva característica.

Las mutaciones pueden afectar las vías metabólicas, el comportamiento o los caracteres morfológicos; estas últimas son las más evidentes. Aunque pueden afectar a cualquier parte del ADN.

### **7.3.1.2. Agentes mutágenos**

Son aquellos que pueden provocar mutaciones en el ADN. Podemos agruparlos en tres tipos: físicos, químicos y biológicos.

Los mutágenos físicos son las radiaciones de alta energía como las radiaciones ultravioletas (UV) y los rayos X.

Los mutágenos químicos son una serie de sustancias más amplia que el caso anterior e incluye algunas como el ácido nitroso o los colorantes de acridina.

Los mutágenos biológicos, conocidos en la actualidad son algunos virus, como el responsable del papiloma de cuello de útero humano (VPH) o el de la hepatitis B.

### **7.3.1.3. Terapia y diagnóstico génicos**

Actualmente, es posible el diagnóstico precoz de enfermedades genéticas en la etapa fetal. Procesos como la amniocentesis o la extracción de vellosidades coriónicas permiten la

obtención de muestras de material biológico del feto. A partir de dicho material se puede extraer ADN y detectar la presencia de mutaciones mediante las técnicas de diagnóstico prenatal.

#### 7.3.1.4. Reparación del ADN

Las células disponen de mecanismos especiales que permiten eliminar las mutaciones como la reparación por *escisión* o la fotorreactivación.

La reparación por escisión consiste en el reconocimiento de las bases nitrogenadas erróneas, el corte y separación o escisión de estas y la sustitución por las correctas.

La fotorreactivación implica la activación por parte de la luz visible de una enzima llamado *PRE* que tiene como función reparar las bases alteradas por las radiaciones UV.

#### Mutaciones y cáncer

Cáncer engloba un conjunto de enfermedades caracterizadas por la proliferación y expansión de un tumor, mismo que es un grupo de células que se multiplican continuamente, pero sin llegar a diferenciarse para poder llevar a cabo su función habitual.

La transformación de una célula sana en una célula tumoral depende principalmente de la expresión de dos tipos de genes específicos: los *oncogenes* y los *protooncogenes* que tienen un importante papel en la regulación del ciclo celular y que, al mutar, provocan la proliferación descontrolada de la célula.

Las mutaciones sobre ambos tipos de genes pueden ser:

—**De carácter hereditario:** Conllevan la herencia de la predisposición a ciertos tipos de cáncer.

—**Producidas por agentes mutagénicos:** Afectan al grupo de células expuestas al mutágeno.

Las implicaciones de estos conocimientos, así como las alternativas a determinadas situaciones de riesgo, a menudo provocan dilemas éticos en los que intervienen las creencias personales y la legislación vigente en cada país.

Conocemos por terapia génica a una serie de técnicas en estudio que permiten sustituir un alelo causante de una enfermedad por otro. Estas técnicas consisten en introducir en las células afectadas el fragmento de ADN portador del alelo normal. Este fragmento de ADN se introduce en la célula mediante un virus alterado para que no provoque ninguna enfermedad.

El ADN se encuentra en el interior del núcleo de las células eucariotas y, en él, la cadena de ADN puede organizarse y condensarse dando lugar a los cromosomas. Este será un proceso de gran importancia en la división celular.

Definimos al ciclo celular como el conjunto de procesos que suceden en el período comprendido entre dos divisiones celulares.

Todos estos procesos están controlados por el núcleo, donde se encuentra el ADN que forma los cromosomas.

### 7.3.2. Los cromosomas\*\*

En las células eucariotas, los cromosomas se sitúan en el núcleo. Al microscopio óptico, los cromosomas, convenientemente teñidos, los distinguimos como unos elementos alargados en forma de bastoncillos, en los que podemos diferenciar:

- Una constrictión llamada centrómero, que puede ocupar diversas posiciones a lo largo del cromosoma. Según la posición del centrómero, clasificamos a los cromosomas en: metacéntricos, acrocéntricos, submetacéntricos y telocéntricos.
- Los brazos o prolongaciones, que parten del centrómero. Los cromosomas son el resultado de la compactación creciente de la cromatina, formada por ADN y varios tipos de proteínas. Entre las proteínas de la cromatina distinguimos proteínas histonas y proteínas no histonas.

Las proteínas histonas intervienen directamente en la estructura de los cromosomas, compactándolos. Tienen una gran afinidad por el ADN, debido a las diferencias de carga eléctrica entre estos dos tipos de moléculas. Hay cinco tipo de histonas, llamadas: *H1, H2A, H2B, H3 y H4*.

Algunas de las proteínas no histonas también participan en la constitución de la estructura cromosómica; otras son enzimas que intervienen en el control de las funciones del ADN.

Los cromosomas se constituyen a partir de sucesivos enrollamientos de la doble hélice de ADN mediante la participación de las proteínas de la cromatina.

Así, durante la división celular, la molécula de ADN se mantiene enrollada alrededor de las histonas como si estuviese empaquetada para facilitar el reparto de los cromosomas a las células hijas. Esta disposición del material genético permite que los cromosomas sean claramente visibles.

En la interfase, se producen otras funciones celulares en las que interviene el ADN. Para ello, el ADN relaja su enrollamiento alrededor de las histonas y los cromosomas se desempaquetan.

- Dos histonas de cada uno de los tipos H2A, H2B, H3 y H4 forman una estructura cilíndrica, alrededor de la cual se enrolla una vuelta y tres cuartos de ADN, lo que corresponde a una longitud de 145 pares de bases.

- Esta estructura recibe el nombre de nucleosoma.
- La histona H1 se sitúa entre los nucleosomas y favorece la aproximación, de manera que acorta aún más la longitud de la cadena de ADN.
- Esta estructura puede estar todavía más enrollada, de modo similar a un solenoide.
  - Los empaquetamientos y los superenrollamientos posteriores dan lugar a la estructura del cromosoma condensado, en el que puede apreciarse un acortamiento aparente de la longitud de la cadena de ADN inicial de hasta 5 000 veces.

# 8. El ciclo celular

## Fases del ciclo celular

### Ciclo celular

El ciclo celular es el conjunto de etapas por las que pasan todas las células durante las cuales la célula crece aumentando su tamaño y su número de orgánulos y, por último, se divide para originar dos células más pequeñas. La duración del ciclo celular es variable, puede oscilar desde pocas horas hasta más de un año; depende del tipo de célula y de las circunstancias en que se desarrolla.

A lo largo del ciclo celular, podemos distinguir dos fases fundamentales: la división celular y la interfase celular; es decir, el período entre división y división. Cada una de estas fases se divide en etapas o períodos diferentes. La división celular comprende el 10% del ciclo celular, mientras que la interfase comprende el 90%.

### División celular

La división celular es el proceso por el que, a partir de una célula, que podemos llamar madre, se obtienen dos células hijas. Cada célula hija contiene una copia exacta de los cromosomas de la célula madre y, aproximadamente, la mitad de su material citoplasmático. A lo largo de la división celular, podemos distinguir la mitosis y la citocinesis.

## 8.1. Mitosis

La mitosis es la división del núcleo de la célula. Al final de esta etapa, cada célula hija recibe una dotación cromosómica completa. Para lograrlo se requiere:

- **La duplicación de los cromosomas:** Antes de la mitosis, la célula sintetiza ADN para obtener dos copias idénticas de cada cromosoma, que se repartirán entre las células hijas.

*En los seres unicelulares, la división celular comporta la generación de nuevos individuos, lo cual permite la perpetuación de la especie. En los seres pluricelulares, la división*

*celular implica procesos como el desarrollo de un individuo completo a partir de una célula inicial y la aparición de diversos tejidos especializados.*

- **La condensación de los cromosomas:**

Los cromosomas se mantienen estrechamente unidos a las histonas que hacen posible el empaquetamiento del ADN. De este modo, se facilita el desplazamiento de los cromosomas durante el reparto.

- **La presencia de estructuras tubulares:** Que guíen, durante el reparto del material celular, tanto los cromosomas como el resto de orgánulos citoplasmáticos, de modo que queden equitativamente repartidos entre las dos células hijas.

*La mitosis se desarrolla a lo largo de cuatro etapas: profase, metafase, anafase y telofase.*

### **8.1.1. Profase**

La profase comprende, aproximadamente, el 60% de la duración total de la mitosis. Es, por lo tanto, la etapa más larga de la división celular.

Durante la profase, podemos observar, de modo progresivo, los siguientes fenómenos:

- En el citoplasma, se «desmonta» el citosqueleto para que los microtúbulos intervengan en la mitosis. Por este motivo, el citoplasma se vuelve más viscoso.
- En el núcleo, los cromosomas se condensan y se hacen visibles como estructuras filamentosas; además, se dispersa el material del nucléolo.
- La envoltura nuclear se fragmenta en forma de membranas similares a las del retículo endoplasmático. Al final del proceso, los cromosomas entran en contacto con el citoplasma.
- Cada cromátida hermana tiene, en la zona del centrómero, un anillo proteico llamado cinetocoro, que se une a los microtúbulos del huso mitótico.
- Los centriolos se separan y se desplazan hacia los polos de la célula.

A medida que van separándose, entre ellos se dispone un conjunto de microtúbulos que formarán las fibras del huso mitótico. Entre estas fibras podemos distinguir:

- Fibras cinetocóricas: Microtúbulos del huso unidos a los cinetocoros.
- Fibras polares: Microtúbulos del huso no unidos a los cinetocoros.
- Fibras astrales: Microtúbulos exteriores al huso mitótico.

En las células en que no hay centriolos, como las vegetales, las fibras del huso se orientan tomando como referencia la membrana plasmática y los polos de la célula.

### **8.1.2. Metafase**

En esta etapa, los cromosomas se disponen alineados en la zona media de la célula:

- Las cromátidas unidas a las fibras cinetocóricas se desplazan con un movimiento oscilante, hasta que se sitúan en la zona media de la célula y forman la placa ecuatorial.

Se mantienen sujetas por las fibras cinetocóricas y las fibras polares.

### **8.1.3. Anafase**

Durante la anafase tiene lugar el reparto de los cromosomas:

- Los cinetocoros se dividen y las dos cromátidas hermanas se separan y se desplazan, cada una hacia un polo de la célula.

Este desplazamiento, al parecer, es debido a la tracción de las fibras cinetocóricas.

Observamos que los centrómeros se desplazan con más rapidez que los brazos de los cromosomas.

### **8.1.4. Telofase**

Es la última fase de la mitosis:

- Los dos grupos de cromátidas llegan a los polos opuestos de la célula.
- Las moléculas de tubulina que componen los microtúbulos se dispersan por el citoplasma.
- La envoltura nuclear se va reconstruyendo alrededor de cada grupo de cromosomas, los cuales recuperan, despacio, el aspecto difuso.
- Al término de la telofase, podemos distinguir un nucléolo en cada núcleo.

El proceso continúa adelante con la citocinesis.

### **8.1.5. Citocinesis**

Consiste en la división del citoplasma, también llamada segmentación, y el reparto de orgánulos y el resto de componentes celulares entre las dos células hijas. Normalmente, podemos observar el inicio de este proceso hacia el final de la telofase.

Es un proceso que varía mucho según se trate de una célula animal o de una célula vegetal.

En la célula animal:

- La membrana plasmática se estrecha por la zona media. Esta estrechez va progresando desde el exterior hacia el interior de la célula.
- Podemos observar cómo la comunicación entre las células hijas se va estrechando y, finalmente, se produce la separación.

El estrechamiento se consigue gracias a un sistema de microfilamentos de actina que, unidos a la membrana plasmática, actúan como si se tratase de una lazada que constriñese la célula. En la célula vegetal:

- El citoplasma se divide en dos partes mediante vesículas producidas por el aparato de Golgi que se sitúan en la zona media de la célula. Estas vesículas contienen polisacáridos diversos, principalmente pectina.
- Las vesículas crecen, se fusionan entre ellas y vierten su contenido al espacio que se va formando como separación entre las células. Los polisacáridos vertidos por las vesículas constituyen un depósito semifluido llamado lámina media, que va separando las células.
- La separación entre las células hijas, denominada fragmoplasto, crece desde la zona central hasta los extremos.
- La lámina media se va reforzando con aportaciones de celulosa y se va transformando en la pared celular característica de las células vegetales.

Al terminar la citocinesis, se obtienen dos células hijas más pequeñas que la célula madre, pero muy similares en aspecto, idénticas en dotación cromosómica y con una orientación definida.

A partir de este momento, las células hijas entran en el período de interfase celular.

## 8.2. Interfase celular

Es el período más largo del ciclo celular. Durante la interfase, podemos distinguir las siguientes etapas: G1, S y G2.

### 8.2.0.1. Etapa G1

Es la etapa comprendida entre la división celular y el inicio de la duplicación de los cromosomas.

A lo largo de la etapa G1 la actividad celular, que había disminuido durante la división, se recupera, y todos los procesos metabólicos se desarrollan a la velocidad marcada por los

requerimientos celulares. En la célula podemos observar importantes cambios morfológicos y funcionales:

- **Aumenta el tamaño de las células:** Cada célula hija crece hasta alcanzar el tamaño propio de su tipo celular, normalmente, el que tenía la célula madre.

En el caso de las células animales, el aumento de tamaño se produce por la síntesis de fragmentos de membrana y de otros componentes celulares. No obstante, en las células vegetales, la presencia de una pared rígida implica una serie de modificaciones, entre las que es fundamental un aumento de la turgencia celular.

—El proceso se inicia con un reblandecimiento de la pared celular; a la vez, la célula incorpora agua al citoplasma.

—Esto provoca la expansión del citoplasma y un incremento de la turgencia.

—El citoplasma presiona sobre la pared reblandecida, la cual cede y permite el crecimiento de la célula.

—Cuando se ha completado la expansión, la pared celular se refuerza con nuevos depósitos de celulosa.

- **Aumenta el número de estructuras celulares:**

—Se duplican las mitocondrias, y los cloroplastos en los vegetales.

—El retículo endoplasmático aumenta de tamaño y da lugar al aparato de Golgi y a nuevos lisosomas y vacuolas.

—Se sintetizan proteínas que constituirán los ribosomas y el citoesqueleto, así como todas las proteínas enzimáticas que se necesitan para el control de estos procesos.

- **Se recupera la forma habitual de las células:**

Se «desmontan» las estructuras fibrosas que habían participado en el reparto de los cromosomas, y el citoesqueleto se reorganiza del modo habitual.

La etapa G1 es la parte más larga del ciclo celular. Su duración es muy variable, pues oscila entre unas pocas horas y unos pocos días, y condiciona la duración del ciclo celular completo.

Cuando las células se desarrollan en un medio deficiente en alguna sustancia imprescindible para el crecimiento celular, detienen el ciclo celular en esta fase y no pasan ni a la replicación del ADN ni a la mitosis. En este caso, se dice que las células se mantienen en estadio G0.

También se mantienen en G0 las células de los tejidos que se caracterizan por el hecho de no dividirse cuando llegan al estado adulto, por ejemplo, las neuronas.

### **8.2.0.2. Etapa S**

Es una etapa clave en el ciclo celular, ya que en ella se produce la síntesis del ADN para la duplicación de los cromosomas. Cada cadena de ADN actúa como molde en la síntesis de una nueva cadena, la cual será complementaria de la anterior.

Al término de la etapa S, la duplicación de las dobles hélices origina la formación de dos cromátidas que se mantienen unidas por el centrómero.

### **8.2.0.3. Etapa G2**

Es la etapa que transcurre entre el final de la síntesis del ADN y el comienzo de la mitosis. Como etapa precursora de la mitosis, durante la G2 tiene lugar una serie de acontecimientos preparatorios de este proceso:

- Se empiezan a condensar los cromosomas.
- Se duplica el par de centriolos y se disponen cerca del núcleo.
- Se inician las modificaciones del citoesqueleto necesarias para facilitar su intervención en la mitosis.

Al concluir la etapa G2, los cromosomas se condensan y son visibles al microscopio óptico, de modo que pueden distinguirse fácilmente las dos cromátidas.

En el centrómero ya se observan los cinetocoros que se unirán a los microtúbulos encargados de la distribución del material hereditario.

## **8.3. La meiosis**

La meiosis es un tipo de división celular que da como resultado la producción de células reproductoras o gametos. La meiosis tiene lugar, únicamente, en unas células determinadas de los organismos con reproducción sexual. Mediante dicho proceso, a partir de una célula diploide ( $2n$ ), obtenemos cuatro células haploides ( $n$ ).

La meiosis hace posible que se mantenga constante la dotación cromosómica de cada especie, de generación en generación. La reproducción sexual implica la fusión de dos gametos; si los gametos tuviesen tantos cromosomas como las células somáticas de los progenitores, el número de cromosomas se doblaría en cada generación. Por lo tanto, los gametos contienen la mitad de los cromosomas y la unión de estas células produce un cigoto con la dotación cromosómica correcta.

Para que la información genética se transmita correctamente a los descendientes, la reducción a la mitad del número de cromosomas no se produce al azar, sino con un cromosoma

de cada pareja. Así, se reúnen en el cigoto las parejas características de la dotación en cada especie.

Es muy importante que el proceso de la meiosis transcurra correctamente, ya que si el nuevo individuo no recibe la dotación cromosómica adecuada, presentará graves alteraciones que pueden impedir su desarrollo.

En la meiosis distinguimos dos partes:

- La meiosis I es la primera parte, en la que, a partir de una célula progenitora diploide, se obtienen dos células con la mitad de cromosomas.
- La meiosis II es la segunda parte, en la que se obtienen cuatro células haploides. A continuación, describimos el proceso de la meiosis. Para facilitar la comprensión del proceso, partimos de una célula que tiene una dotación de seis cromosomas ( $2n = 6$ ).

### **8.3.1. Interfase I**

—Se duplica el ADN de cada cromosoma, y se obtienen dos cromátidas que permanecen unidas por el centrómero.

—Las dos cromátidas de cada cromosoma son iguales y las llamamos cromátidas hermanas.

—Al final de esta fase, las cromátidas comienzan a hacerse visibles, porque el ADN se empaqueta en torno a las histonas.

Una vez acabada la interfase, comienza la primera parte de la meiosis.

### **8.3.2. Profase I**

Consta de cinco etapas que, por orden, son leptoteno, cigoteno, paquitenos, diploteno y diacinesis.

### **8.3.3. Metafase I**

—Los quiasmas se desplazan por los cromosomas hasta que llegan a los extremos, y continúan uniendo los cromosomas homólogos.

—Los cromosomas se disponen formando la placa ecuatorial.

### **8.3.4. Anafase I**

- Las cromátidas continúan unidas por el centrómero. Al haberse producido el entre-cruzamiento, ya no son idénticas entre sí.
- Cada cromosoma se separa de su homólogo y se dirige hacia uno de los polos de la célula.

### **8.3.5. Telofase I**

- Se constituyen las envolturas nucleares alrededor de cada grupo de cromosomas.

A continuación, los cromosomas entran en una breve interfase en la que, por lo general, la cromatina no se desempaquetá totalmente. Después, se inicia la meiosis II.

### **8.3.6. Profase II**

- Cada par de cromátidas está unido por el centrómero y se desplaza hacia el ecuador de la célula.

### **8.3.7. Metafase II**

- Las cromátidas se unen por el centrómero a las fibras del huso y se disponen en la placa ecuatorial.

### **8.3.8. Anafase II**

- Se rompe el centrómero y cada cromátida se separa de su cromátida hermana, y es arrastrada hacia uno de los polos de la célula.

### **8.3.9. Telofase II**

- Al final del proceso, en este ejemplo, se obtienen cuatro células que contienen tres cromosomas, uno de cada pareja; estas células darán lugar a las células sexuales o gametos, que son haploides.

La meiosis puede presentar algunas variaciones. En algunas especies, entre la telofase I y la profase II se produce una división del citoplasma, y la meiosis continúa en cada una de las células hijas. En otros casos, la célula no se divide y el proceso sigue en los núcleos obtenidos en la telofase I.

A veces, la meiosis se desarrolla en un largo período. En la especie humana, las células precursoras de los óvulos (oocitos) detienen el proceso de meiosis en la profase durante la vida fetal y continúan en la pubertad.

## 8.4. Control del ciclo celular

En los organismos pluricelulares, la sucesión de los ciclos celulares depende de las características de los diferentes tejidos. Así podemos encontrar diversas posibilidades:

- Tejidos en los cuales, a lo largo de la vida del individuo, se suceden siempre en ciclos celulares completos. Es el caso de las células de la médula ósea de los seres humanos, que todos los días producen un millón de eritrocitos o glóbulos rojos.
- Tejidos cuyas células se dividen en ciclos completos, pero solo cuando tiene lugar un cambio en las condiciones en que se encuentran. Es el caso de las células epiteliales, que, al producirse una herida en la piel, inician un proceso de división con el objetivo de regenerar el tejido; la capacidad de las células para reproducirse desaparece al completarse la cicatrización.
- Tejidos cuyas células no se dividen nunca, como en el caso de las neuronas adultas.

En los organismos pluricelulares no se persigue la supervivencia de las células, sino la del individuo. Por este motivo, los ciclos celulares de los diferentes tejidos están controlados por mecanismos diferentes, para que las células se dividan según el ritmo que más convenga al organismo, globalmente considerado.

En la actualidad, el control del ciclo celular es objeto de numerosas líneas de investigación. Estos estudios permiten conocer mejor procesos celulares tan importantes como el envejecimiento.

### 8.4.1. Estudios sobre el control del ciclo celular

Para los estudios sobre el ciclo celular usamos cultivos *in vitro*. Estos cultivos se llevan a cabo mediante la extracción de células de un ser vivo y su posterior colocación en placas de plástico o de vidrio en las que se incluye un medio nutritivo con las sustancias necesarias para la vida de las células.

En el caso de células de mamífero, este medio suele contener unas proteínas especiales, llamadas factores de crecimiento, glucosa, aminoácidos, sales, vitaminas y algún antibiótico con el fin de evitar la proliferación de microorganismos.

Para poder estudiar los factores que regulan el ciclo celular, es preciso que las células estén sincronizadas; es decir, que se encuentren todas en el mismo momento del ciclo celular. Existen diversas técnicas para lograrlo; una muy sencilla se basa en los cambios de forma que experimentan las células cuando entran en mitosis.

Las células se vuelven más esféricas y se adhieren menos a la superficie de crecimiento, lo que permite que puedan desprenderse fácilmente con una ligera agitación.

Estas células se siembran en otra placa para su crecimiento y desarrollo, con lo que se consigue un cultivo de células sincronizadas al inicio de la mitosis.

A partir de los cultivos de las células sincronizadas se han diseñado diversos procedimientos de trabajo, uno de los cuales es la fusión de células.

Existen varias sustancias que permiten que las células de dos cultivos sincronizados en fases diferentes se fusionen y originen células con dos núcleos, llamadas heterocariones.

En cuanto al desarrollo del ciclo celular, las células heterocariones reaccionan de manera diferente según el tipo de núcleos que contienen.

El esquema siguiente representa algunos ejemplos del modo en que reaccionan diferentes células heterocariones.

Por ejemplo, la fusión de una célula en G1 con otra en G2 da como resultado que el núcleo en G2 retrase el paso a la mitosis, mientras que el núcleo en G1 sigue el proceso normal hasta que llega a la etapa G2, en la que ambos núcleos siguen el mismo ritmo de actividad.

#### **8.4.1.1. Mecanismos de control**

Las investigaciones sobre el control del ciclo celular han revelado que la regulación del paso de una etapa a otra se ejerce desde el núcleo; es decir, mediante la síntesis de proteínas diversas que se activan en los diferentes momentos del ciclo. Estas sustancias se encuentran en concentraciones muy pequeñas y, por el momento, son muy difíciles de aislar. Se trabaja con la hipótesis de que las sustancias que controlan el ciclo son numerosas y que se pueden agrupar en dos tipos:

- Un grupo de sustancias determina el paso por el punto de arranque. Este punto es un estadio del ciclo celular en el que la célula ha crecido y se ha desarrollado suficientemente como para iniciar la etapa S de síntesis del ADN.
- Otras sustancias actúan como promotoras de la mitosis. Estas sustancias se detectan en las células en el momento en que comienza la mitosis.

La presencia y la ausencia de estas sustancias, y posiblemente de otras aún no identificadas, determinan la sucesión correcta de los diversos procesos.

De este modo, las células no pueden pasar a la etapa S hasta que no aparecen las sustancias que determinan el paso por el punto de arranque, y las sustancias promotoras de la mitosis no se activan hasta que no se completa la síntesis del ADN.

Este control es imprescindible para evitar situaciones que pondrían en peligro la supervivencia de las células y del individuo, ya que, por ejemplo, sería catastrófico que las células se dividiesen antes de finalizar la síntesis del ADN.

#### **8.4.2. El envejecimiento y la muerte celulares**

El envejecimiento es el proceso de degeneración, tanto morfológica como funcional, que experimentan las células antes de su muerte.

La muerte se caracteriza por la detención de todos los procesos vitales y por la dispersión de la materia que constituye las células. Como ya hemos comentado, los seres unicelulares se dividen ilimitadamente; por ello, en tal caso, no puede hablarse de envejecimiento y muerte celulares. No obstante, el individuo como tal desaparece al dividirse la célula.

A la hora de tratar el envejecimiento y la muerte celulares en los seres pluricelulares, es preciso distinguir entre células somáticas y células sexuales.

Las células somáticas constituyen los diferentes órganos y partes del cuerpo y llevan a cabo varias funciones: digestión, transporte, percepción... Con el paso del tiempo, se degeneran y, finalmente, mueren.

En cambio, las células sexuales o gametos, tras la fecundación, originan un nuevo individuo al que transmiten el mensaje genético de sus progenitores; este nuevo individuo, a su vez, lo transmite a la generación siguiente. De este modo, puede decirse que la estirpe de células que origina los gametos no envejece ni muere como las células somáticas.

Los experimentos in vitro demuestran que prácticamente todas las células somáticas tienen dificultades para dividirse un número indefinido de veces. Los cultivos evolucionan del modo siguiente:

—Tras la siembra, las células inician un período de divisiones consecutivas que se suceden regularmente.

—Después de un número determinado de divisiones, el ritmo de división disminuye.

—Posteriormente, las células ya no se dividen y entran en un estado G0.

—Por último, las células experimentan una serie de cambios degenerativos y mueren.

Aunque este proceso es común a los tejidos de la mayoría de los seres vivos, existen variaciones que dependen de dos factores:

- La edad del individuo del que se obtienen las células: Los cultivos que se siembran a partir de tejidos de individuos jóvenes se dividen más veces que los que provienen de individuos de más edad.

Por ejemplo, los fibroblastos obtenidos de fetos humanos se dividen in vitro unas cincuenta veces; los de un individuo de cuarenta años, unas cuarenta veces, y los de una persona de ochenta años, alrededor de treinta veces.

- La duración normal de la vida de los individuos: los cultivos de tejidos obtenidos de especies de vida corta se dividen menos veces que los de especies de vida larga. Por ejemplo, la duración máxima de vida del ratón es de unos tres años y las células de este animal cultivadas in vitro se duplican unas veinticinco veces; mientras que las células de la tortuga de las Galápagos, que tiene una duración máxima de vida de 170 años, se duplican in vitro hasta 125 veces.

Se ha comprobado que, si se congelan los cultivos en unas condiciones estrictas después de que se hayan dividido en varias ocasiones y se mantienen en este estado incluso durante años, cuando las células se descongelan y recuperan su actividad lo hacen exactamente en el mismo punto donde se habían detenido. A partir de este momento, se dividen el número de veces que les falta para llegar a su límite máximo de división.

Estos estudios parecen indicar que, de un modo inevitable, las células tienen programado el número de divisiones celulares, a partir del cual cesa la proliferación celular. Este hecho es complicado de explicar: ¿cómo puede la célula llevar la cuenta de las veces que se ha dividido? ¿Cómo identifica que ha llegado el momento de detener la proliferación y de morir? Hasta ahora, no hay una explicación única para este fenómeno. Los científicos consideran diversas hipótesis:

- El ADN contiene la información que regula el envejecimiento y la muerte celular. Esto es posible porque el ADN controla la acción de enzimas que degradan los componentes celulares y provocan la destrucción de las células.

- Las células acumulan errores a lo largo de las sucesivas divisiones que se llevan a cabo a partir de las células embrionarias. Estos errores se pueden ir reparando hasta cierto límite. Cuando estos errores sobrepasan la capacidad de las células para repararlos, se producen la degeneración y la muerte.

- En los cromosomas existen muchos fragmentos de ADN repetidos que sirven para sustituir los fragmentos que van quedando dañados a lo largo de la vida. Pero cuando ya no es posible la sustitución, entonces aparecen deficiencias en la actividad celular que provocan

la degeneración y la muerte. Las tres posibilidades pueden actuar conjuntamente, y no se descarta que intervengan otros mecanismos. De hecho, parece ser que también participan otros dos tipos de sustancias:

- La glucosa puede actuar a lo largo de la vida como un agente que altera algunas proteínas.
- Los radicales libres son grupos funcionales muy reactivos que se obtienen como productos secundarios en numerosas reacciones metabólicas. Originan daños en los componentes celulares, especialmente en los ácidos grasos poliinsaturados de las membranas, en algunas proteínas y en los cromosomas.

#### **8.4.3. Necrosis y apoptosis**

Al hablar de muerte celular, es preciso distinguir entre muerte por necrosis y muerte por apoptosis.

La muerte por necrosis se produce cuando las células sufren una lesión que sobrepasa su capacidad de reparación de los daños sufridos. Se produce necrosis debido a heridas, por infecciones o por agresiones de agentes químicos. También se produce necrosis cuando, por falta de irrigación sanguínea, un tejido deja de recibir oxígeno.

La muerte por apoptosis, también conocida como muerte celular programada o suicidio celular, es un proceso controlado por la célula misma: en un momento determinado activa una serie de enzimas que se encargan de su propia destrucción.

La apoptosis es un proceso que tiene lugar de forma natural a lo largo de la vida de los organismos; por ejemplo:

- En la especie humana, durante el desarrollo embrionario se produce la separación de los dedos por apoptosis del tejido que los mantiene unidos en las primeras fases del desarrollo.
- En la dermis se generan los queratinocitos, células que se desplazan hacia las capas superficiales de la piel. Durante este desplazamiento, las células sufren apoptosis para llegar a la zona más superficial y formar una capa de células muertas que protege la piel.

En otros seres vivos se da este mismo tipo de reacciones: por apoptosis, los renacuajos pierden la cola y las plantas dejan caer las hojas muertas.

En los casos mencionados, la apoptosis se produce porque en el plan de especialización de estas células se incluye la muerte. Por ello, las células dejan de recibir las señales químicas que necesitan para el mantenimiento de la actividad y se desencadena la apoptosis.

También se produce apoptosis cuando las células han sufrido una alteración que hace que se comporten de un modo anormal y que perturben el funcionamiento de los tejidos, como en el caso de las células que se transforman en cancerosas.

En este ejemplo, la autodestrucción de las células es un mecanismo de seguridad que evita la proliferación de un tejido anormal, con el consiguiente trastorno para todo el organismo.

## 8.5. Función de reproducción

Los seres vivos intercambian materia y energía con el medio para llevar a cabo la función de nutrición; mediante la función de relación captan la información del entorno, la procesan y elaboran respuestas; y con la reproducción, se caracterizan por la formación de nuevos individuos.

La función de reproducción consiste en la formación de nuevos organismos semejantes a sus progenitores. Los descendientes compensan las pérdidas producidas por la muerte de individuos de la especie; por tanto, aunque la reproducción no es indispensable para la vida de un organismo, lo es para asegurar la supervivencia de su especie a través del tiempo. Los seres vivos han desarrollado diversos métodos de reproducción.

- En los organismos unicelulares, todo el ser participa en la reproducción; su única célula se divide para formar dos células hijas.

- En los organismos pluricelulares, la división de cada una de sus células permite al individuo crecer, renovar y reparar sus tejidos. Pero precisan de estrategias más complejas que los unicelulares para la formación de un nuevo ser vivo. Existen dos tipos de reproducción:

- **Reproducción asexual:** A partir de un fragmento del progenitor o de unas células de este (espora), se genera el nuevo organismo.

- **Reproducción sexual:** Para la formación del nuevo individuo se necesita la unión de dos células especializadas llamadas células reproductoras o gametos. El resto de las células que integran los organismos con reproducción sexual son las células somáticas o vegetativas, las cuales forman los distintos tejidos.

A continuación, vamos a describir los dos tipos de reproducción que tienen lugar en los organismos pluricelulares.

### 8.5.1. Reproducción asexual

Se basa en el desarrollo de un nuevo individuo a partir de una o varias células del progenitor; el descendiente es un individuo completo idéntico al progenitor. Existen dos ti-

pos de reproducción asexual: la reproducción asexual vegetativa y la reproducción asexual por esporas. Reproducción asexual vegetativa En la reproducción asexual vegetativa, el descendiente se genera a partir de un grupo de células del progenitor. Comprende diferentes estrategias reproductivas:

- **Gemación:** En este tipo de reproducción un conjunto de células se diferencia sobre la superficie del organismo como un abultamiento y crece por repetidas divisiones celulares hasta formar otro individuo. El nuevo ser puede permanecer unido al progenitor formando una colonia o bien desprenderse.
- **Escisión:** En esta estrategia el individuo adulto se fragmenta longitudinalmente o transversalmente, dando lugar, al menos, a dos individuos. Se puede dar en cnidarios, en equinodermos y en anélidos. En los escifozoos, la escisión recibe el nombre de estrobilación.

**Fragmentación:** Se basa en la generación de nuevos individuos a partir de un fragmento y se da en vegetales. En jardinería utilizamos la multiplicación por esquejes. A continuación, presentamos las formas más importantes de fragmentación:

**Estolones:** Son ramas que, debido a su crecimiento, llegan a tocar el suelo, y generan un nuevo individuo al enraizar.

**Bulbos:** Son tallos subterráneos de forma cónica que almacenan sustancias. En las hojas más cercanas al bulbo se originan nuevos bulbos, capaces de originar una planta nueva.

**Rizomas:** Son tallos alargados que crecen bajo el suelo en forma horizontal, generando cada cierta distancia un nuevo individuo de crecimiento vertical.

**Tubérculos:** Son tallos subterráneos que adoptan una forma algo esférica y almacenan en su interior sustancias de reserva. En su superficie, desarrollan yemas capaces de originar una nueva planta.

En ocasiones, estos mecanismos tienen otro tipo de finalidad además de la reproducción:

—La formación de yemas no siempre implica la reproducción del individuo. En las plantas, las yemas están constituidas por meristemos y son responsables del crecimiento en longitud del tallo y del desarrollo de ramas, hojas o flores.

—Por su parte, la escisión permite la regeneración de órganos o tejidos, y en estos casos no tiene finalidad reproductiva. A partir de fragmentos de raíces, tallos u hojas, algunas plantas pueden regenerar un organismo completo. Estos fragmentos reciben el nombre de esquejes. Aunque de modo natural no se considere una técnica reproductiva, esta capacidad ha sido utilizada por el ser humano para la multiplicación de plantas.

- Regeneración: No se considera un proceso de reproducción del individuo entero, porque solo se regenera una parte de los tejidos perdidos por los animales cuando se encuentran bajo una situación de peligro. Por ejemplo, los artrópodos pueden regenerar las patas y las antenas, los reptiles, la cola...

#### **8.5.1.1. Reproducción asexual por esporas o esporulación**

La espora es una estructura resistente, que puede ser haploide o diploide. En el caso de la esporulación asexual, las esporas se generan por mitosis y se llaman mitósporas. Las mitósporas pueden generar un nuevo individuo, idéntico al progenitor, por divisiones celulares sucesivas. Este tipo de reproducción se da en algunas algas, en pteridófitos, en briófitos y en algunos hongos.

### **8.5.2. Reproducción sexual**

Es la forma de reproducción más frecuente en los organismos pluricelulares. Se desarrolla en las siguientes etapas:

—Gametogénesis: Es el proceso de formación de las células reproductoras o gametos, que se caracterizan por contener la mitad de cromosomas que una célula somática.

Si el número de cromosomas de una célula somática se denomina dotación diploide y se representa  $2n$ , el de un gameto recibe el nombre de haploide y se representa por  $n$ . El número de cromosomas es característico de cada especie.

—Fecundación: Es la unión de gametos para formar una célula nuevamente diploide ( $2n$ ) que recibe el nombre de célula huevo o cigoto.

—Desarrollo embrionario: Son las mitosis sucesivas del cigoto hasta transformarse en un individuo semejante a los progenitores.

#### **8.5.2.1. Gametogénesis**

Es el proceso de formación de las células reproductoras o gametos, que contienen la mitad de cromosomas que una célula somática.

Hablamos de isogamia cuando todos los gametos generados por los individuos de una especie son iguales entre sí. En la anisogamia, los gametos presentan diferente tamaño: los femeninos son mayores y se llaman macrogametos, y los masculinos son menores y se llaman microgametos. Finalmente, en la oogamia, los gametos presentan diferente tamaño y forma; su nombre varía según se trate de especies vegetales o animales.

La gametogénesis tiene lugar a partir de células precursoras presentes en los órganos sexuales; estas células, llamadas células madre o precursoras de gametos, entran en división por mitosis y dan lugar a los gametos por meiosis.

La meiosis es un proceso de división celular reduccional, ya que las células hijas tienen la mitad de la dotación cromosómica de la célula madre: pasan de células diploides a células haploides. Es una fuente de variabilidad genética.

La meiosis consta de dos divisiones: en la primera se separan los cromosomas homólogos, y se reduce el número de cromosomas a la mitad; la segunda división es muy similar a la mitosis.

Los organismos que solo producen un tipo de gametos reciben el nombre de unisexuales. Se diferencia entre machos y hembras, que pueden ser morfológicamente parecidos o presentar diferencias externas considerables; en este último caso, hablamos de dimorfismo sexual.

Los organismos que producen ambos tipos de gametos son llamados hermafroditas.

A continuación, describimos el proceso de gametogénesis en los vertebrados, el cual se realiza con ligeras diferencias en testículos y ovarios.

En los procesos de gametogénesis de los invertebrados encontramos algunas diferencias.

Por ejemplo, en algunas especies, durante la gametogénesis femenina, las ovogonias dan lugar a los ovocitos y a unas células denominadas células nutritivas, que envuelven a los ovocitos. La función de estas células es sintetizar proteínas, ácidos nucleicos, etc., para proporcionarlos al ovocito.

### 8.5.3. Fecundación

Es la fusión del gameto femenino con el gameto masculino y da lugar a la célula huevo o cigoto, el cual es diploide debido a la fusión de los dos núcleos haploides.

La fecundación se denomina cruzada cuando se unen un gameto femenino y uno masculino procedentes de dos individuos distintos. Para que se pueda producir la fecundación cruzada en los organismos hermafroditas, estos poseen mecanismos que evitan la autofecundación como sucede en los siguientes casos:

- Los órganos productores de gametos maduran en momentos distintos. Por ejemplo, en los lirios, los granos de polen maduran antes que los sacos embrionarios.

- En otros casos, la situación de los órganos sexuales impide la autofecundación. Así ocurre en algunos anélidos que tienen los órganos reproductores masculinos y femeninos en segmentos sucesivos.

Respecto a los animales, distinguimos entre fecundación externa o interna según el lugar donde se produzca la unión de los gametos masculinos y los femeninos.

- En la fecundación externa, óvulos y espermatozoides son liberados en el agua y se requiere la formación de miles de gametos para asegurar que unos pocos se fecunden. Es un tipo de fecundación propio de invertebrados acuáticos y de los peces.

Los anfibios, a pesar de presentar fecundación externa, realizan acoplamiento, para favorecer la sincronización en la expulsión de los gametos; de esta forma, se asegura el mayor número posible de fecundaciones.

- La fecundación interna supone la fusión de los gametos en el interior del cuerpo de un individuo progenitor, frecuentemente la hembra. En este caso el macho deposita los espermatozoides en las vías genitales de la hembra, proceso que tiene lugar durante la cópula.

La fecundación interna es el recurso más utilizado por los animales adaptados al medio terrestre, donde la falta de agua no posibilita ni la dispersión ni el encuentro de los gametos, y provoca su desecación.

En algunos moluscos y artrópodos no se produce la cópula, y el macho deposita sus espermatozoides dentro de un estuche protector o espermatóforo, que la hembra recoge e introduce en su cuerpo.

La fecundación interna tiene más ventajas que la fecundación externa y, por tanto, ofrece mayores posibilidades de éxito reproductivo.

Las ventajas que presenta son las siguientes:

- La producción de pocos gametos, en comparación con los que se producen en la fecundación externa, supone un ahorro de energía.
- La supervivencia de estos gametos es mayor, ya que no están expuestos a condiciones ambientales desfavorables o a depredadores.
- Las probabilidades de encuentro de los gametos y, por tanto, de que se produzca la fecundación son muy altas.

#### **8.5.3.1. Desarrollo embrionario**

Una vez que se ha llevado a cabo la fecundación, el cigoto inicia una serie de divisiones mitóticas y de posteriores diferenciaciones celulares hasta constituir un organismo pluricelular similar a sus progenitores.

En las primeras fases después de la fecundación, las sustancias contenidas en el citoplasma del óvulo que se ha fecundado nutren a las células descendientes de este, hasta el momento en que se implanten en la estructura encargada de proteger y alimentar al embrión.

Por esta razón, en la mayoría de las especies, el óvulo contiene una gran cantidad de sustancias nutritivas y es una célula de tamaño mucho mayor que el espermatozoide.

Según dónde tiene lugar el desarrollo del embrión, los animales se clasifican en:

### Ovíparos

- El desarrollo embrionario se produce en el interior de un huevo gracias a las sustancias nutritivas que este contiene y que forman el vitelo nutritivo. Estas sustancias nutren al embrión durante su desarrollo.
- En el caso de los animales acuáticos, para evitar que los huevos sean desplazados por el agua, estos poseen mecanismos de flotación, o bien, filamentos. Los huevos depositados en el medio terrestre están recubiertos de una envoltura protectora para evitar su desecación.
- Son ovíparos los insectos, algunos peces, los anfibios, algunos reptiles, las aves y un único mamífero: el ornitorrinco.

### Vivíparos

- El embrión se desarrolla en el interior del útero materno, donde la placenta le proporciona protección y alimento. La placenta es un tejido formado durante el embarazo y sirve para intercambiar nutrientes y material de desecho entre la sangre materna y la fetal.
- Son vivíparos ciertos reptiles, algunos peces cartilaginosos y todos los mamíferos con excepción del ornitorrinco.

### Ovovivíparos

- El desarrollo embrionario se produce dentro de un huevo, que a su vez es protegido en el cuerpo de la madre.
- Son ovovivíparos algunos peces y algunos reptiles como la serpiente.

Existen algunos ovíparos, como los insectos y los anfibios, cuyos huevos no contienen suficiente vitelo nutritivo para alimentar al embrión durante todo el proceso de desarrollo. Por ello, el embrión abandona el huevo antes de completar dicho proceso y nace en estadio larvario. La larva se alimenta de sustancias del medio para seguir su proceso de metamorfosis hasta convertirse en adulto.

#### 8.5.3.2. Reproducción alternante

Las dos estrategias de reproducción presentan ventajas o inconvenientes en función de las características de cada especie y de las condiciones ambientales. Como has visto en el

apartado de los ciclos biológicos, algunos organismos alternan ambos tipos de reproducción. Un caso especialmente interesante es el ciclo biológico de las abejas.

Estos insectos viven en sociedad y, en condiciones normales, la colonia o enjambre consta de una reina que es la hembra reproductora, diploide; de miles de obreras o hembras no reproductoras, diploides; y de centenares de zánganos o machos, haploides.

A continuación, mostramos el ciclo biológico, en el que intervienen los tres tipos de individuos de un enjambre:

En las abejas, como en otros invertebrados, se produce la partenogénesis, es decir, el desarrollo de un individuo adulto a partir de una célula sexual no fecundada. La combinación de esta variante reproductiva con la reproducción sexual es la causa de la determinación del sexo.

#### **8.5.3.3. Técnicas de reproducción**

Desde hace miles de años, el ser humano ha mostrado gran interés por obtener el máximo rendimiento de las especies que cultivaba y criaba.

Por ello, ha intentado conseguir variedades de plantas de crecimiento rápido, que producen frutos grandes o con un contenido nutritivo mayor, y de la misma manera ha intentado obtener especies ganaderas más dóciles o que proporcionan más leche o mejor carne.

Así pues, la intervención humana en la reproducción de las especies que tienen interés económico es muy antigua, pero en los últimos años se han desarrollado intensamente diversas técnicas para aumentar el rendimiento de dichas especies.

# **9. Genética**

## **9.1. Los genes**

Los seres vivos transmiten sus características a los descendientes, gracias a la información que contiene el ADN del núcleo celular. El ADN se organiza dentro del núcleo formando los cromosomas.

A lo largo de un cromosoma distinguimos diversos fragmentos de ADN. Cada uno de estos fragmentos, que contiene información para un carácter hereditario, recibe el nombre de gen.

De este modo, en los genes residen los diferentes caracteres hereditarios, es decir, todos los aspectos de los seres vivos que dependen de la información genética. El color de las flores de un geranio, el del pelaje de un caballo o la estructura de la proteína hemoglobina, son algunos ejemplos de caracteres hereditarios.

La zona del cromosoma donde se localiza un gen se llama locus, en plural loci.

Todos los individuos de una especie poseen información para los mismos caracteres hereditarios; es decir, todos tienen los mismos genes. No obstante, la información que contienen puede variar de un individuo a otro. Cada una de estas variaciones es un alelo; esto es, una de las diversas posibilidades que puede presentar un gen para la información de un carácter.

Así, pues, los individuos de una misma especie no son iguales, presentan diferencias que dependen de la información genética de cada uno.

Estas diferencias (tanto de aspecto como de actividad del organismo) constituyen la variabilidad genética.

### **9.1.1. Genoma y dotación cromosómica**

Al conjunto formado por toda la información genética de una especie lo llamamos genoma. Esta información se localiza en un número fijo de cromosomas, que constituye

la dotación cromosómica. En el ser humano, corresponde a cuarenta y seis cromosomas, agrupados en ventitres parejas.

Las parejas que van de la 1 a la 22 son cromosomas autosómicos, cada uno es homólogo de su compañero de pareja, porque ambos poseen genes para los mismos caracteres situados en los mismos loci. La pareja 23 corresponde a los cromosomas sexuales: en las mujeres, la pareja está formada por dos cromosomas X, que son homólogos; en los hombres, está formada por un cromosoma X y un cromosoma Y, que no son homólogos. Para observar la dotación cromosómica de un individuo, elaboramos un cariotipo:

—Tomamos células en metafase, añadimos colchicina para detener el proceso de mitosis y tenemos los cromosomas.

—Se fotografián al microscopio óptico y ampliamos la fotografía.

—A partir de la fotografía digital, recortamos los cromosomas y agrupamos por parejas pegándolos ordenadamente sobre una línea horizontal por el centrómero.

Los cariotipos permiten observar si un individuo presenta el número, la forma y el tamaño característicos de los cromosomas de su especie.

## 9.2. La transmisión de los caracteres

Los gametos son las células encargadas de transmitir la información genética a los descendientes. Los gametos son haploides, es decir, tienen la mitad del número de cromosomas, para poder mantener la dotación cromosómica de la especie de generación en generación. Como son haploides, solo disponen de un cromosoma de cada pareja de homólogos y, por tanto, de un solo alelo de cada gen.

El gen que transmita cada gameto para un carácter determinado dependerá de la información que tenga la célula precursora del gameto. Vamos a tomar como ejemplo la espermatogénesis humana.

Durante la fecundación se unen las dotaciones cromosómicas de los dos gametos, óvulo y espermatozoide. El resultado será el cigoto que ya es diploide, es decir, presenta pares de cromosomas homólogos. El cigoto tendrá dos copias de cada gen, una en cada cromosoma del par de homólogos. Estos genes no tienen por qué contener la misma información, pueden ser dos alelos diferentes, ya que cada uno proviene de un progenitor.

## 9.3. La expresión de los genes: la herencia

La herencia es la relación que existe entre los diferentes alelos que puede presentar un gen. Llamamos genotipo a la combinación de alelos de un organismo para un determinado

carácter. Ya hemos visto que el genotipo puede ser homocigoto o heterocigoto.

El fenotipo es la información que se expresa de un determinado carácter. Si recordamos el ejemplo del carácter «color de la semilla» de la planta de arveja, los individuos que tienen el genotipo AA presentarán las semillas de color amarillo; es decir, su fenotipo para este carácter será «amarillo». De igual forma, el fenotipo de los individuos aa será «verde». El fenotipo de los individuos Aa dependerá del tipo de herencia que presente el carácter. A continuación, estudiaremos los diferentes tipos de herencia y conoceremos qué son y para qué sirven los árboles genealógicos.

### **9.3.1. Herencia dominante**

La herencia dominante se da cuando la información de un alelo, al que llamaremos dominante, domina sobre la información del otro, al que llamaremos recesivo.

En la anotación, escribiremos en mayúscula el alelo dominante y en minúscula el recesivo. En este tipo de herencia, el fenotipo del heterocigoto (Aa) se corresponde con la información del alelo dominante. Tomaremos como ejemplo el carácter «color de la semilla» de la planta de arveja de jardín. Podemos observar que el fenotipo del heterocigoto es «semilla amarilla», al igual que el fenotipo del homocigoto dominante (AA).

### **9.3.2. Herencia codominante y herencia intermedia**

En estos dos tipos de herencia, la información que presenta un alelo no es dominante sobre la que presentan los otros. Por tanto, no habrá ni alelos dominantes ni recesivos; decimos que los alelos son equipotentes. Los anotaremos en mayúsculas.

#### **Herencia intermedia**

En este tipo de herencia, el fenotipo de los heterocigotos (RB) es una mezcla del fenotipo de los dos homocigotos. Tomaremos como ejemplo el carácter «color de la flor» de la planta Dondiego de noche, en la que podemos apreciar que el heterocigoto presenta el fenotipo «flor rosa».

#### **Herencia codominante**

Los heterocigotos manifiestan los fenotipos de los dos homocigotos a la vez. Un carácter que posee esta herencia es el aspecto de las plumas en cierta variedad de gallinas que presentan tres fenotipos diferentes: plumas lisas, plumas rizadas y combinación de plumas lisas y plumas rizadas. Se ha comprobado que este fenotipo intermedio corresponde a los heterocigotos para el carácter «aspecto de las plumas».

### **9.3.3. Herencia del sexo y herencia ligada al sexo**

La mayoría de los organismos con reproducción sexual presenta dos sexos separados: el masculino y el femenino. Los factores que determinan el sexo de un individuo varían según la especie.

#### **Herencia del sexo**

El sexo de una persona depende de la pareja de cromosomas n.o 23 de su cariotipo. Son los llamados cromosomas sexuales (los demás cromosomas se llaman autosomas) y son diferentes en hombres y en mujeres.

- Las mujeres presentan dos cromosomas iguales y homólogos, porque tienen información para los mismos caracteres. los anotamos XX.
- Los hombres tienen dos cromosomas diferentes que no son homólogos. Uno de ellos es más pequeño y se llama Y. Anotamos XY.

#### **Herencia ligada al sexo**

Llamamos así a la herencia de los genes situados en el cromosoma X y que no se encuentran en el cromosoma Y. Estos genes se expresarán de forma diferente en hombres y en mujeres.

Vamos a tomar como ejemplo el daltonismo o ceguera para los colores. El gen que determina este carácter se encuentra en el cromosoma X y presenta dos alelos:

- X, que determina «no afectado de daltonismo ». Es dominante.
- Xd, que determina «afectado de daltonismo » y es recesivo.

Siempre que un hombre presente el alelo Xd será daltónico, mientras que una mujer lo será solo si tiene los dos alelos Xd.

### **9.3.4. Herencia de alelos múltiples**

Existen genes que pueden presentar más de dos variedades o alelos, entre los cuales puede haber diferentes relaciones de herencia. Vamos a estudiar un carácter heredable que presenta esta peculiaridad: el grupo sanguíneo AB0 en humanos.

#### **El grupo sanguíneo AB0**

Es uno de los principales parámetros que se tienen en cuenta en las transfusiones sanguíneas. Las personas pueden presentar cuatro fenotipos para este carácter: grupo A, grupo B, grupo AB y grupo 0. Los fenotipos afectan a los glóbulos rojos y al plasma sanguíneo.

En la siguiente tabla observamos los diferentes fenotipos que puede presentar el ser humano para el carácter «grupo sanguíneo AB0».

Si, por ejemplo, se pone en contacto sangre del grupo A con el anticuerpo anti-A, el anticuerpo reaccionará con la proteína A de los glóbulos rojos y estos se aglutinarán, formarán grumos. Una persona del grupo B tiene anticuerpos anti-A en su plasma; por tanto, no puede recibir sangre ni del grupo A ni del grupo AB, ya que sus anticuerpos aglutinarían a los glóbulos rojos de la sangre del donante. Una persona del grupo A no podrá recibir ni del grupo B ni del grupo AB. Una persona del grupo AB puede recibir de todas y una persona del grupo 0 solo puede recibir de su mismo grupo.

Según lo anterior, podemos confeccionar una tabla de donantes y receptores posibles en función del grupo AB0:

Podemos saber a qué grupo sanguíneo pertenece una persona haciendo reaccionar dos muestras de su sangre, una con anticuerpos anti-A y la otra con anticuerpos anti-B. Si, por ejemplo, la muestra de sangre con anti-A aglutina y la muestra con anti-B no aglutina, significa que la persona es del grupo B.

### **Herencia del grupo sanguíneo AB0**

El gen que determina el grupo sanguíneo AB0 puede presentar tres alelos diferentes: A, B y 0. Entre ellos se establecen diferentes relaciones de herencia, de forma que:

- El alelo A es dominante frente al alelo 0 y codominante frente al alelo B.
- El alelo B es dominante frente al alelo 0 y codominante frente al alelo A.
- El alelo 0 es recesivo siempre. Por tanto, el grupo sanguíneo de una persona dependerá de los alelos que estén presentes en su genotipo.

#### **9.3.5. Los árboles genealógicos**

Para poder determinar el tipo de herencia de un carácter, debemos estudiar cómo ha ido pasando de generación en generación. El método más utilizado para tal fin es la elaboración de árboles genealógicos.

En el siguiente esquema, vamos a aprender cómo elabora árboles genealógicos en el caso del ser humano.

El estudio de los árboles genealógicos nos servirá para determinar el genotipo de los individuos de la familia. Para ello, debemos tener en cuenta cómo se transmiten los caracteres de progenitores a descendientes.

Trastorno	Descripción	Alelos y tipo de herencia
Anemia falciforme	Trastorno causado por una configuración tridimensional errónea de la hemoglobina, que deforma los eritrocitos, que se rompen y forman ocasionan anemia.	Alelo normal: HbA Alelo falciforme: HbS Son alelos codominantes.
Albinismo	Consiste en la ausencia de melanina, el pigmento que da color a la piel, los ojos y el cabello. Estas partes quedan despigmentadas y se produce una extrema sensibilidad a las radiaciones solares.	Alelo normal: A Alelo albino: a Normal domina sobre albino.
Condrodistrofia	Efemero tipo de enanismo que consiste en un acortamiento de la longitud de las extremidades.	Alelo normal: c Alelo condrodistrofia: C Condrodistrofia domina sobre normal.
Fenilceto	Derrive de un error en la reacción de degradación del aminoácido fenilalanina. La acumulación de este en el cerebro causa trastornos muy graves, como el retraso mental.	Alelo normal: F Alelo fenilcetonuria: f Normal domina sobre fenilcetonuria.

Con las informaciones anteriores, podemos resolver cuestiones sobre la herencia de estos caracteres. Fíjate en el ejemplo siguiente:

—¿Cuál es el genotipo de un hombre de grupo sanguíneo A y el de una mujer de grupo B que tienen un hijo del grupo 0?

La representación de diversas posibilidades en los árboles genealógicos de la derecha puede ser de ayuda para resolver este caso.

Repasando las posibilidades representadas, los genotipos son A0 y B0. Si no fuera así, no podrían reunirse en el hijo dos alelos 0.

## 9.4. Genética mendeliana

### 9.4.1. Leyes de Mendel

Gregor Mendel (Heizendorf, 1822- Brno, 1884) fue un monje agustino que actualmente está considerado el «padre de la genética». En la época en la que vivió Mendel, numerosos investigadores, llamados hibridadores, se dedicaban a cruzar diferentes organismos y estudiar cómo eran los descendientes. Mendel fue uno de ellos, pero el éxito de sus observaciones reside en la simplicidad del diseño experimental que utilizó:

- Al contrario que sus coetáneos, solo estudiaba la herencia de uno o dos caracteres como máximo. Además, los caracteres estudiados eran fáciles de observar y el organismo utilizado (guisante de jardín) era fácil de mantener y de controlar su fecundación, además de presentar un tiempo de generación relativamente corto.
- Para iniciar su estudio, partió de lo que él llamaba razas puras (se corresponde con lo que hoy llamamos homocigotos) para el carácter que estudiaba. Cuando Mendel desarrolló su investigación, aún no se conocían ni el ADN, ni los cromosomas, ni la meiosis. Dedujo sus leyes a partir del estudio estadístico de los resultados que obtuvo.

### 9.4.2. Primera ley: ley de la uniformidad de la primera generación

*Si cruzamos dos homocigotos diferentes para un determinado carácter, todos los descendientes serán heterocigotos e iguales entre sí.*

Mendel estudió el carácter «aspecto de la semilla». Observó que había arvejas de semillas lisas y de semillas rugosas. Entonces cruzó plantas homocigotas de semillas lisas con plantas homocigotas de semillas rugosas.

El alelo L (lisa) es dominante frente al alelo l (rugosa).

- Todos los gametos del primer individuo tendrán el alelo L.
- Todos los gametos del segundo individuo tendrán el alelo l.

Por tanto, después de la fecundación, todos los descendientes serán heterocigotos y de aspecto liso para el carácter «aspecto de la semilla».

### 9.4.3. Segunda ley: ley de la segregación de los alelos

*Si cruzamos dos heterocigotos de la F1 entre sí, veremos que en la descendencia (F2) obtenemos todos los genotipos y fenotipos posibles siguiendo unas proporciones concretas.*

Para deducir su segunda ley, Mendel cruzó las plantas de la primera generación filial (F1) entre sí. Todas las plantas de la F1 son heterocigotas para el carácter «aspecto de la semilla» y su fenotipo es «semilla lisa».

Como son heterocigotas:

- Todos los individuos de la F1 generan dos tipos de gametos: gametos con el alelo L y gametos con el alelo l.
- Como todos los gametos tienen las mismas posibilidades de participar en la fecundación, tendremos en cuenta todas las posibles combinaciones.

Como resultado, la segunda generación filial (F2) presentará unas proporciones fijas tanto de genotipos como de fenotipos

### 9.4.4. Tercera ley: ley de la independencia de los alelos

*Si estudiamos cómo pasan a la descendencia dos caracteres diferentes, veremos que estos se heredan de forma independiente cumpliendo con la primera y la segunda leyes.*

Mendel tuvo en cuenta dos caracteres:

- «Aspecto de la semilla», con los alelos L (lisa) y l (rugosa).
- «Color de la semilla», con los alelos A (amarilla) y a (verde).

Después de cruzar a los homocigotos para los dos caracteres, vemos que, de acuerdo con la primera ley, toda la F1 es heterocigota e igual entre sí.

Si cruzamos los individuos de la F1, se formarán diferentes combinaciones de alelos en los gametos. Obtendremos una F2 donde se podrán observar todos los genotipos y los fenotipos posibles para los dos caracteres y en proporciones fijas.

Esta ley no se cumple cuando:

- Los caracteres estudiados están determinados por genes situados en el mismo cromosoma.
- Los caracteres estudiados están determinados por genes situados en los cromosomas sexuales.

#### **9.4.5. La investigación de la herencia**

El cultivo y la reproducción en el laboratorio de muchos tipos de seres vivos, y también de virus, han permitido investigar y conocer la herencia de un gran número de caracteres. Los mecanismos de control y expresión del ADN son universales y, por ello, las conclusiones de los estudios realizados contribuyen a descifrar los mecanismos básicos de la herencia en todos los seres vivos.

Una de las especies más utilizadas ha sido *Drosophila melanogaster*, la mosca del vinagre, que se encuentra a menudo en lugares donde hay fruta muy madura, ya que se alimenta de la levadura que fermenta los azúcares desprendidos por este tipo de alimentos.

Este insecto, de dimensiones reducidas, presenta características muy favorables para llevar a cabo este tipo de investigaciones:

- Se cría en el interior de botes de vidrio con un sencillo medio de cultivo.
- Cada dos semanas nace una nueva generación de moscas.
- De cada cruzamiento se obtienen muchos descendientes.
- Su dotación cromosómica es solo de ocho cromosomas.

A principios del siglo XX, T. H. Morgan, de la Universidad de Columbia, después de haber visitado a Hugo de Vries y de haberse puesto al corriente de sus descubrimientos, eligió la mosca *Drosophila* para realizar estudios similares a los de Mendel. Desde entonces, las experiencias llevadas a cabo con esta especie han servido tanto para la investigación como para la formación científica. Los trabajos con *Drosophila* se basan en la selección de individuos que presenten alguna característica diferencial de origen hereditario y en el diseño de los cruzamientos para deducir el tipo de herencia de este carácter.

La manipulación de las moscas es un proceso sencillo:

- Anestesiamos sustituyendo el tapón del frasco por un algodón impregnado de éter.
- Pocos minutos después, las moscas se han dormido y, entonces, las extendemos sobre una superficie de color claro para facilitar su observación.
- Con una lupa, si es preciso, observamos detalles del cuerpo de las moscas. Para moverlas o cogerlas sin dañarlas, utilizamos un pincel.

Los investigadores del equipo de Morgan estudiaron diversas poblaciones de moscas y encontraron un gran número de caracteres hereditarios.

Otro carácter hereditario muy característico en *Drosophila* es el color de los ojos. El fenotipo normal corresponde al color rojo brillante, pero existen muchos otros, por ejemplo,

el de ojos blancos. Observa los resultados de las experiencias de Morgan sobre el alelo ojos blancos.

Al genoma de *Drosophila* lo conocemos detalladamente, porque se han conseguido identificar todos los genes y su situación en los cromosomas.

## 9.5. Herencia de enfermedades ligadas al sexo

Como ya hemos visto, existen ciertas enfermedades hereditarias ligadas al cromosoma X como la hemofilia o el daltonismo. Por lo tanto, estas enfermedades se expresan de forma diferente en hombres y mujeres. Ambas enfermedades son recesivas y los hombres presentarán la enfermedad si poseen el cromosoma X dañado mientras que las mujeres solo presentarán la enfermedad si tienen los dos cromosomas X dañados. Si una mujer solo tiene un cromosoma X afectado será portadora de la enfermedad, pero no la expresará. A continuación veremos un ejemplo sobre la herencia de la hemofilia.

Martina va a tener una hija y está muy contenta, pero hay una cuestión que le preocupa. Aunque ella no la presenta, en su familia hay casos de hemofilia, una enfermedad que se caracteriza por la ausencia de una proteína en el organismo que está implicada en la coagulación sanguínea. Las personas que padecen hemofilia pueden llegar a desangrarse ante heridas de poca gravedad aparente, de modo que deben evitar las situaciones de riesgo.

Martina ha estudiado los casos de su familia e intentará descubrir si su hija tiene probabilidades de padecer la enfermedad. A continuación, te mostramos el árbol genealógico de la familia de Martina.

- ¿Qué representan los círculos y los cuadrados? ¿Qué significa el color negro?
- A la vista de este árbol, ¿crees que la herencia de la hemofilia es un caso de herencia dominante, intermedia o codominante? Justifica la respuesta.
- ¿El alelo «hemofílico» se comporta como dominante o recesivo respecto al alelo «sano»? En Internet, Martina ha descubierto que la hemofilia es una enfermedad hereditaria ligada al sexo.
- ¿Qué significa la afirmación anterior? ¿Podemos saber en qué cromosoma está el gen de la hemofilia?
- Teniendo en cuenta este hecho, determina el genotipo de todos los componentes de la familia de Martina (los parientes externos no presentan casos de hemofilia en sus familias). En casos como en el de la hemofilia, se habla de individuos sanos, enfermos y «portadores» de la enfermedad.

- Explica qué crees que indica cada una de estas categorías de individuos.
- Anota qué parientes de Martina son portadores de la hemofilia. Ahora tendrás que ayudar a Martina a calcular la probabilidad de que su hija presente un alelo «hemofílico».
- Señala qué genotipos puede presentar Martina y, sin análisis genético previo, indica qué probabilidad presenta para cada uno.
- Realiza una tabla con las posibles combinaciones de genotipos resultantes de la unión de Martina con su pareja.
- ¿Existe alguna probabilidad de que su hija presente la enfermedad?
- Calcula la probabilidad de que la niña sea portadora o sana para la hemofilia.
- Si Martina tuviera un hijo varón, ¿qué probabilidad tendría de ser enfermo? ¿Podría ser portador?

## 9.6. La ingeniería genética

### 9.6.1. Desarrollo histórico de la genética

Conocemos como ingeniería genética al conjunto de técnicas basadas en la manipulación del ADN. En ocasiones, también utilizamos la expresión tecnología del ADN recombinante, porque muchas técnicas se basan en la recombinación de fragmentos de ADN. Recordemos que durante el paquiteno de la profase I de la meiosis se produce una recombinación entre los cromosomas duplicados. La recombinación tiene como consecuencia la reorganización de los alelos. Por este motivo, al término de la meiosis aparecen combinaciones génicas diferentes de las de los cromosomas originales.

La recombinación génica en el laboratorio se realiza mediante la unión de fragmentos de ADN que originalmente están separados, porque corresponden a cromosomas distintos de la misma célula, a células diferentes o, incluso, a organismos distintos.

A la ingeniería genética la aplicamos con finalidades muy diversas: por ejemplo, todos los fenómenos que hemos descrito hasta ahora en esta unidad se han descifrado mediante la aplicación de técnicas de ingeniería genética.

Por otro lado, la tecnología del ADN recombinante abre todo un universo de posibilidades, algunas de ellas controvertidas. Mediante la manipulación del ADN podemos conseguir que una bacteria sintetice una proteína humana, o bien, que para fabricar una vacuna, un virus reduzca su capacidad infecciosa. Así, también se estudian las posibilidades de modificar la dotación genética de una persona para corregir una enfermedad hereditaria.

mediante la terapia génica. Pero también sería posible que, como cualquier otro avance científico, los aplicamos en situaciones en las que los objetivos primordiales no fuesen el bienestar de toda la humanidad y la mejora de las condiciones del medioambiente para todos los seres vivos. Por esta razón, diversas organizaciones internacionales estudian el modo de regular la aplicación de estas técnicas.

A continuación, describiremos brevemente algunas técnicas usadas en los proyectos de ingeniería genética, hablaremos de los principales campos en los que se aplican estas técnicas y, finalmente, veremos un ejemplo de su aplicación.

### **Instrumentos y técnicas utilizados en ingeniería genética**

Para obtener nuevas combinaciones de genes, llevamos a cabo una serie de operaciones en las que utilizamos enzimas, microorganismos y virus como «instrumentos» imprescindibles.

#### **Enzimas**

A partir de diversas especies de bacterias, levaduras y animales, y también de virus, se han aislado y catalogado numerosas enzimas que pueden utilizarse en el laboratorio a la hora de manipular el ADN. Estas enzimas permiten llevar a cabo muchas operaciones (cortar, copiar, pegar...), para obtener nuevas combinaciones de genes dentro de un organismo o bien transferir ADN de un organismo a otro.

Algunas de las enzimas más utilizadas son las polimerasas (añaden nucleótidos a los extremos de las cadenas de ácidos nucleicos), las transcriptas inversas (procedentes de retrovirus, sintetizan ADN a partir de ARN) o las enzimas de restricción (rompen enlaces fosfodiester entre nucleótidos en determinadas secuencias).

Algunas de estas enzimas son grandes polipéptidos, formadas por diversas subunidades con funciones diferentes. Por este motivo, tienen más de un tipo de actividad, como en el caso de la ADN pol I de *E. coli*.

#### **Microorganismos y virus**

Utilizamos como receptores de fragmentos de ADN, lo cual permite:

- Obtener, en poco tiempo, numerosas copias del ADN que les ha sido transferido, gracias a su elevada tasa de división.
- Favorecer la transferencia de ADN a otros organismos, ya que, de manera natural, los microorganismos y los virus participan en muchos intercambios de material genético. Los más habituales son la transducción, la conjugación y la transformación.

La transducción es un mecanismo de transferencia de genes entre bacterias que tiene un virus como vehículo.

Puede producirse en el interior de bacterias infectadas por un virus si, durante la formación de las nuevas partículas víricas, se obtiene un virus que contiene un fragmento del cromosoma bacteriano.

Cuando este virus infecta otra célula bacteriana, le transfiere el ADN procedente de la bacteria inicial.

La conjugación es un proceso de intercambio de material genético entre bacterias, que tiene lugar mediante plásmidos.

Un plásmido es un fragmento de ADN, cerrado sobre sí mismo y de pequeñas dimensiones, que tiene capacidad para pasar de una célula a otra. Al incorporarse a la célula receptora, los plásmidos pueden recombinarse con el cromosoma bacteriano.

Finalmente, la transformación es la incorporación a las células bacterianas de fragmentos de ADN libres en el medio de cultivo.

### **9.6.2. Aplicaciones de la ingeniería genética**

Los numerosos avances técnicos en la ingeniería genética han permitido un amplio desarrollo de todas las áreas relacionadas directa o indirectamente con la genética. Fruto de todo ello han sido los grandes avances científicos y tecnológicos, tanto en el campo de la biotecnología aplicada a la alimentación y la industria como en el campo de las ciencias de la salud.

De entre todos ellos cabe destacar dos líneas de investigación por su renombre e implicaciones científicas, sociales y éticas: la genómica y la proteómica.

#### **Genómica**

Definimos como genómica a la parte de la genética que se encarga del estudio del genoma de una especie. Ello incluye el estudio de la secuencia de bases de su ADN y la determinación y la ubicación de todos los genes que lo componen, ya que no todo el ADN es codificador. Algunas de las primeras especies de las que se obtuvo la secuencia de su genoma son *Haemophilus influenzae* (bacteria responsable de un tipo de gripe), *Saccharomyces cerevisiae* (levadura de la cerveza) y *Drosophila melanogaster* (mosca del vinagre). El proyecto de genómica más conocido es quizás el Proyecto Genoma Humano (PGH), iniciado en 1990 por el Departamento de Energía y el Instituto de Salud de Estados Unidos y finalizado en 2003 con la colaboración de científicos de diversos países. Del análisis del genoma humano podemos derivar múltiples ventajas, muchas de ellas relacionadas con las aplicaciones médicas.

Las técnicas utilizadas son muy complejas y necesitan la colaboración de aplicaciones informáticas muy potentes. En resumen, se trata de dividir los cromosomas en pequeños

fragmentos mediante enzimas de restricción. Estos fragmentos se clonian (se hacen múltiples copias) y se cartografián (se establece su situación relativa en el cromosoma). Seguidamente se identifican por computadora los fragmentos que se han solapado, llamados cóntigos (contigs en inglés), que son los que permiten ordenar todos los fragmentos. Por último, se completan los espacios vacíos.

### **Proteómica**

Surge con posterioridad a la genómica y como consecuencia de esta. La proteómica se encarga del estudio del conjunto de proteínas funcionales que se expresan en una especie concreta.

La proteómica abarca tanto la identificación del gen que codifica cada proteína como el estudio de los procesos posttraduccionales que esta padece y cómo estos cambios influyen en su funcionalidad posterior. El Proyecto Proteoma Humano se considera el siguiente paso del camino iniciado con el PGH y tiene como objetivo la identificación del conjunto de proteínas humanas así como sus propiedades y sus funciones.

### **Diseño de un proyecto de ingeniería genética**

Para mostrar un ejemplo de utilización de las técnicas de ingeniería genética, proponemos seguir, de un modo sencillo, el desarrollo de un proyecto de clonación.

La clonación es un proceso de obtención de copias idénticas que puede aplicarse en ámbitos muy diversos: pueden clonarse fragmentos de ADN, células o individuos.

En nuestro caso describiremos un método de clonación de fragmentos de ADN, que se desarrollará en las cuatro fases: obtención de fragmentos de ADN, unión de los fragmentos obtenidos a un ADN vector, introducción del ADN recombinante en la célula receptora e identificación del ADN clonado.

### **Obtención de fragmentos de ADN**

Se produce mediante la utilización de endonucleasas de restricción. Estas enzimas rompen los enlaces fosfodiester de una doble hélice de ADN por una secuencia específica, llamada diana de restricción.

Las dianas de restricción corresponden, en general, a secuencias de pocos nucleótidos, normalmente entre cuatro y ocho, y pueden dar lugar a extremos cohesivos o a extremos romos.

El tratamiento con endonucleasas de restricción origina fragmentos de ADN con características diversas según la enzima usada.

Se conocen más de cien enzimas de restricción, las cuales se comercializan para ser utilizados en ingeniería genética.

## **Unión de los fragmentos a un ADN vector**

Después del tratamiento con enzimas de restricción, incorporaremos los fragmentos obtenidos a un ADN vector, normalmente un plásmido, que debe haber sido seleccionado previamente, ya que es importante que reúna estas características:

- Ha de tener una sola diana de restricción para la enzima utilizada. Si presentase más de una, el plásmido se partiría en diversos trozos, lo que dificultaría la unión posterior de todos los fragmentos de ADN.
- No debe contener genes que puedan tener efectos virulentos sobre la célula receptora.
- Es importante que contenga dos genes que le confieran resistencia a dos antibióticos diferentes, a los que, de forma genérica, llamaremos antibiótico A y antibiótico B.

Uno de estos dos genes, supongamos que el de resistencia al antibiótico A, ha de incluir en su secuencia la diana de restricción. Esta condición es imprescindible para poder identificar, posteriormente, las células que hayan incorporado el plásmido y garantizar que dicho plásmido contenga el fragmento de ADN.

Para facilitar la unión entre el fragmento de ADN y el plásmido conviene que ambos hayan sido cortados por la misma enzima de restricción.

Dependiendo del tipo de diana sobre la que actúe la enzima de restricción, se deberán realizar diferentes procesos:

- Si se trata de una enzima como EcoR I, los extremos monocatenarios que se obtienen son cohesivos.
- Si se trata de una enzima como Hae III, podemos añadir a los extremos de los fragmentos de ADN un trozo de cadena sencilla formado por un solo tipo de nucleótido, mediante la transferasa terminal. A los extremos del plásmido añadiremos un fragmento formado por la repetición del nucleótido complementario del anterior para formar extremos cohesivos artificialmente.

Independientemente de la enzima de restricción usado, una vez que se han producido las uniones correspondientes por complementariedad de bases, la ADN ligasa sella las discontinuidades entre los diversos fragmentos.

## **Introducción del ADN recombinante en la célula receptora**

A continuación, se incuba el plásmido obtenido de la recombinación junto con el cultivo de bacterias específicamente seleccionados. En las condiciones adecuadas, el plásmido se incorpora a las células bacterianas.

## **Identificación del ADN clonado**

Aunque las condiciones sean las más favorables, en cada fase se produce un porcentaje de errores que afectan tanto a la unión entre el plásmido y el ADN que se tiene que clonar como a la incorporación del plásmido a las células bacterianas. Por este motivo, en el cultivo se encuentran:

- Células que han incorporado el plásmido que, a su vez, contiene el fragmento de ADN que se quiere clonar. Son resistentes al antibiótico A, pero sensibles al antibiótico B.
  - Células que han incorporado un plásmido que no contiene el fragmento de ADN. Son resistentes a los dos antibióticos.
  - Células que no han incorporado el plásmido. Son sensibles a los dos antibióticos.
- Para la correcta identificación se obtiene una placa de cultivo de bacterias así como su placa calco.

A continuación, se deben identificar las colonias que hayan incorporado el plásmido con el gen que queremos clonar. Dichas colonias serán resistentes al antibiótico A pero sensibles al antibiótico B (el gen introducido interrumpe la secuencia del gen de resistencia al antibiótico B).

Para detectarlas trataremos las dos placas con antibiótico A para eliminar las colonias que no han incorporado el plásmido. Después, trataremos con el antibiótico B la placa calco para identificar las que tienen el plásmido con el gen. Compararemos la placa calco con la de referencia para identificar las colonias que nos interesan.

A partir de este momento, se dispone de diversas colonias de bacterias que contienen un fragmento de ADN procedente de otro organismo. En las condiciones adecuadas, se obtendrá un gran número de copias de este fragmento de ADN. Con dicho método puede fragmentarse todo el ADN de un organismo e incluir los fragmentos en diversas colonias de bacterias, de manera que cada colonia contenga un fragmento del genoma y entre todas las colonias se almacene el genoma completo.

Así se constituyen las genotecas, que permiten estudiar el genoma de los organismos identificando los genes que contienen y descifrando su actividad.

## **La clonación de Dolly**

El caso más famoso de clonación de individuos fue el de la oveja Dolly. Este proyecto de ingeniería genética se desarrolló en 1996 en el Roslin Institute de Edimburgo, Escocia; donde los investigadores Keith Campbell e Ian Wilmut llevaron a cabo con éxito la transferencia de un núcleo de célula somática de oveja y su implantación en un óvulo no fecundado de otra oveja. De esta forma nació Dolly, el primer mamífero clonado a partir de un individuo adulto.

El éxito del nacimiento de Dolly se basó en que los investigadores consiguieron coordinar los ciclos de replicación del ADN del núcleo de la célula de la oveja donante con el ciclo de producción de ARN del óvulo receptor. Conseguir esta sincronización no es sencillo por lo que este tipo de clonaciones todavía es difícil de conseguir. Además, la mayoría de los animales clonados que nacen mediante esta técnica sufren patologías, en algunos casos letales, lo que hace replantearse si es ético seguir clonando individuos con estas técnicas.

Los avances en clonación han llegado ya a varios países de Europa, Asia, Norteamérica y Oceanía. En Latinoamérica, se empezaron a desarrollar estas técnicas en 2001 y en 2002 se anunció en Argentina la clonación de un ternero como parte de un proyecto dedicado a la producción de alimentos mediante la introducción de genes. De esta forma, en 2003 se anunció que una de las terneras clonadas estaba produciendo leche con hormona del crecimiento humano.

### **Ingeniería genética y el cáncer**

Cuando una célula pierde la capacidad de regular su ciclo celular, comienza a reproducirse de forma descontrolada transformándose en una célula cancerosa. No responden a los factores de crecimiento ni detienen su división por la presencia de otras células.

Un organismo puede generar numerosas células cancerosas a lo largo de su vida y que son eliminadas de forma natural por el sistema immune. Algunas de estas células, si no son eliminadas, forman un tumor, esto es, una masa de células cancerosas que proliferan sin detener su división. En algunas ocasiones, estos tumores permanecen en una masa compacta sin moverse del tejido al que pertenecen y pueden extraerse por completo, por lo que se considera tumor benigno. Sin embargo, los tumores pueden invadir otros tejidos e impedir su funcionamiento normal. En este caso se habla de tumor maligno, y puede provocar que el órgano donde se encuentre deje de funcionar y provoque la muerte del individuo. En ocasiones, las células cancerosas pueden desprenderse y pasar al torrente sanguíneo, desde donde podrán invadir otros tejidos y formar nuevos tumores. A este fenómeno lo denominamos metástasis.

Los estudios más recientes sobre el cáncer han demostrado que existen unos genes denominados oncogenes que estimulan la división no controlada de las células. Estos genes están implicados en la regulación del ciclo celular y, cuando se ven alterados, provocan la aparición de tumores. También se ha descubierto la existencia de genes supresores de tumores que son capaces de regular el ciclo celular y, por tanto, pueden detener la división celular y la formación de tumores. Dentro de este grupo encontramos el gen más estudiado en los últimos años, el gen p53 y que se encuentra dañado en el 50% de los casos de cáncer en seres humanos.

Al descubrir la relación de algunos genes con la formación de tumores y el desarrollo de cáncer, la ingeniería genética está realizando investigaciones sobre estos genes para poder

conocer cómo se desarrollan estas células cancerosas y encontrar así una posible solución para su división no controlada.

Aunque aún no existe un tratamiento definitivo para el cáncer, los avances en la detección de estos genes permiten mejorar los diagnósticos y detectar los tumores cuando todavía son pequeños y no ha ocurrido metástasis. La ingeniería genética también ha permitido mejorar el uso de anticuerpos que atacan a las células cancerosas (aunque todavía se debe mejorar, ya que estos anticuerpos también atacan a células normales). Actualmente, se trabaja en la síntesis de sustancias que inhiben el metabolismo de células cancerosas, lo que provocaría la muerte de este tipo de células y frenaría el crecimiento de los tumores.

# 10. Histología y fisiología vegetal

## 10.1. La organización pluricelular

Las células eucariotas tienen orgánulos que actúan como «compartimentos» dentro de la célula, en estos se desarrollan funciones específicas. Las sustancias que deben participar en cada función se concentran en estos compartimentos, lo que incrementa la eficacia de los distintos procesos.

Para desarrollar funciones más variadas y específicas debería aumentarse la cantidad y el tipo de compartimentos y, con ello el volumen del organismo. La manera más eficaz de conseguirlo, sin que se vea afectada la actividad celular, es mediante la presencia de muchas células que trabajan coordinadamente, a la vez que desarrollan funciones diversas, constituyendo un individuo.

Así se forman los seres pluricelulares, que presentan ciertas ventajas respecto a los unicelulares:

- **Mayor independencia del medio exterior:** Los seres unicelulares se ven muy afectados por cualquier cambio que sucede en su entorno.

En los seres pluricelulares, la presencia de muchas células hace necesaria la existencia de un medio interno, que presenta, como ventaja frente a los anteriores, características más constantes que el medio exterior.

- **Posibilidad de desarrollar funciones más complejas.**

En los seres unicelulares, su célula realiza las funciones vitales propias de esta, y que son las mismas que desarrolla el individuo.

En los seres pluricelulares, cada célula, de manera individual, desarrolla sus funciones vitales; pero, al mismo tiempo, se produce una especialización; de modo que diferentes tipos de células llevan a cabo funciones específicas dentro del individuo. En un organismo pluricelular complejo, como el ser humano, podemos observar diferentes niveles de organización celular: La organización pluricelular estricta es propia de una gran diversidad de organismos y se caracteriza por la presencia de:

- Un medio interno distinto del exterior.
- Distintos tipos de células que, a lo largo del proceso evolutivo, adquieren funciones especializadas.

## 10.2. El medio interno

Es el conjunto de líquidos y fluidos que rodea las células de un organismo pluricelular. Las células realizan todos los intercambios que necesitan en él.

En las plantas superiores, el medio interno está formado por la savia bruta y la savia elaborada, que circulan por la planta transportando agua, sales minerales y los productos de la fotosíntesis, respectivamente.

En los animales acuáticos, que tienen organización simple, el medio interno es, a menudo, agua del exterior del cuerpo. En los más complejos y de mayor tamaño, como los animales terrestres, el medio interno mantiene una composición distinta de la del medio exterior. Como componentes del medio interno distinguimos:

- **El líquido circulante** que comunica entre sí a todas las células, como la hemolinfa, la sangre y la linfa.
- **El líquido intersticial** en el que viven inmersas las células.

En los invertebrados, el líquido circulante recibe el nombre de hemolinfa y tiene un componente líquido, con pigmentos respiratorios disueltos.

En los vertebrados, el líquido circulante constituye un sistema doble. Hay un sistema circulatorio que transporta sangre y un sistema complementario de conducción de la linfa.

La sangre está compuesta por plasma, un líquido formado por agua y diversas sustancias disueltas (glúcidos, lípidos, péptidos, sodio, potasio, calcio). En él se encuentran inmersas las células sanguíneas: glóbulos rojos, glóbulos blancos y plaquetas.

La linfa es un líquido de composición similar al plasma que contiene sustancias y células especializadas en la defensa del organismo, como los linfocitos.

El líquido intersticial, de composición similar al plasma, rodea a las células de la mayoría de los tejidos, con las cuales intercambia sustancias.

Posteriormente, se reabsorbe y vuelve a la sangre y a la linfa. El sistema circulatorio sanguíneo y el linfático permiten:

- Llevar a las células las sustancias que estas deben utilizar.

- Recoger, de las células, las sustancias que producen, para su excreción o para su transporte a otras células del organismo. Establece comunicación entre distintas células.

En todos los seres pluricelulares, el medio interno se mantiene en unas condiciones físicas y químicas relativamente constantes. El mantenimiento del equilibrio del medio interno recibe el nombre de homeostasis.

Los mecanismos que permiten la homeostasis son diversos y van desde la presencia de cubiertas protectoras, como la cutícula de los vegetales o la piel de los vertebrados, hasta los más sofisticados mecanismos bioquímicos. Así, la regulación de los niveles de glucosa en la sangre del ser humano (glucemia) viene determinada por la secreción de insulina, una hormona que estimula la entrada de glucosa a las células, o bien, por la secreción de glucagón, que degrada el glucógeno de reserva celular, permitiendo la salida de glucosa a la sangre.

La insulina y el glucagón son hormonas antagónicas, es decir, que ejercen funciones opuestas, esto es necesario para mantener los niveles de glucosa en la sangre estables (80-120 mg/100 ml). Ambas hormonas son sintetizadas en el páncreas, en los islotes de Langerhans, donde se encuentran las células y .

### **Presencia de distintos tipos de células**

La morfología de las diferentes células que pueden formar parte de un mismo organismo es muy variada y está relacionada con la función que desempeñan. Así, los espermatozoides tienen una estructura adaptada al movimiento; la morfología de las células ciliadas ofrece la máxima superficie de intercambio posible; los adipocitos han simplificado su estructura para contener una vacuola de reserva de gran volumen, y la morfología de las neuronas está adaptada a tener numerosas conexiones con otras células.

## **10.3. El desarrollo embrionario y la diferenciación celular**

Todas las células de un organismo pluricelular derivan, por mitosis, de una sola célula original.

El desarrollo embrionario es el proceso por el cual, a partir de una sola célula inicial, se constituye un organismo pluricelular completo.

Durante este desarrollo se producen la multiplicación y la diferenciación celular, es decir, la aparición de distintos tipos de células que presentan diferencias morfológicas y de funcionamiento y que irán constituyendo los distintos tipos de tejidos, órganos y aparatos o sistemas.

Este proceso es muy diferente según se trate de vegetales o de animales.

### **10.3.1. Desarrollo embrionario en las angiospermas**

Vamos a presentar un ejemplo de cada uno. Los espermatófitos son las plantas más numerosas de la Tierra y se clasifican en gimnospermas y angiospermas. En las plantas con flor o angiospermas, después de la fecundación, se forma la semilla. La semilla está formada por el embrión, encargado de originar la nueva planta; el endosperma, que es el tejido que nutre el embrión durante el proceso de la germinación; y por unas capas protectoras de todo el conjunto, normalmente endurecidas, llamadas testa.

En el caso de las plantas dicotiledóneas, además de la radícula y la plúmula, en el embrión también pueden distinguirse los cotiledones.

Estos son unas hojas modificadas, denominadas primordiales, que sirven para alimentar a la plántula una vez ha germinado hasta que dispone de verdaderas hojas que puedan realizar la fotosíntesis.

En las primeras fases del desarrollo del embrión se produce la diferenciación en este de tres tipos de tejidos.

- **Meristemos primarios:** Son tejidos especializados en el crecimiento de la planta. Posteriormente, se diferenciarán en otros tipos de tejidos.
- **Tejidos vasculares:** Tienen la misión de conducir la savia.
- **Tejidos epidérmicos:** Forman la cubierta externa y protectora de la planta.

Estos tejidos constituyen las partes de un embrión. Durante la germinación, a partir del embrión, se desarrolla la planta adulta.

### **10.4. Tejidos vegetales**

En el reino vegetal distinguimos dos grandes modelos estructurales:

- Los talófitos, constituidos por un talo, es decir, una masa de células indiferenciadas en la que no distinguimos tejidos. Poseen un órgano de fijación, el rizoide; un órgano de sostén, el cauloide y un filoide que tiene una estructura laminar fotosintética, que recuerda a las hojas. Las algas, los musgos y las hepáticas son talófitos.
- Los cormófitos, constituidos por un cormo, es una estructura en la que las células están agrupadas en tejidos y constituyen diferentes órganos, como la raíz, el tallo y las hojas. Los pteridófitos y los espermatófitos son cormófitos. Los espermatófitos, o plantas con semilla, se dividen a su vez en angiospermas y gimnospermas.

A continuación, vamos a describir las principales características de los tejidos vegetales de las plantas cormófitas.

### 10.4.1. Meristemos

Se caracterizan por estar poco diferenciados y por su gran capacidad de división. Son los responsables de la multiplicación celular.

Sus células presentan paredes celulares finas, con pocas vacuolas, de pequeño tamaño y núcleos grandes.

Distinguimos los siguientes tipos de meristemos:

- **Embrionario:** Forma el embrión, en la fase de semilla, y puede permanecer en reposo durante mucho tiempo.
- **Primario o apical:** Está especializado en el crecimiento en longitud de la planta. Se localiza en los extremos de la raíz (coifa) y el tallo (yemas terminales y axilares).

• **Secundario:** Produce el crecimiento en grosor de la planta. Se localiza en toda la planta (partes gruesas del tallo y raíz) y está formado por células que, en determinadas épocas del año, recuperan la capacidad de dividirse para diferenciarse en tejidos concretos. Distinguimos:

—**El cámium:** Se encuentra intercalado entre los tejidos que conducen la savia y los regenera periódicamente.

—**El felógeno:** Está bajo la epidermis y produce, entre esta y el propio tejido una nueva capa de células que forman un tejido, protector, denominado suberoso. Produce el crecimiento en grosor de tallos y raíces.

### 10.4.2. Tejidos conductores

Son los tejidos que se ocupan de la función de transporte de la savia. Sus células tienen forma alargada. Los tabiques de separación entre ellas están ausentes o bien están dispuestos de manera oblicua para favorecer la circulación a través de ellos. Pueden ser de dos tipos:

- **Xilema o leño:** Transporta savia bruta en sentido ascendente (desde la raíz hasta las hojas) y procede de la división y especialización de las células del cámium, los que proliferan hacia la parte interior de la planta. Está formado por células muertas situadas una sobre otra sin tabique de separación y, por tanto, constituyen estructuras tubulares. Las células que forman estructuras tubulares se llaman traqueidas y tráqueas. Se trata de células muertas recubiertas de lignina; la lignina no recubre uniformemente los vasos en su totalidad.
- **Floema o líber:** Transporta la savia elaborada que resulta de la fotosíntesis, tanto en sentido ascendente como descendente, y procede de la especialización de las células del

cámbium que se dividen hacia el exterior. Sus células se disponen del mismo modo que las del xilema, pero están vivas, con las paredes celulares de separación entre ellas perforadas por numerosos orificios. Las denominamos células cribosas o tubos cribosos y son alargadas.

#### 10.4.3. Tejidos protectores

Recubren la planta protegiéndola de la acción de agentes externos y evitando la pérdida de agua. Las características de sus células varían según el tipo de tejido protector de que se trate:

- **Epidérmico:** Forma la epidermis y está constituido por una sola capa de células vivas, sin clorofila, adosadas unas a otras. La epidermis se encuentra perforada generalmente por unos orificios llamados estomas, que tienen capacidad para regular su grado de apertura, según las condiciones ambientales. Este tejido puede presentar algunas modificaciones:
  - **Cutícula:** Es una capa formada por sustancias círeas, principalmente cutina, que impregna la pared de las células que está en contacto con la atmósfera.
  - **Pelos o tricomas:** Son prolongaciones de la epidermis, formadas por una o varias células. Pueden ser absorbentes, como los de las raíces; o secretores, por ejemplo, de sustancias urticantes como los de las hojas, los tallos, etc.
- **Tejido suberoso o súber:** Se origina a partir de la especialización de las células del felógeno y sustituye a la epidermis para reforzar las partes de la planta que crecen en grosor.

La pared de sus células está impregnada de suberina (de naturaleza lipídica) totalmente impermeable. Este aislamiento hace que sean células muertas. El súber presenta unos orificios denominados lenticelas, por donde los tejidos adyacentes intercambian gases.

#### 10.4.4. Parénquimas

Son tejidos que dan cuerpo a las distintas partes de la planta, a la vez que se especializan en funciones diversas. Sus células son vivas, grandes, con numerosas vacuolas y cloroplastos. La pared celular está bien desarrollada. Entre cada célula y las contiguas existen uniones denominadas plasmodesmos, por donde se establece el transporte de sustancias entre las células. Según la función, a los parénquimas los clasificamos en:

- **Clorofílico:** Es el principal tejido fotosintético; por ello, sus células contienen abundantes cloroplastos. Se localiza en las partes verdes: hojas y tallos herbáceos. Distinguimos dos capas:

—La capa más próxima a la epidermis está formada por el parénquima clorofílico en empalizada, que tiene células prismáticas y muy juntas, para un aprovechamiento más eficaz de la luz.

—Debajo de este se encuentra el parénquima clorofílico lagunar, formado por células más redondeadas que dejan huecos entre unas y otras. Por ellos circulan gases como CO<sub>2</sub>, O<sub>2</sub> y vapor de agua.

—**De reserva:** Sus células tienen grandes vacuolas que acumulan productos elaborados por la planta (almidón, disacáridos, ácidos y más). Se localizan en ciertos órganos específicos como los tubérculos.

#### 10.4.5. Tejidos de sostén

Confieren a la planta solidez y consistencia. Están formados por células de paredes gruesas y adosadas estrechamente. Existen dos tipos:

- **Colénquima:** Lo constituyen células vivas que han engrosado los ángulos de sus paredes celulares con depósitos de celulosa. Esto le confiere gran resistencia y, a la vez, flexibilidad. Se localiza en las partes de la planta que están en crecimiento.
- **Esclerénquima:** Está formado por células muertas que han sufrido un proceso de lignificación. Se localiza en la cáscara de algunos frutos, como las nueces, o en fibras flexibles, como el lino y el cáñamo.

### 10.5. Captación y transformación de nutrientes en vegetales

Desde el punto de vista cuantitativo, los vegetales son los productores más importantes. Se encuentran en la base de las pirámides de biomasa y de producción de los ecosistemas y, por tanto, su proceso de nutrición es imprescindible para la vida del resto de los organismos.

Los nutrientes vegetales pueden ser micronutrientes, si se necesitan en poca cantidad: calcio, magnesio, azufre, hierro o macronutrientes, si se precisan en grandes cantidades, como agua, dióxido de carbono, oxígeno, nitrógeno, fósforo, potasio; estos nutrientes se captan de modo diferente, según se trate de plantas talófitas o cormófitas.

Las talófitas viven en ambientes acuáticos o húmedos y no tienen tejidos diferenciados. Por tanto, captan los nutrientes a través de toda la superficie de la planta.

Las cormófitas viven en ambientes terrestres, poseen tejidos y órganos especializados en la captación de los diferentes nutrientes:

- Toman oxígeno y dióxido de carbono del aire. Lo hacen a través de los estomas, que son las aberturas que se encuentran en las hojas, especialmente en el envés.
- Absorben agua del suelo, a través de la zona pilífera de la raíz. Está formada por células con prolongaciones que se introducen entre las partículas del suelo. En esta zona de la raíz se inicia el recorrido de los vasos conductores ascendentes.
- Incorporan micronutrientes por la raíz, ya que se encuentran disueltos en el agua del suelo.

Existen algunos factores que condicionan la captación de nutrientes: la abertura o el cierre de los estomas y las características del suelo.

a. La abertura o el cierre de los estomas dependen, a su vez, de:

- *La intensidad luminosa*: Cuanta más luz reciban las hojas, mayor es la abertura de los estomas: la luz estimula la fotosíntesis y, por tanto, se incrementa el intercambio de gases.
- *La temperatura*: Al aumentar la temperatura, se agranda la abertura de los estomas: como el agua tiene una elevada capacidad calorífica, el incremento de la transpiración permite eliminar calor para evitar que se eleve la temperatura de las hojas.

La pérdida de vapor de agua, por los estomas de las hojas, es el motor que impulsa la absorción de agua en las raíces, ya que la salida de agua crea un déficit de presión en los vasos conductores que ascienden desde las raíces. Este déficit de presión se comunica a lo largo del vaso conductor hasta la zona pilífera de la raíz, donde, para compensarlo, entra agua desde el suelo.

b. Entre las características del suelo, destacamos sus propiedades físicas y químicas y los seres vivos que habitan en él.

- *Propiedades físicas*

—La textura es la proporción de arena, limo y arcilla que contiene un suelo.

—La estructura depende del tamaño y la forma de los grumos que configuran las partículas de humus, arcillas, arenas y limos.

En general, una textura franca, es decir, entre 30% y 50% de arena, 40% y 60% de limo y 15 y 30% de arcilla; y una estructura de granos, de diámetro entre 1 mm y 5 mm proporcionan características adecuadas al desarrollo de la mayoría de las plantas.

- *Propiedades químicas*

—El pH es el logaritmo negativo de la concentración de iones hidronio H<sub>3</sub>O<sup>+</sup> ( $-\log [H_3O^+]$ ). En general, los suelos aptos para el crecimiento de las plantas tienen valores de pH entre 5 y 10.

- *Presencia de seres vivos*

—La materia orgánica procedente de los seres vivos que mueren y de las sustancias que estos excretan se convierte en materia inorgánica que enriquece el suelo de nutrientes.

—La presencia de animales excavadores o el crecimiento de las raíces remueve el suelo y contribuye a su aireación. Son especialmente importantes los microorganismos que intervienen en los procesos relacionados con el nitrógeno.

El nitrógeno del aire es el gas más abundante en la atmósfera (77%). Es un componente esencial de las proteínas y los ácidos nucleicos de todos los seres vivos. Sin embargo, únicamente las bacterias fijadoras de nitrógeno pueden utilizarlo. Dichas bacterias captan nitrógeno del aire y lo transforman en amoníaco (NH<sub>3</sub>); este proceso recibe el nombre de fijación del nitrógeno.

A continuación, las bacterias nitrificantes convierten el amoníaco en nitrito (NO<sub>2</sub><sup>-</sup>) y este en nitrato (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>). A esta segunda fase del proceso la denominamos nitrificación.

Los nitratos son absorbidos por las raíces de las plantas, que satisfacen de este modo su demanda de nitrógeno. Así, el nitrógeno entra en las redes alimentarias de todos los ecosistemas y es utilizado por todos los seres vivos.

## 10.6. Excreción en los vegetales

Como resultado del procesamiento y la utilización de nutrientes, se producen sustancias diversas que deben ser eliminadas del organismo. Su excreción constituye una fase del proceso de nutrición.

A diferencia de lo que ocurre con los animales, muchas sustancias excretadas en los vegetales no son claramente perjudiciales para ellos. Los productos de excreción de los vegetales se acumulan en vacuolas o en el citoplasma, o bien, se expulsan al exterior mediante pelos secretores (como ocurre en las ortigas), conductos especiales como los resiníferos del pino o en bolsas de esencia, como en los frutos cítricos.

Los productos de excreción vegetales son el agua, las sustancias nitrogenadas y las sustancias no nitrogenadas.

**Agua:** Se excreta por dos mecanismos: la transpiración y la gutación. La transpiración es la eliminación de vapor de agua a través de los estomas de las hojas.

- Depende de la apertura o el cierre de los estomas; por ello, está directamente relacionada con la intensidad luminosa y la temperatura.
- Cumple en la planta funciones diversas:
- Elimina el agua producida durante la respiración celular.
- Asegura el transporte de agua y nutrientes desde las raíces hasta las partes verdes de la planta.
- Aumenta la concentración de los nutrientes en las hojas, ya que se captan del suelo muy diluidos.
- Permite la regulación térmica, pues una parte de la energía solar que reciben las hojas se consume en la transpiración, con lo que se evita el aumento de temperatura de las hojas. La gutación es la eliminación de agua en forma de gotas, a causa de la elevada presión de empuje que puede alcanzarse dentro de los vasos conductores ascendentes.
- Se produce en plantas de porte pequeño, cuando la humedad atmosférica es muy elevada.
- El agua sale por unos estomas acuíferos especiales, situados en el extremo de los grandes nervios de las hojas.

**Sustancias nitrogenadas:** Los vegetales, debido a su reducido metabolismo catabólico de proteínas y aminoácidos, no necesitan órganos diferenciados para eliminar estas sustancias.

#### **Sustancias no nitrogenadas**

Muchas de ellas se producen y se acumulan en frutos, hojas, tallos o raíces.

### **10.7. La respiración en los vegetales**

- La respiración externa o ventilación es el intercambio de gases con el medioambiente.
  - El O<sub>2</sub> del aire penetra a través de los estomas. También se capta una pequeña parte de oxígeno por los pelos absorbentes de la raíz.
  - Los tejidos adyacentes a la epidermis de la hoja tienen espacios intercelulares por los que circulan los gases.
  - El parénquima clorofílico lagunar en contacto con el envés de la hoja posee de un 50% a un 80% de volumen de aire.

- El parénquima clorofílico en empalizada en el haz de las hojas tiene entre un 10% y un 40% de su volumen ocupado por aire.

Dado que la respiración externa o ventilación es cualquier intercambio de gases con el medio, este incluye otros intercambios de gases relacionados con la fotosíntesis y la transpiración.

Respecto a la fotosíntesis:

—Los vegetales toman CO<sub>2</sub> del aire atmosférico o CO<sub>2</sub> disuelto en el agua, en el caso de plantas acuáticas.

—Desprenden O<sub>2</sub> a la atmósfera o al agua.

Respecto a la transpiración

—Las plantas pierden hasta el 90% del agua absorbida por las raíces en forma de vapor de agua, a través de los estomas.

#### **10.7.1. Regulación del intercambio de gases**

Las plantas regulan el intercambio de gases (O<sub>2</sub>, CO<sub>2</sub> y vapor de H<sub>2</sub>O) mediante la apertura y el cierre de los estomas. Los orificios estomáticos se encuentran delimitados por dos células oclusivas o estomáticas que tienen capacidad para regular la apertura.

La entrada y salida de agua de las células oclusivas depende de las concentraciones de potasio y de sodio. Estas, a su vez, están controladas por el ácido abcisico, una hormona vegetal que modifica la permeabilidad de las membranas celulares para la entrada de iones.

### **10.8. El transporte de sustancias en los vegetales**

La obtención de nutrientes útiles, la excreción de productos tóxicos y los intercambios de gases son procesos que tienen lugar en zonas concretas del organismo, tanto en los vegetales como en los animales. Por ello, se requieren mecanismos de transporte que comuniquen estas zonas con el resto de las células del organismo.

Vamos a describir los mecanismos de circulación en los vegetales, teniendo en cuenta que, en las plantas, los líquidos circulantes no transportan los gases respiratorios (CO<sub>2</sub> y O<sub>2</sub>), sino las sustancias necesarias para que tenga lugar la fotosíntesis y las que se obtienen como resultado de esta. Nos referiremos exclusivamente a las plantas cormófitas, ya que solo en ellas se da la especialización en tejidos que hace necesarios y, a la vez, permite estos transportes.

Normalmente, la raíz es el órgano de absorción, situado en el extremo opuesto a las hojas que tienen actividad fotosintética. Ambos órganos están comunicados por un sistema de circulación, de abajo hacia arriba, a través de las vías conductoras ascendentes. Desde las hojas y otras partes verdes, se reparten, mediante las vías de conducción de sustancias, las sustancias orgánicas que se obtienen en la fotosíntesis.

### 10.8.1. Vías de conducción ascendentes

El conjunto de vías conductoras ascendentes recibe el nombre de vasos leñosos o xilema.

- El transporte tiene lugar entre los pelos absorbentes de la raíz y las zonas verdes fotosintéticas, en especial las hojas.

- Al líquido circulante en sentido ascendente lo solemos denominar savia bruta, compuesta por agua y sustancias minerales disueltas.

- Todos los vasos leñosos son aproximadamente del mismo calibre. Están dispuestos en haces paralelos que discurren por la raíz, ascienden por el tallo y disminuyen de grosor a medida que algunos se desvían, para llegar a las hojas, donde forman sus nerviaciones. Pueden ser tráqueas o traqueidas:

- **Las tráqueas:** Son vasos rígidos que forman un tubo continuo. Se han formado a partir de células dispuestas una a continuación de otra, que han lignificado sus paredes celulares. Esto provoca la degeneración de los orgánulos citoplasmáticos y la desaparición de los tabiques de separación, hasta constituir un tubo continuo de células muertas.

- **Las traqueidas:** Son más finas; están formadas por células muertas con las paredes lignificadas, pero independientes entre ellas, ya que se conservan los tabiques de separación que presentan un gran número de orificios. Las traqueidas son los vasos conductores más primitivos, propios de las plantas pteridófitas, como los helechos, y también de las plantas fanerógamas más antiguas evolutivamente, como las gimnospermas.

Las plantas fanerógamas, las más recientes desde el punto de vista evolutivo, es decir, las angiospermas, tienen el xilema formado en su mayoría por tráqueas, que se consideran vasos conductores más perfectos y evolucionados que las traqueidas. En un árbol se produce xilema periódicamente. El conjunto de vasos leñosos más recientes recibe el nombre de albura y son vasos funcionalmente conductores. La parte de xilema más vieja, con menor o nula función conductora, recibe el nombre de duramen y participa en el sostén del vegetal.

### **10.8.2. Mecanismos de transporte por el xilema**

Algunas especies de árboles pueden alcanzar alturas superiores a los 100 m, como las secuoyas y los eucaliptos. En estos casos, el transporte ascendente a través del xilema supone un reto considerable. Es también notable, la velocidad de ascenso de la savia bruta detectada en algunas especies: 1 m/h en coníferas, unos 4 m/h en hayas y entre 20 y 45 m/h en algunos robles. Aunque no está totalmente aclarado, en la actualidad se acepta que el ascenso se debe a un mecanismo de tensión-cohesión, que se detalla a continuación:

- Los pelos absorbentes captan agua por ósmosis y minerales que penetran en los tubos conductores del xilema por transporte activo.
- La entrada continua de agua, por la raíz, hacia los vasos conductores provoca una presión hidrostática que empuja el líquido en sentido ascendente, en contra de la gravedad. Este hecho se ve favorecido por la longitud y el calibre de los vasos xilemáticos, ya que les hace funcionar como verdaderos capilares.
- Las moléculas de agua se comportan como dipolos: establecen fuerzas de cohesión muy fuertes entre ellas que impiden la interrupción de las finas columnas de líquido.
- A través de los estomas, tiene lugar la pérdida de vapor de agua, mediante la transpiración; esta crea una fuerza continua de aspiración a lo largo de los vasos leñosos que causa la entrada de agua en la raíz. De hecho, todo el mecanismo depende de la energía solar que motiva la transpiración.

### **10.8.3. Vías de conducción de moléculas orgánicas**

Como resultado de la fotosíntesis, las plantas obtienen monosacáridos, como la glucosa, que luego pueden transformar en moléculas más complejas, como disacáridos, polisacáridos y aminoácidos. Las moléculas orgánicas son trasladadas y repartidas a otras partes del vegetal, disueltas en agua. Este proceso recibe el nombre de translocación y tiene lugar mediante los vasos liberianos o floema.

- El transporte se produce desde las hojas y otras partes verdes hacia el tallo y las raíces.

También puede haber translocación desde los tejidos de reserva (semillas, bulbos, tubérculos y más) a otras partes de la planta que lo necesiten. El almidón contenido en estos tejidos se degrada a sacarosa, que es la molécula utilizada para la movilización de la glucosa por la planta. Al llegar al órgano receptor, la sacarosa se degrada a glucosa para ser utilizada.

El desplazamiento puede ser en sentido descendente o ascendente, dependiendo de la posición del órgano fotosintetizador o de reserva, respecto al receptor.

- El líquido que se desplaza se ha denominado savia elaborada. Contiene agua y solutos, de los cuales un 90% es sacarosa, el resto son aminoácidos, ácidos grasos, vitaminas, hormonas e iones como K+.

- Los vasos liberianos son conductos finos que discurren por el tallo y la raíz. Están formados por células vivas, con tabiques de separación oblicuos y la pared celular sin lignina. Al madurar, pierden el núcleo, los orgánulos citoplasmáticos se disponen periféricamente y se forman poros en las paredes, que confieren a estas el aspecto de una criba. Por ello, también denominamos vasos o tubos cribosos.

Conectadas a las células de los tubos cribosos, se encuentran las células acompañantes, muy activas metabólicamente.

- La velocidad de transporte depende de la época del año y puede variar desde 30 cm/h a 200 cm/h en algunos casos.

—En invierno, la mayoría de las cribas se encuentra taponada por calosa y la circulación está muy reducida.

—En primavera, se reabsorbe la calosa y se activa la circulación.

—En un gran número de especies vegetales, los vasos liberianos solo son funcionales durante un año y son reemplazados por otros nuevos a partir del cámium.

En plantas pteridófitas y gimnospermas no hay células acompañantes y los tabiques perforados de las células cribosas son muy inclinados.

En las angiospermas, se encuentran células acompañantes y tubos liberianos con placas cribosas muy perpendiculares.

#### 10.8.4. Mecanismos de transporte por el floema

La hipótesis del flujo en masa es la explicación más plausible de este proceso. Se basa en los puntos siguientes:

- En los órganos donde se produce la fotosíntesis, los glúcidos salen del citoplasma de las células en forma de sacarosa.

- Esta entra en los vasos liberianos por transporte activo, contra gradiente de concentración. El proceso se ve facilitado por la actividad de las células acompañantes.

- La entrada de sacarosa en los tubos cribosos provoca la entrada de agua, por ósmosis, procedente del xilema.

- Cuando el órgano consumidor capta sacarosa y esta abandona el vaso liberiano, disminuye la concentración de soluto en su interior.

- El agua también sale del tubo criboso, por el mismo proceso osmótico, y vuelve a los vasos del xilema.

La diferencia de presión del agua dentro del tubo floemático entre el órgano fotosintetizador y el receptor crea la corriente de flujo.



# 11. Fisiología animal

## 11.1. Desarrollo embrionario en los animales

Es un proceso que se desarrolla de forma muy diversa, según el grupo de animales de que se trate. A pesar de ello, en la mayoría de los casos podemos distinguir dos etapas comunes.

- **Segmentación:** El cigoto que resulta de la fecundación se divide por mitosis y da lugar a una esfera que contiene 2, 4, 8... células, según progresan las sucesivas divisiones del cigoto.

Se forma una esfera maciza de células denominada mórula. Hasta ese momento, las células, por lo general, no están diferenciadas y cada una de ellas, denominada blastómero, puede dar lugar a un nuevo individuo si se separa de las demás.

A continuación, las células se desplazan y dejan en el centro de la esfera una cavidad, el blastocele. Empiezan a especializarse y pierden, por tanto, la capacidad de generar un individuo cada una. Es el estadio de blástula.

- **Gastrulación:** Se produce una invaginación hacia el interior del blastocele que da lugar a la aparición de dos capas de células denominadas ectodermo, la exterior, y endodermo, la interior. En este estadio el embrión se denomina gástrula y la cavidad interna, arquéteron. Por la zona donde se produce la invaginación queda el blastoporo, que comunica el exterior con el arquéteron.

A partir de aquí, el desarrollo embrionario se produce según las características de cada grupo animal:

—**Animales diblásticos:** Provienen de una gástrula diblástica en la que no se desarrollan las células mesodérmicas primarias. Todas sus células provienen del ectodermo y del endodermo. El arquéteron actúa como cavidad digestiva. Las esponjas y los cnidarios son animales de este grupo.

—**Animales triblásticos:** La gástrula diblástica continúa su desarrollo y genera, a partir de las células del endodermo, unas células primarias que dan lugar al mesodermo, una

tercera capa situada entre el ectodermo y el endodermo. Si entre mesodermo y endodermo no queda espacio vacío, se habla de animales acelomados, como los platelmintos. Si existe este espacio, lo denominamos pseudoceloma y son animales pseudocelomados.

Si la cavidad está totalmente rodeada por el mesodermo, la denominamos celoma y se trata de animales celomados, como los anélidos, los artrópodos y los vertebrados.

Después de la gastrulación, las células desarrollan plenamente su capacidad de diferenciación, y da lugar a las distintas partes y órganos de cada individuo. En el cuadro siguiente, mostramos la capa embrionaria de la que derivan diversas estructuras de los vertebrados.

Capa embrionaria	Partes que derivan
Ectodermo	Epidermis de la piel Órganos anexos a la piel (uñas, pelo...) Encéfalo y sistema nervioso
Endodermo	Revestimiento del tubo digestivo y del respiratorio Glándulas como el hígado, el páncreas...
Mesodermo	Dermis de la piel Revestimiento de cavidades internas Órganos excretores y reproductores Órganos circulatorios Músculos y esqueleto

## 11.2. Tejidos animales

Tejido epitelial	De revestimiento Glandular
Tejidos conectivos	Conjuntivo Adiposo Cartilaginoso Óseo
Tejido muscular	Estriado Cardíaco Liso

---

Tejido nervioso	Neuronas
	Células gliales

---

A continuación, vamos a describir las características de los principales tejidos que forman los animales, tomando como ejemplo a los vertebrados. Observa algunos órganos donde se localizan estos tejidos.

### 11.2.1. Tejido epitelial

Agrupa diversos tipos de tejidos que pueden tener función protectora, secretora o de absorción. El tejido epitelial recubre la superficie del cuerpo y las cavidades y conductos del organismo. Sus células son geométricas, más o menos regulares y están unidas íntimamente por desmosomas, hecho que provoca que el espacio intercelular sea muy pequeño. Por debajo del epitelio encontramos una membrana basal, formada por una red de fibras que conecta con el tejido conectivo.

Existen dos grandes grupos de epitelios: el epitelio de revestimiento, que tiene una función protectora y de absorción, y el epitelio glandular, cuya función es la secreción de sustancias.

- **Epitelio de revestimiento:** Está especializado en la protección de las estructuras que se encuentran por debajo de él. Las células del epitelio de revestimiento pueden constituir una o varias capas. Según esto podemos distinguir:

- Epitelio simple:** Formado por una sola capa de células.
- Epitelio estratificado:** Formado por más de una capa de células.
- Epitelio pseudoestratificado:** Las células tienen una distribución irregular y en el microscopio da la impresión de que se trata de un epitelio estratificado.

Las células, además, pueden presentar formas muy diversas: pueden ser planas, cúbicas o cilíndricas. Así, teniendo en cuenta la forma de las células y el número de capas que lo constituyen, podemos distinguir los siguientes tipos de epitelio de revestimiento:

**Epitelio plano simple:** Tapiza la pared interna de los vasos sanguíneos y de órganos como el corazón. En este caso, la capa recibe el nombre de endotelio. También tapiza cavidades internas procedentes del celoma, como la peritoneal y la pleural. En este caso, lo denominamos mesotelio.

**Epitelio cilíndrico:** Es el epitelio que presentan las microvellosidades intestinales; permite aumentar la superficie de absorción.

**Epitelio cúbico:** Tapiza las glándulas salivares, el riñón, el páncreas y también las células pigmentadas de la retina.

**Epitelio cilíndrico pseudoestratificado:** La disposición de los núcleos produce una imagen similar a la que se observa cuando existen varias capas. Presenta cilios, por lo que lo denominamos también epitelio vibrátil. Recubre la mayor parte de las vías respiratorias.

**Epitelio plano estratificado:** Recubre la superficie externa de la mayoría de los vertebrados, y forma la epidermis de la piel. La parte superior de la epidermis es una capa córnea; cuando esta falta, la piel recibe el nombre de mucosa.

**Epitelio cilíndrico estratificado:** Recubre algunas zonas del aparato digestivo en los vertebrados inferiores; en los superiores está muy poco extendido, normalmente en zonas de transición entre epitelio pavimentoso pluriestratificado y cilíndrico pseudoestratificado.

- **Epitelio glandular:** Constituye las glándulas, órganos especializados en la fabricación y secreción de sustancias.

Según su estructura, distinguimos dos tipos de glándulas:

—**Unicelulares**, como las glándulas caliciformes, que se encuentran en la pared del intestino delgado y segregan una sustancia, denominada mucus, que facilita el tránsito a lo largo del intestino y lo protege de la acción de las enzimas digestivas.

—**Pluricelulares**, como la glándula tiroides, que produce diversas hormonas, entre ellas la tiroxina.

Según dónde vierten sus productos, existen tres tipos de glándulas:

—**Exocrinas:** Vierten las sustancias que producen exclusivamente al exterior del organismo, como las glándulas lacrimales.

—**Endocrinas:** Segregan sustancias exclusivamente al medio interno, como la hipófisis, que produce la hormona del crecimiento.

—**Mixtas:** Segregan dos tipos de sustancias diferentes, unas al exterior y otras al medio interno. Es el caso del páncreas, que segregá jugo pancreático al interior del tubo digestivo, una zona considerada exterior al cuerpo, y también segregá hormonas como insulina y glucagón a la sangre, para el control de la glucemia.

## 11.2.2. Tejido conectivo

Son un grupo de tejidos con funciones diversas: unen entre sí distintos órganos, llenan huecos y espacios entre los diferentes tejidos, y también constituyen elementos de soporte y de movimiento. Los tejidos conjuntivo, adiposo, cartilaginoso y óseo son variedades del

tejido conectivo. Todos se caracterizan por tener gran cantidad de sustancia intercelular y pocas células.

Vamos a conocer los componentes del tejido conectivo básico:

### Células

**Fibroblastos:** Constituyen las fibras que forman la sustancia intercelular. Tienen forma alargada o estrellada.

**Macrófagos:** Son células de gran tamaño, fagocitarias y con capacidad migratoria.

**Mastocitos:** Células redondeadas que contienen gran cantidad de heparina y otras sustancias que intervienen en la coagulación de la sangre.

### Matriz

#### Fibras

**Colágeno:** Fibras consistentes y elásticas, en forma de haces. Las llamamos fibras blancas. Por cocción generan gelatina.

**Elastina:** Proteína fibrosa que puede estirarse y recuperar su forma original. Las llamamos fibras amarillas. No se disuelven por cocción.

**Reticulina:** Tienen la misma composición que las anteriores, pero se disponen como una red.

#### Sustancias no fibrosas

**Mucopolisacáridos:** Compuestos formados por una parte proteínica y una parte glucídica.

**Sales:** Diversas como fosfatos o carbonatos.

#### Agua

Vamos a conocer las características de los principales tipos de tejido conectivo:

- **Tejido conjuntivo:** Tiene la función de unir órganos y tejidos. Según la cantidad de fibras que lo constituyen puede ser laxo (pocas fibras) o fibroso (muchas fibras). El laxo recubre, principalmente, la superficie de los órganos y rellena los huecos entre ellos. El fibroso forma estructuras muy resistentes que, por su función, son sometidas a fuertes tensiones, como los tendones.

- **Tejido adiposo:** Es un tejido formado por unas células llamadas adipocitos, caracterizadas por poseer una gran vacuola llena de lípidos, que obliga al núcleo celular a desplazarse hacia un extremo de la célula. Este tejido constituye la principal reserva de energía

de muchos organismos, aunque también lo encontramos realizando una función protectora bajo la piel, alrededor de los riñones, del corazón...

- **Tejido cartilaginoso:** Está formado por unas células llamadas condrocitos. En las primeras épocas de la vida, es el único componente de las estructuras esqueléticas; al avanzar el desarrollo, es reemplazado por tejido óseo. Recubre el interior de las articulaciones y evita su desgaste. También se encuentra en el pabellón auditivo y el extremo de la nariz.

- **Tejido óseo:** A las células de este tejido las llamamos osteocitos. Este tejido forma los huesos y, por tanto, participa en el movimiento y en la protección de diversos órganos. Si es denso y sin huecos, lo denominamos compacto; si presenta huecos, es esponjoso. Muchos huesos presentan ambos tipos de tejido.

### 11.2.3. Tejido muscular

Está formado por células denominadas miocitos. En su interior contiene las miofibrillas, formadas por actina y miosina, dos proteínas con capacidad contráctil. El tejido muscular puede ser:

- **Estriado:** Células grandes que han fusionado sus membranas celulares y presentan numerosos núcleos. Las miofibrillas están ordenadas y esto les da un aspecto estriado. La contracción es rápida y voluntaria (músculos que participan en la marcha).

- **Cardíaco:** Células estriadas mononucleadas, de contracción rápida e involuntaria. Se encuentran en el corazón y mantienen el latido cardíaco de manera constante a lo largo de toda la vida.

- **Liso:** Células pequeñas alargadas con un solo núcleo. Las miofibrillas se encuentran desordenadas y no se observan estrías. La contracción es lenta e involuntaria (movimientos del tubo digestivo).

### 11.2.4. Tejido nervioso

Está formado por dos tipos de células: neuronas y células gliales.

- Las neuronas son células muy especializadas que se caracterizan por su capacidad para generar y transmitir impulsos nerviosos, pequeñas corrientes eléctricas entre las neuronas. Constan de:

- Un cuerpo neuronal, con el núcleo y gran parte del citoplasma.
- Varias dendritas, prolongaciones de escasa longitud que rodean el cuerpo neuronal.
- Un axón o cilindro eje, que es una larga prolongación que parte del cuerpo neuronal.

La transmisión del impulso nervioso siempre se efectúa desde la dendrita al axón. La conexión entre dos neuronas tiene lugar sin contacto físico, a través del espacio que las separa, la sinapsis.

- Las células gliales se interponen entre las neuronas y pueden ser:

— **Astrocitos**: Tienen aspecto estrellado y transportan sustancias nutritivas desde la sangre a las neuronas. También actúan como soporte, enlazando entre sí los distintos componentes del tejido.

— **Microglías**: Tienen aspecto espinoso y son móviles; fagocitan sustancias de desecho y desempeñan una función defensiva.

— **Células de Schwann**: Contienen mielina, una sustancia de gran importancia en la transmisión del impulso nervioso. Forman pequeñas envolturas en diferentes zonas a lo largo del axón.

## 11.3. Sistemas animales

### 11.3.1. Sistema digestivo

Todos los animales toman del exterior compuestos orgánicos y, mediante la digestión, los degradan parcialmente hasta obtener compuestos más sencillos que pueden ser absorbidos y utilizados por las células del organismo. Existe una gran variedad de mecanismos digestivos, que corresponden a las adaptaciones de los diferentes grupos de animales a sus condiciones de vida.

En los animales más sencillos, sin tejidos diferenciados, no existe un aparato especializado en la captación y digestión del alimento. Cada célula capta del exterior los nutrientes y los digiere. Esto implica que:

- Todas las células deben estar en contacto con el medio externo.
- La digestión es intracelular.

En los animales más complejos, la existencia de tejidos diferenciados permite la presencia de un aparato digestivo especializado en captar y digerir el alimento. Las células captan alimentos digeridos previamente. Por esta razón:

- No todas las células están en contacto con el medio exterior.
- La digestión es extracelular.
- Deben existir otros aparatos implicados en el reparto de los nutrientes a todas las células del organismo.

En un breve repaso, analizaremos los mecanismos de digestión más significativos desde el punto de vista evolutivo.

### Invertebrados

Las esponjas son los animales más simples. Se alimentan por filtración. El agua entra a través de poros inhalantes. Las sustancias alimenticias que contiene el agua son capturadas por unas células llamadas coanocitos. Este alimento será digerido en las vacuolas digestivas.

Los cnidarios, en cambio, capturan su alimento a partir de unas células urticantes, llamadas cnidoblastos, muy abundantes sobre todo en los tentáculos. Los cnidarios son, evolutivamente, el primer grupo que presenta tubo digestivo. Este tiene forma de saco, lo llamamos cavidad gastrovascular y presenta un solo orificio de entrada y salida. La digestión se realiza en esta cavidad, por lo que se trata de una digestión extracelular.

La aparición del celoma determina la existencia de un sistema digestivo especializado. En los animales celomados aparece ya una cavidad digestiva que, con distintas adaptaciones propias de cada grupo, responde a las siguientes características básicas:

- Es un tubo abierto al exterior por dos orificios: la boca, para la entrada o ingestión de alimentos, y el ano, para la salida o egestión de residuos no absorbidos.
- A lo largo del tubo digestivo, distinguimos distintos tramos especializados en procesos diferentes. Relacionadas con la boca, aparecen estructuras que favorecen la captura y trituración del alimento.
- Existen glándulas anexas al tubo, especializadas en la secreción de sustancias que facilitan la digestión.

La digestión es extracelular, porque se realiza dentro del tubo digestivo, pero fuera de las células.

Los nutrientes obtenidos son absorbidos y repartidos a las células del resto del organismo mediante un sistema circulatorio de transporte.

En los anélidos, y otros grupos afines, el tubo digestivo es alargado. Consta de boca, faringe, esófago, estómago, intestino y ano, y posee glándulas anexas repartidas a lo largo de todo el recorrido.

En los moluscos aparece en la boca un órgano especial para raspar el alimento, la rádula. El intestino es largo y enrollado. Los moluscos contienen una víscera única y voluminosa, el hepatopáncreas.

En los artrópodos, especialmente en los insectos adaptados al medio terrestre, el tubo digestivo alcanza un mayor grado de especialización. Ello es una consecuencia de la necesidad de economizar el agua, ligada al desarrollo de la vida en el medio terrestre.

- Todos los artrópodos macrófagos tienen digestión en el estómago.
- Disponen de numerosas piezas bucales para masticar y triturar.
- Tienen absorción intestinal de nutrientes y, en su parte terminal, reabsorción de agua y formación de excrementos.

Los arácnidos son especiales, ya que no mastican y segregan enzimas digestivas sobre la presa. La digestión es parcialmente externa; luego absorben los líquidos resultantes de esta digestión previa.

### **Vertebrados**

Los distintos grupos presentan una estructura del aparato digestivo muy similar. Las diferencias fundamentales se encuentran en las características de la boca, las glándulas anexas y el intestino grueso.

En las aves, el tipo de alimentación es muy variado. Existen especies frugívoras, granívoras y la mayoría, además, completa su dieta con la caza de insectos, larvas y otros invertebrados según la estación del año y la abundancia de alimentos.

Por este motivo, su proceso digestivo es laborioso, lo cual se pone de manifiesto en las características anatómicas de su aparato digestiva.

- El tubo digestivo es largo y en él distinguimos:
  - Buche, para el reblandecimiento de granos y semillas.
  - Estómago secretor de enzimas digestivos.
  - Estómago muscular o molleja, para la digestión mecánica o trituración de los alimentos.
- Aparece la vesícula biliar, para la acumulación de jugos procedentes del hígado y la regulación de su secreción.

En los mamíferos, el aparato digestivo alcanza la máxima complejidad.

En general el tubo digestivo presenta:

- La boca con labios para succionar y mamar. Está separada de las fosas nasales por el paladar, lo que les permite respirar y masticar al mismo tiempo.
- La lengua es muy móvil y facilita la deglución del bolo alimenticio insalivado.
- El número de piezas dentarias, su forma e implantación en los maxilares dependen del tipo de alimentación.

- El cardias y el píloro son válvulas situadas a la entrada y la salida del estómago, respectivamente, e impiden que el bolo retroceda.
- La forma y el tamaño del estómago dependen del tipo de alimentación. La máxima especialización se encuentra en los rumiantes, que se han adaptado a la digestión de la celulosa.
- En el intestino delgado se diferencian: duodeno, yeyuno e íleon, cuya parte terminal desemboca en el ciego del intestino grueso.

Sobre estas características generales, se presentan adaptaciones, debidas a las diferencias entre nutrición herbívora o carnívora.

Los mamíferos no segregan enzimas para digerir la celulosa, pero pueden utilizarla si se encuentra en su intestino un tipo de bacterias simbiontes que la degradan por fermentación. En función de su capacidad para utilizar la celulosa, distinguimos tres tipos de mamíferos:

- Los carnívoros, como el perro, y los omnívoros, como el ser humano, no digieren la celulosa, debido al reducido tamaño del ciego y el colon, órganos en los que se encuentran las bacterias que degradan estas sustancias.
- Los herbívoros no rumiantes, como el caballo, aprovechan solo una parte de la celulosa que ingieren, ya que aunque el ciego y el colon están bastante desarrollados, el tiempo de permanencia del bolo alimenticio en ellos es relativamente corto.
- Los herbívoros rumiantes, como la vaca, tienen una parte de su estómago, denominada panza, especializada en alojar a las bacterias que degradan la celulosa. En ella se hace la digestión e, incluso, se inicia la absorción, y continúa en el resto del tubo digestivo.

En los dibujos podemos observar algunas características morfológicas determinadas por el tipo de alimentación:

- El tubo digestivo es corto en los carnívoros y largo en los herbívoros rumiantes. Así, se facilita en estos últimos la digestión total de la celulosa y su absorción.
- Los herbívoros no rumiantes tienen el ciego muy desarrollado, mientras que en los rumiantes está muy reducido, ya que la digestión de la celulosa se ha completado prácticamente en su estómago.
- El hígado es de tamaño reducido en herbívoros y muy desarrollado en carnívoros, pues estos últimos ingieren muchas proteínas que requieren, para su digestión, enzimas específicas.

### **11.3.2. Sistema respiratorio**

También en este caso distinguimos:

- Una respiración interna que tiene lugar en el interior de las células y que se produce según la reacción química vista anteriormente.
- Una respiración externa o ventilación que se produce entre los individuos y su medioambiente.

Las características de la respiración de los animales dependen de la estructura del cuerpo y de su medioambiente.

- La respiración directa: Es aquella en la que no existen estructuras especializadas para la respiración: el oxígeno del agua pasa por difusión al interior de todas las células. Estas, a su vez, liberan el CO<sub>2</sub> por difusión al agua. Se presenta, por tanto, en organismos acuáticos sencillos, como los poríferos, los celenterados, los platelmintos y los nemátodos.

- La respiración indirecta: Es aquella que requiere la presencia de un órgano respiratorio, capaz de realizar el intercambio gaseoso. Este órgano respiratorio se caracteriza por presentar un epitelio delgado y muy vascularizado (con muchos vasos sanguíneos). Destaca también la presencia de líquidos y pigmentos que circulan por el organismo para hacer más efectivo el transporte de gases. Es propia del resto de invertebrados y de todos los vertebrados.

Aunque forman parte del sistema circulatorio, que se trata a fondo en la segunda parte de esta unidad, en la descripción de los mecanismos respiratorios se explican, muy a menudo, las características del líquido circulante así como de los pigmentos respiratorios, debido a la íntima relación que existe entre respiración externa, o ventilación, y circulación, o transporte.

Los órganos especializados en la respiración externa dependen sobre todo de las características del medio con el cual se deben realizar los intercambios. En la atmósfera, la concentración de oxígeno es de unos 210 ml de oxígeno por litro de aire. En el agua esta concentración es muy inferior: entre 5 y 8 ml de oxígeno por litro.

- En los animales que toman el oxígeno del aire, la velocidad de difusión de los gases a través de las membranas respiratorias es muy elevada. Sin embargo, se ven amenazados por el peligro de desecación, que evitan encerrando las membranas en cavidades especiales y dotándolas de mecanismos que las mantengan húmedas.

- En el medio acuático, los animales fuerzan el movimiento del agua en torno a las branquias, para mejorar así la velocidad de difusión, que de otro modo sería muy baja o incluso inexistente. Por otro lado, no corren el peligro de desecación que mencionábamos para los animales terrestres.

Vamos a conocer los cuatro tipos de respiración indirecta: cutánea, traqueal, branquial y pulmonar.

## **Respiración cutánea**

- Propia de animales que habitan ambientes terrestres y húmedos.
- El oxígeno y el dióxido de carbono se difunden a través de la piel.

Ambos gases son transportados por pigmentos respiratorios.

## **Respiración traqueal**

- Es propia de los artrópodos.
- Las tráqueas son una red de tubos que recorren el cuerpo del animal y que comunican con el exterior a través de un espiráculo.
- Las tráqueas, que están impermeabilizadas para evitar la pérdida de agua, se dividen en traqueolas.
- Las traqueolas llegan a todas las células del cuerpo, por lo que no es necesario un sistema de transporte de gases ni pigmentos respiratorios.

## **Respiración branquial**

- Se presenta en animales acuáticos, pero también en algunos terrestres.
- Las branquias están formadas por membranas especializadas en captar el O<sub>2</sub> disuelto en el agua.
- Existen dos tipos de branquias, las internas, presentes en larvas de anfibios, y las externas, en peces y artrópodos.
- El oxígeno captado es transferido al líquido circulante; el CO<sub>2</sub> sale de las células y es transportado también por ese líquido.
- Ambos gases viajan unidos a pigmentos o proteínas transportadoras hasta su destino.

## **Respiración pulmonar**

- Es propia de los animales terrestres.
- Los pulmones son bolsas membranosas situadas en el interior del cuerpo en las que tiene lugar el intercambio de gases.
- Suele haber un par de pulmones, aunque existen ejemplos, como las serpientes que presentan uno solo.
- El oxígeno se transfiere desde los pulmones al líquido circulante; el dióxido de carbono realiza el paso inverso.

- Existen pigmentos especializados en el transporte de ambos gases.

## Invertebrados

Los anélidos son un grupo variado en el que encontramos representantes acuáticos y terrestres:

- Los terrestres viven en ambientes muy húmedos y tienen respiración cutánea, es el caso de la lombriz de tierra.
- Los acuáticos tienen respiración branquial, como es el caso de la sanguijuela.

Los pigmentos respiratorios pueden ser la hemoglobina, de color rojo; la hemeritrina, de color rosado; la clorocruorina, de color verde. Estos confieren un color específico al líquido circulante.

En los moluscos, los órganos respiratorios se encuentran en el interior de la cavidad paleal y reciben el nombre de ctenidio, por tener un aspecto plumoso que sirve para incrementar la superficie de intercambio de gases. En los moluscos acuáticos se corresponde con las branquias, y en los terrestres con una cámara de función similar al pulmón, ya que está rodeada de vasos sanguíneos que favorecen el intercambio gaseoso.

Para aumentar la eficacia del intercambio de gases en las branquias, en los moluscos acuáticos el líquido circulante se desplaza en sentido contrario al flujo del agua. En los cefalópodos, este intercambio también se ve favorecido por la circulación del agua provocada por los movimientos de propulsión del cuerpo.

El pigmento respiratorio de los moluscos es la hemocianina, que tiene una tonalidad azulada.

En el caso de los artrópodos encontramos especies:

- **Acuáticas:** Respiran por branquias situadas en la base de sus apéndices. El movimiento de estos asegura una mayor circulación del agua por cada branquia. El pigmento respiratorio es la hemocianina. La mayoría de los crustáceos respira de este modo.
- **Terrestres:** Desarrollan un sistema respiratorio específico, las tráqueas. Este mecanismo respiratorio es característico de los insectos y los arácnidos. Distinguimos dos tipos de tráqueas: las filotráqueas y las dendrotráqueas.

Las filotráqueas son unas invaginaciones globosas que se encuentran en el interior del cuerpo y tienen la pared interna recubierta de láminas donde se intercambian los gases. Al líquido circulante lo denominamos hemolinfa y el pigmento es la hemocianina. Este tipo de respiración es característico de los arácnidos.

Las dendrotráqueas son invaginaciones en forma de tubos reforzados por quitina. Se abren al exterior por los espiráculos y se ramifican por el interior del cuerpo. En este caso,

el transporte de gases por el cuerpo no requiere de la ayuda de la hemolinfa. Se presentan en los insectos.

## Vertebrados

Atendiendo a la respiración, existen dos grandes grupos de vertebrados: los peces, que están adaptados a la vida acuática, y los vertebrados tetrápodos (llamados así porque presentan cuatro extremidades), que están adaptados a la vida terrestre. En este último grupo, incluimos a los mamíferos que conquistaron el medio acuático después de su adaptación al medio terrestre, como es el caso de las ballenas, las orcas y los delfines.

Todos los vertebrados se caracterizan por:

- La presencia de un pigmento transportador denominado hemoglobina, que se encuentra en el interior de células especializadas llamadas glóbulos rojos.
- La existencia de un líquido circulante, llamado sangre.

Los peces respiran por branquias.

- Están formadas por una doble lámina, sostenida por un arco branquial. Cada lámina está integrada por una hilera de filamentos muy vascularizados.
- Las branquias presentan una elevada eficacia, ya que captan el 80% del oxígeno disuelto en el agua.

En los peces cartilaginosos o condriktios el agua entra por el espiráculo (que en el tiburón es lateral) y se dirige a las hendiduras branquiales, por donde sale.

Estos peces no pueden impulsar el agua desde el espiráculo a las hendiduras branquiales; el propio movimiento del pez es el que permite la circulación del agua.

En los peces óseos u osteíctios existen normalmente cuatro pares de branquias repartidos a ambos lados de la cabeza y cubiertos por un opérculo.

- En la inspiración, el pez abre la boca, el agua entra en la cavidad bucofaríngea y queda retenida en la cavidad branquial porque el opérculo la cierra.
- En la espiración, el pez cierra la boca, se contraen las paredes de la cavidad bucofaríngea y se levanta el opérculo, por donde sale el agua.

Los vertebrados tetrápodos (anfibios, reptiles, aves y mamíferos) tienen respiración pulmonar, con un aparato respiratorio en el que podemos observar órganos comunes a todos los grupos. En los anfibios, podemos comprobar claramente que el tipo de respiración de un animal es el que mejor se adapta al medio en que vive. El proceso es el siguiente:

- El aire entra por las fosas nasales, que se abren a la cavidad bucal.

- Los movimientos de deglución (hundimiento y elevación del suelo de la boca) favorecen el paso de aire desde la boca a la faringe y a los pulmones.
- Existen otras dos zonas de intercambio de gases: el interior de la boca y la faringe, que están muy vascularizadas, y la piel desnuda, vascularizada y siempre húmeda.

Todos los reptiles tienen los órganos respiratorios adaptados a la vida terrestre.

- La respiración es pulmonar, ya que tienen una piel impermeable que impide cualquier intercambio de gases. Los pulmones captan el oxígeno necesario para la actividad de estos animales. El desprendimiento de dióxido de carbono es bajo y poco eficiente, con lo cual soportan un alto contenido de este gas en los tejidos y en la sangre.
- Aparece un paladar no óseo que permite separar la cavidad bucal de las vías respiratorias; pueden masticar y respirar al mismo tiempo.
- En algunas especies, la laringe puede producir sonidos. Un ejemplo de ello son los silbidos que emiten los ofidios o serpientes.

Las aves exigen una gran eficacia respiratoria, puesto que el vuelo supone un gran trabajo muscular, y el proceso de obtención de la energía para desarrollarlo necesita un gran aporte de oxígeno.

Sin embargo, su morfología aerodinámica no puede dar cabida a grandes pulmones. Por ello, además de las estructuras comunes a todos los vertebrados tetrápodos, presentan algunas adaptaciones a su modo de vida.

- Presentan sacos aéreos membranosos en conexión con los pulmones y los huesos neumatizados, huesos especializados en los que la médula ha sido reemplazada por aire, para aligerar el peso del animal.

Los sacos aéreos contribuyen a aligerar el peso del animal y completan la función pulmonar como reserva de aire. Sin sobrecargar el peso, dedican una parte importante del volumen de su cuerpo al aparato respiratorio.

- En la zona de unión entre la tráquea y los bronquios, la inmensa mayoría de las aves presenta la siringe, órgano fonador que les permite el canto.

Los mamíferos presentan un aparato respiratorio similar al de todos los vertebrados tetrápodos, pero con algunas adquisiciones bastante ventajosas:

- El gran desarrollo pulmonar, con numerosas ramificaciones en los bronquiolos y, por tanto, gran número de alveolos. Esto supone una gran superficie para el intercambio de gases.
- La formación de dos pleuras o membranas protectoras que recubren los pulmones y la pared interna de la caja torácica. Entre ellas se encuentra el líquido pleural con función

lubricante. El conjunto protege y facilita el desplazamiento de los pulmones al compás del movimiento de la caja torácica.

- La formación del diafragma, un músculo esencial en los movimientos ventilatorios, que aísla los pulmones de todas las vísceras de la cavidad abdominal.
- La aparición de paladar óseo.

### **11.3.3. Sistema circulatorio**

En los animales, la presencia del medio interno surge como una necesidad para mantener un ambiente para las células con unas características constantes. Como sabemos, los dos componentes del medio interno son:

- El líquido intersticial donde viven inmersas todas las células.
- El líquido circulante que se desplaza por el organismo como vehículo de transporte.

Al mismo tiempo que aumenta la complejidad de la organización celular y el tamaño en los distintos grupos de animales, se plantea la necesidad de vasos conductores para el transporte del líquido circulante, así como un órgano impulsor que lo bombee. Por ello, presentan un aparato circulatorio con las siguientes funciones:

1. La sangre recoge los nutrientes y los pone al alcance de las células.
2. La sangre facilita el O<sub>2</sub> a las células y recoge el CO<sub>2</sub> procedente de la respiración.
3. La sangre recoge los residuos metabólicos.
4. La sangre transporta hormonas, anticuerpos y células fagocitarias (leucocitos).
5. En animales homeotermos, la sangre colabora en la regulación de la temperatura.

#### **Invertebrados**

Los invertebrados pueden presentar dos tipos de circulación: abierta, si, en un momento de su recorrido, el líquido circulante sale de los vasos que lo conducen y se extiende por los tejidos; cerrada, cuando el líquido circulante siempre se desplaza contenido en los vasos.

En algunos grupos, no existe un líquido circulante claramente diferenciado; es el caso de las esponjas y los equinodermos.

Las esponjas tienen como líquido circulante agua exterior que ponen en movimiento por el interior del cuerpo.

- El animal succiona el agua que penetra por los poros inhalantes y la impulsa hacia numerosos conductos y cavidades.

- Las células que revisten los conductos y cavidades captan el O<sub>2</sub> y los nutrientes disueltos en el agua, y expulsan a ella el CO<sub>2</sub> y los metabolitos residuales.
- Finalmente, el agua sale por el ósculo u orificio principal.

En el sistema circulatorio de los anélidos, al líquido circulante lo denominamos hemolinfa y toma el color del pigmento respiratorio disuelto según las especies: hemoglobina (roja), hemeritrina (rosa) o clorocruorina (verde).

La circulación es cerrada, ya que la hemolinfa discurre siempre por el interior de un sistema de vasos conductores.

— Un gran vaso dorsal reparte la sangre desde atrás hacia delante, gracias a la contracción de sus paredes musculosas. A partir de él, surgen ramificaciones hacia todos los órganos del cuerpo.

— De los órganos, salen pequeños vasos que se reagrupan hasta reunirse ventralmente y formar vasos de mayor calibre.

Los moluscos pueden presentar un sistema circulatorio abierto (gasterópodos y bivalvos) o cerrado (cefalópodos). La hemolinfa suele presentar como pigmento respiratorio la hemocianina, que le da color azul.

En los artrópodos, el líquido circulante es la hemolinfa y los pigmentos suelen ser hemoglobinas (rojas) y hemocianinas (azules).

La circulación es abierta.

— Un gran vaso dorsal, formado por diversas cavidades separadas por válvulas, impulsa la hemolinfa de modo similar a un corazón.

— Cuando las cavidades del vaso se contraen, el líquido es repartido por las arterias hasta las lagunas hemocélicas, lugares donde se acumula la hemolinfa. Desde ellas, la hemolinfa baña directamente los órganos.

— Cuando las cavidades del vaso se relajan, la hemolinfa penetra en ellas.

Las especies que respiran por filotráqueas tienen un sistema de circulación más reducido que las que respiran por dendrotráqueas o branquias. Ello se debe a que las primeras son muy eficientes en la distribución de los gases respiratorios y el sistema circulatorio solo se precisa para el transporte de las sustancias resultantes de la digestión de los alimentos.

## Vertebrados

En todos los vertebrados, el sistema de circulación es cerrado.

• La sangre es el líquido circulante; el pigmento respiratorio es la hemoglobina. Esta es de color rojo y está contenida en los hematíes o glóbulos rojos. Otros elementos celulares

sanguíneos son los leucocitos, con función defensiva, y fragmentos celulares denominados plaquetas, que intervienen en los procesos de coagulación.

El plasma es el líquido en el que se encuentran inmersos todos los componentes de la sangre.

- El aparato circulatorio consta de un corazón y un conjunto extenso de vasos sanguíneos.

- El corazón es el órgano impulsor de la sangre; presenta unas cavidades, aurículas y ventrículos, que se contraen y relajan rítmicamente.

- Los vasos sanguíneos reciben el nombre de venas cuando ellos, o sus prolongaciones, devuelven la sangre al corazón, independientemente de la cantidad de oxígeno que contiene esta sangre.

- Las arterias son los vasos que salen del corazón para distribuir la sangre por el cuerpo a través de sus ramificaciones, independientemente de la cantidad de oxígeno contenida en dicha sangre. Arterias y venas tienen una membrana interna de recubrimiento o endotelio, una capa media muscular y una capa externa fibrosa.

- Conectando las arterias y las venas, existe una red de vasos de diámetro pequeño. Son los capilares, formados por una capa interna o endotelio y una capa externa de tejido conjuntivo o membrana basal. Las arterias, que reciben de lleno el empuje y la presión de la sangre bombeada por los ventrículos, tienen una musculatura potente y sus paredes son muy elásticas. Las venas tienen las paredes más flácidas y las de calibre medio poseen válvulas, para impedir el retroceso de la sangre.

- Como sistema circulatorio auxiliar se encuentra el sistema linfático. Por él, mediante un conjunto de ganglios y vasos distintos de los sanguíneos, circula la linfa, un líquido que procede del drenaje del líquido intersticial y contiene las células que participan en la respuesta inmunitaria.

En los vertebrados, la circulación puede ser:

- Simple: Existe un solo circuito por el que se mueve la sangre para recorrer todo el cuerpo, la sangre pasa una sola vez por el corazón.

- Doble: Hay dos circuitos diferenciados y la sangre debe pasar dos veces por el corazón para completar su recorrido por el cuerpo.

- Incompleta: Se produce una mezcla de sangre rica en oxígeno y sangre pobre en este gas.

- Completa: No hay mezcla de los dos tipos de sangre.

Los peces tienen un corazón, con una aurícula y un ventrículo, situado en posición ventral y muy cerca de las branquias.

- Del corazón sale la arteria aorta ventral, que se ramifica en arterias branquiales.
- Estas arterias penetran en las branquias, donde la hemoglobina se carga de O<sub>2</sub>. La sangre sale por la aorta dorsal, que reparte la sangre oxigenada y los nutrientes por el cuerpo a través de los capilares.
- La sangre empobrecida en O<sub>2</sub> y nutrientes es recogida por las venas y transportada a la aurícula del corazón.

En los peces, la sangre recorre todo el cuerpo, pasando una sola vez por las cavidades cardíacas y nunca se mezcla sangre rica en O<sub>2</sub> con sangre pobre en dicho gas.

Por tanto, la circulación de los peces es simple y completa.

Todos los vertebrados tetrápodos tienen un sistema de circulación doble, ya que se distingue un circuito menor y un circuito mayor.

- El circuito menor conecta el aparato circulatorio con el aparato respiratorio haciendo posible el intercambio de gases.
  - La sangre sale del ventrículo y, mediante las arterias pulmonares, llega a los pulmones para cargarse de O<sub>2</sub>.
  - Luego regresa a la aurícula izquierda del corazón mediante las venas pulmonares.
- El circuito mayor distribuye la sangre por todo el cuerpo y, una vez realizado todo el recorrido, la devuelve al corazón.
  - La sangre enriquecida en oxígeno parte del ventrículo, a través de la arteria aorta, y recorre todos los órganos del cuerpo mediante la red de capilares arteriales.
  - Los capilares venosos se encuentran a la salida de los órganos y se agrupan formando vasos de mayor calibre: las venas. Estas desembocan en las grandes venas cava, que entran en la aurícula derecha.

Al analizar los distintos grupos de vertebrados tetrápodos, observamos las siguientes características:

En anfibios adultos, el corazón presenta dos aurículas, que no se contraen al mismo tiempo, y un solo ventrículo.

La circulación en los anfibios es doble e incompleta.

En los reptiles, el corazón presenta dos aurículas y un ventrículo.

Esta cavidad ventricular se encuentra parcialmente tabicada; por lo cual, la mezcla de sangre rica en O<sub>2</sub> procedente de la aurícula izquierda y sangre pobre en O<sub>2</sub> que llega por la aurícula derecha, es mínima.

Debido a ello, la circulación es doble y casi completa en reptiles y totalmente completa en los cocodrilos.

Las aves y los mamíferos tienen el corazón dividido en dos aurículas y dos ventrículos totalmente independientes. Entre las aurículas y los ventrículos existen válvulas que impiden que la sangre retroceda por el interior del corazón. Su circulación es doble y completa.

#### **11.3.4. Sistema nervioso**

El sistema nervioso adquiere una mayor complejidad a medida que se avanza en la escala evolutiva. A continuación se resume las características del sistema nervioso de algunos grupos de invertebrados

Sin sistema nervioso: Los poríferos solo poseen células nerviosas dispersas.

Redes nerviosas: En los cnidarios las neuronas están dispersas pero conectadas formando una red nerviosa. Los impulsos nerviosos viajan así en todas direcciones.

Anillos nerviosos: Propios de los equinodermos. El sistema nervioso está formado por una serie de anillos nerviosos de los que parten los nervios radiales.

Sistemas nerviosos bilaterales:

Los animales con simetría bilateral tienen un mayor número de células nerviosas que se suelen concentrar:

- En un extremo del animal, normalmente en posición ventral y frontal.
- Formando cordones que se pueden transformar en ganglios, nervios o centros nerviosos.

Anélidos: Las neuronas se agrupan en ganglios, que se distinguen en cada segmento del cuerpo. Existe un cerebro que centraliza toda la información.

Artrópodos: Los ganglios se fusionan en la región frontal formando un cerebro.

Moluscos: De este grupo, los bivalvos y gasterópodos poseen un centro nervioso en forma de anillo ganglionar mientras que los cefalópodos poseen un cerebro.

#### **Vertebrados**

En los vertebrados, el sistema nervioso alcanza un mayor desarrollo.

En él distinguimos las siguientes estructuras:

- **Centros nerviosos**, formados por el encéfalo y la médula espinal.

Reciben la información sensorial, la procesan y emiten respuestas.

- **Ganglios nerviosos**, formados por la agrupación de cuerpos neuronales. Se encuentran en el trayecto de algunos nervios.

- **Fibras nerviosas**, que son los axones de las neuronas, a través de los que se transmiten los estímulos o las respuestas a estos.

- **Nervios**, formados por la unión de fibras nerviosas.

Estas estructuras se organizan formando el sistema nervioso central y el sistema nervioso periférico.

### **El sistema nervioso central**

Está formado por un gran número de neuronas agrupadas y conectadas entre sí. Los cuerpos de las neuronas tienen color grisáceo, mientras que las fibras cubiertas de mielina son blancas, debido al color de las células de Schwann. Por ello, a las zonas del sistema nervioso con acúmulo de cuerpos neuronales las denominamos sustancia gris, y a las zonas donde se encuentran haces de axones con sus respectivas vainas las llamamos sustancia blanca. El sistema nervioso central está constituido por el encéfalo y la médula espinal.

- El encéfalo: Controla toda la actividad del organismo, en respuesta a las percepciones del medio. Se encuentra protegido por los huesos del cráneo, y consta de cerebro, cerebelo y tronco encefálico.

—El cerebro: Es el centro donde se integra y analiza la información que proviene de los receptores sensoriales, y se procesa la respuesta a esta información en forma de movimientos del cuerpo o secreción de glándulas. La sustancia gris se sitúa en la parte exterior formando la corteza cerebral, y la blanca en la parte interior. A lo largo de la escala evolutiva, se presenta un desarrollo gradual del cerebro, ligado al perfeccionamiento de sus funciones. En el ser humano se desarrolla la capacidad de razonar y elaborar un lenguaje para comunicarse.

—El cerebelo: Coordina los movimientos que permiten el mantenimiento del equilibrio del cuerpo. La distribución de la sustancia gris y la blanca es igual que en el cerebro.

—El tronco encefálico: Controla el latido cardíaco y la respiración. La sustancia gris está en el interior y la blanca en el exterior.

- La médula espinal: Es la vía de conexión entre el encéfalo y el resto del cuerpo y se localiza en el interior de la columna vertebral. A veces actúa como un centro emisor de respuestas elaborando actos reflejos.

Está constituida por un cilindro delgado, en cuya parte central se localizan los cuerpos de las neuronas; en la parte externa están los axones. Por este motivo, tiene color gris en su interior y blanco en el exterior. Los axones forman largos nervios sensitivos, que ascienden hasta el cerebro, y motores, que se dirigen a distintas partes del cuerpo.

### **El sistema nervioso periférico**

Está constituido por nervios, que pueden ser de dos tipos:

- **Nervios sensitivos:** Recogen los estímulos captados por los órganos de los sentidos y los canalizan hacia el sistema nervioso central mediante impulsos nerviosos. Reciben el nombre de fibras aferentes.
- **Nervios motores:** Proceden del sistema nervioso central y trasmitten los impulsos nerviosos hacia los órganos que elaborarán la respuesta (músculos o glándulas). Los denominamos fibras eferentes. Los nervios que salen del encéfalo son los nervios craneales, mientras que los que parten de la médula espinal los llamamos nervios espinales.

### **11.3.5. Sistema osteoartromuscular**

El movimiento en los animales es posible gracias a la transmisión nerviosa y a la existencia de un aparato locomotor. Está compuesto por:

- **Sistema muscular**, formado por los músculos. Es el responsable de los movimientos, debido a las contracciones de los músculos.
- **Sistema esquelético**, que actúa como soporte y anclaje de la musculatura, y como protección de las partes delicadas. Está constituido por estructuras sólidas (huesos, placas...) que se mueven por efecto de la contracción y la relajación de los músculos, que tiran de ellas. Según los grupos de animales, puede ser:
  - Exoesqueleto**, o esqueleto externo. Lo presentan los invertebrados, y está formado por placas o piezas duras de sales de calcio o quitina.
  - Endoesqueleto**, o esqueleto interno. Lo presentan algunos invertebrados, como los poríferos y los equinodermos, y todos los vertebrados. Está formado por espículas (estructuras con forma de aguja) de sílice o huesos de sales de calcio.

El exoesqueleto confiere mayor protección al organismo que el interno, aunque el endoesqueleto es más ligero y permite mayor movilidad.

### **El aparato locomotor en los invertebrados**

En los diferentes grupos de invertebrados existen distintas adaptaciones que afectan al aparato locomotor. En los poríferos, que tienen la organización más sencilla, el esqueleto

es interno y está compuesto por fibras de proteína y espículas de sílice o de calcio. Los cnidarios que presentan formas coloniales, como los corales, poseen un exoesqueleto formado por placas calcáreas; mientras que las medusas no poseen estructuras duras y se impulsan con contracciones de su cuerpo.

### **El aparato locomotor en los vertebrados**

El aparato locomotor está constituido por un conjunto de músculos estriados y un esqueleto interno que funcionan de forma coordinada.

- **Los músculos esqueléticos:** Están formados por tejido muscular y constituyen husos de fibras insertados a los huesos mediante tendones de tejido conjuntivo.

- **El esqueleto interno:** En las primeras fases del desarrollo de los vertebrados está formado por tejido cartilaginoso. En la mayoría de los casos, el cartílago se va osificando durante el crecimiento del individuo, debido a la incorporación de sales de calcio y fósforo, que van formando el tejido óseo, propio del adulto.

La unión entre dos huesos recibe el nombre de articulación. La superficie de contacto entre los dos huesos está recubierta por cartílago, y su función es evitar el roce y el desgaste óseo en los movimientos. El movimiento se consigue mediante un sistema de palancas.

Los elementos de una palanca son:

- Punto de apoyo (A).
- Fuerza motriz (F). Es la fuerza que hace posible el movimiento.
- Fuerza de resistencia (R). Es la que hay que vencer para ejecutar el movimiento.

Flexión del antebrazo:

- El punto de apoyo (A) lo constituye la articulación del codo.
- La fuerza motriz (F) es producida por el músculo bíceps en el punto de inserción del antebrazo.
- La fuerza de resistencia (R) es el peso del antebrazo.

Las partes del esqueleto comunes a la mayoría de los vertebrados son:

- La columna vertebral: Es el eje del esqueleto y está formada por vértebras, pequeñas piezas de tejido óseo y cartilaginoso, con un orificio central por el que pasa la médula espinal. Algunas vértebras se articulan con las costillas.
- El cráneo: Constituido por una serie de huesos que protegen el encéfalo.
- Las cinturas: Son arcos óseos que permiten la articulación de las extremidades con la columna vertebral. La cintura escapular articula las extremidades anteriores; la cintura pélvica articula las extremidades posteriores.

- En la mayoría de los casos distinguimos las extremidades, que son cuatro apéndices articulados, unidos a las cinturas escapular y pélvica. Se utilizan para el desplazamiento, y presentan distintas modificaciones, en función de la adaptación al medio más apropiada; algunas especies de reptiles carecen de extremidades y se desplazan por reptación.

La musculatura es similar en todos los grupos, y está organizada para posibilitar el movimiento mediante el sistema de palancas. A pesar de que en todos los grupos distinguimos una estructura básica común, las adaptaciones a la vida en diferentes medios se han visto favorecidas por modificaciones en la estructura del esqueleto.

- Los peces presentan un esqueleto cartilaginoso u óseo, con expansiones membranosas que constituyen las aletas. Se desplazan mediante movimientos ondulatorios laterales de la musculatura y la propulsión de las aletas.
- En el grupo de los anfibios el esqueleto es siempre óseo, y aparecen las cuatro extremidades, necesarias para el desplazamiento en el suelo. Ya presentan un cuello formado por una sola vértebra.

El desplazamiento se realiza en el agua, nadando, y en el medio terrestre, mediante saltos.

- Los reptiles tienen un esqueleto óseo resistente, con costillas que se cierran por delante en el esternón, y cuello con varias vértebras.

Se desplazan por el medio terrestre o acuático; los reptiles sin patas se impulsan mediante la reptación, producida por movimientos ondulatorios laterales de su musculatura.

- Las aves presentan un esqueleto adaptado al vuelo, con extremidades anteriores modificadas en forma de alas. Es un esqueleto ligero debido a que posee huesos huecos, cráneo reducido y a la ausencia de dientes.

- En los mamíferos, el esqueleto está provisto de columna vertebral que permite un movimiento de flexión hacia delante y hacia atrás. Las cinturas y las articulaciones están bien desarrolladas.

El desplazamiento es ágil y rápido, para lo cual disponen de una potente musculatura y distintas adaptaciones a la locomoción. Así, los gatos caminan sobre pezuñas o los gatos se desplazan sobre las puntas de los dedos, para conseguir mayor velocidad.

El esqueleto de los mamíferos marinos está adaptado al medio acuático, especialmente el de los cetáceos, como la ballena, el delfín, la orca... que tienen una apariencia externa muy parecida a la de los peces, aunque el funcionamiento de su organismo es el propio de los mamíferos.

El desplazamiento en el medio aéreo es poco común en los mamíferos, a excepción de los murciélagos, cuyas extremidades anteriores presentan un alargamiento de los dedos entre los que se encuentra un recubrimiento membranoso que les permite el vuelo.

Los primates, grupo que incluye al ser humano, tienen como característica más relevante la capacidad de manipular objetos, gracias a que su pulgar puede oponerse al resto de los dedos de la mano.

En el ser humano, el cráneo ha experimentado un aumento de tamaño, sobre todo de la zona frontal, donde se localizan las áreas de asociación de la corteza cerebral. La locomoción se caracteriza por la posición bípeda, es decir, sobre dos piernas, hecho que ha provocado un desarrollo de la cintura pélvica, para poder soportar el peso de las vísceras del abdomen y del feto, en el caso de las mujeres embarazadas.

### El sistema endocrino

#### Invertebrados

A partir de los cnidarios, todos los grupos de invertebrados poseen un sistema endocrino, ya bien desarrollado en los artrópodos, que poseen células nerviosas neurosecretoras y glándulas endocrinas, cuyas secreciones actúan sobre distintos órganos, regulando el desarrollo. Los artrópodos han sido muy estudiados, debido al interés que despiertan las fases de su desarrollo y el comportamiento en los insectos sociales. Las células nerviosas neurosecretoras se encuentran en los ganglios cerebrales o en puntos concretos de los ganglios ventrales, y regulan procesos fisiológicos, tales como:

- El crecimiento y la muda del exoesqueleto. La muda hace posible el crecimiento del animal porque provoca la renovación de las piezas del exoesqueleto, de forma que se desprenden las viejas y crecen otras nuevas, a medida que el tamaño del animal aumenta.
- La metamorfosis: Es un cambio que experimentan algunos animales durante su desarrollo, hasta alcanzar la edad adulta. Se manifiesta en la variación de la forma y las funciones de su organismo.
- La maduración del aparato reproductor y los cambios morfológicos sexuales.

En los insectos, las células neurosecretoras regulan el funcionamiento de diversas glándulas endocrinas, como:

- Los cuerpos alados, que sintetizan la hormona juvenil, responsable de mantener el aspecto de larva mientras dura esta fase del desarrollo.
- Las glándulas protorácticas, que sintetizan la hormona ecdisona, cuya función es favorecer el paso de larva a pupa cuando disminuye la concentración de la hormona juvenil y de pupa a adulto cuando desaparece la hormona juvenil.

La acción equilibrada de la hormona juvenil y la ecdisona regula el proceso complejo de metamorfosis en los insectos.

Es también muy importante la existencia de feromonas, moléculas orgánicas olorosas que se liberan al medio en forma de partículas volátiles. Las feromonas constituyen un método químico de comunicación entre individuos de la misma especie. El animal receptor de la feromona modifica su conducta en respuesta a este estímulo. Algunos insectos, como las mariposas, utilizan feromonas como atracción sexual. En insectos sociales, como las abejas, sirven para marcar rutas que deben seguir otros individuos para llegar a un campo de flores, mantener el grupo unido o advertir de un peligro.

## Vertebrados

En los vertebrados el sistema endocrino está bien desarrollado. El mecanismo de producción hormonal está jerarquizado y controlado por el sistema nervioso central. Las partes del encéfalo implicadas son el hipotálamo y la hipófisis.

- El hipotálamo: Es una agrupación de neuronas situada en la parte inferior del cerebro. Recibe informaciones del medio externo e interno, las procesa y emite respuestas en forma de neurohormonas, que se dirigen a la hipófisis.
- La hipófisis: Es una pequeña estructura glandular situada debajo del hipotálamo y dividida en dos lóbulos: hipófisis anterior e hipófisis posterior. Las secreciones enviadas por el hipotálamo activan la secreción de hormonas en la hipófisis, hormonas que actúan sobre otras glándulas y tejidos secretores.

De este modo, el sistema nervioso central regula el funcionamiento de todo el sistema endocrino.

La acción de las hormonas se regula a sí misma por un mecanismo denominado retroalimentación o feed-back. Está controlado por el hipotálamo y permite mantener unos niveles hormonales adecuados en la sangre mientras dura el estímulo que ha provocado la secreción.

El proceso es el siguiente:

—Cuando el estímulo es percibido por el sistema nervioso central, el hipotálamo libera neurohormonas (factores liberadores) que se dirigen a la hipófisis.

—En la hipófisis se activa la liberación de las hormonas trópicas, que por la sangre van a las glándulas.

—En las glándulas se activa la síntesis de hormonas específicas que, también vía sangre, llegan y actúan sobre los órganos diana.

—La presencia de las hormonas específicas en sangre hace que se inhiba la liberación de hormonas trópicas por parte de la hipófisis y de factores de liberación por parte del hipotálamo.

El mal funcionamiento del sistema endocrino puede dar lugar a un déficit o un exceso de una hormona. Esto provoca anomalías importantes en el organismo.

En el cuadro siguiente constan las principales glándulas endocrinas y los tejidos secretores de hormonas en peces, anfibios, reptiles y aves. Podemos observar un progresivo desarrollo del sistema endocrino, relacionado con la creciente complejidad de los procesos vitales de estos grupos.

Grupo taxonómico	Sistema endocrino
Peces	<p>El hipotálamo controla la acción de la hipófisis. Las neurohormonas segregadas por la hipófisis estimulan el desarrollo y funcionamiento de las gónadas: ovarios y testículos. Estas glándulas son responsables de:</p> <ul style="list-style-type: none"><li>• La formación de gametos: óvulos y espermatozoides.</li><li>• Los caracteres sexuales secundarios, que diferencian a los machos de las hembras.</li></ul>
Anfibios	<p>Además del hipotálamo, la hipófisis y las glándulas sexuales presentan:</p> <ul style="list-style-type: none"><li>• La glándula tiroideas, que segregá la hormona tiroidea. Esta regula el proceso de metamorfosis de la larva al individuo adulto.</li><li>• Las glándulas paratiroides, cuya hormona regula la concentración de calcio en la sangre.</li><li>• Glándulas suprarrenales, que producen adrenalina.</li></ul>
Reptiles	<p>Presentan las mismas glándulas que los anfibios, y también:</p> <ul style="list-style-type: none"><li>• Células pancreáticas productoras de insulina, que regula la entrada de glucosa en el citoplasma celular.</li></ul>
Aves	<p>La glándula pineal o epífisis detecta las horas diarias de luz solar (fotoperíodo) y envía la información al hipotálamo, el cual regula procesos como:</p> <ul style="list-style-type: none"><li>• La conducta reproductora ante el sexo opuesto.</li><li>• La muda, cambio parcial o completo del plumaje, que suele producirse después de la nidificación y antes de la migración.</li><li>• La migración, desplazamiento periódico de una población de aves en función de los cambios estacionales.</li></ul>



# 12. Anatomía y fisiología humana

## La respiración en el ser humano

El sistema respiratorio realiza dos funciones importantes:

- Incorporación de oxígeno al organismo
- Eliminación de dióxido de carbono

## Órganos y partes del sistema respiratorio

El sistema respiratorio está formado por las vías respiratorias y los pulmones.

• Las vías respiratorias son una serie de órganos en forma de tubo por los que circula el aire. En ellas distinguimos: las fosas nasales, la faringe, la laringe, la tráquea, los bronquios y los bronquiolos.

• Los pulmones son dos órganos esponjosos en forma de saco situados en el extremo inferior de cada uno de los bronquios, están formados por los bronquiolos y multitud de alveolos pulmonares, se hallan protegidos por las pleuras, dos membranas que evitan el rozamiento, y por la caja torácica (costillas y esternón).

Los pulmones se dilatan y se contraen acompasadamente gracias a sus propiedades elásticas y al movimiento de los músculos situados entre las costillas, los músculos intercostales, y el diafragma, un músculo localizado en la base de la caja torácica.

La entrada y la salida del aire en nuestro organismo se realizan gracias a dos tipos de movimiento: la inspiración y la espiración. La sucesión de ambos movimientos constituye el ritmo respiratorio.

La inspiración, o entrada de aire del exterior hacia los pulmones, es un mecanismo activo:

- El diafragma se contrae y desciende; los músculos intercostales también se contraen y elevan las costillas.
- Como consecuencia de la actividad muscular anterior, el volumen de la caja torácica aumenta y disminuye la presión del aire en su interior. La presión es ligeramente negativa respecto al aire exterior.

- El aire penetra como si fuese succionado desde el exterior hasta los alveolos pulmonares.

La espiración, o salida de aire alveolar hacia el exterior, es pasiva:

- El diafragma y los músculos intercostales se relajan. El primero asciende y las costillas se deprimen.
- Disminuye el volumen de la caja torácica, la presión del aire en su interior aumenta y se hace ligeramente superior a la del exterior.
- El aire se ve obligado a salir por las vías respiratorias.

### **12.0.1. Difusión de gases entre los alveolos y los capilares**

La composición del aire que se encuentra en los alveolos pulmonares no es igual a la del aire atmosférico, debido a que:

- El aire que penetra por las vías respiratorias se humedece y, por tanto, se enriquece con vapor de agua.
- Constantemente se absorbe oxígeno y se desprende dióxido de carbono.

La energía cinética de las moléculas de los gases hace que estas choquen contra las membranas de los compartimentos del cuerpo donde se encuentran encerradas. Los choques constituyen la presión parcial del gas.

Los gases atraviesan la membrana del alveolo y la pared de los capilares. El paso se hace por difusión simple y a favor del gradiente de presión de cada gas:

- La presión parcial de O<sub>2</sub> en el alveolo es de 100 mmHg, mientras que en la sangre, antes del intercambio, es de 40 mmHg; el gradiente de presión favorece el paso del oxígeno desde el alveolo hacia la sangre.
- La presión parcial de CO<sub>2</sub> en la sangre antes del intercambio es de 46 mmHg, mientras que en el alveolo es de 40 mmHg; el gradiente de presión favorece el paso de CO<sub>2</sub> desde la sangre al alveolo. Aunque el gradiente es pequeño, la solubilidad del CO<sub>2</sub> en los lípidos hace que su intercambio, que tiene lugar a través de las membranas de cada compartimento, sea muy eficaz.

### **12.0.2. Difusión de gases de los capilares sanguíneos a las células del cuerpo**

El proceso tiene lugar del mismo modo que el intercambio de gases en los alveolos pulmonares.

- La presión parcial de O<sub>2</sub> en la sangre es mayor que la del interior de las células; por ello, el oxígeno penetra hacia el citoplasma por difusión, a través de la membrana plasmática, y es utilizado para la respiración celular.
- La presión parcial de CO<sub>2</sub> en la sangre es menor que en el interior de la célula, a causa de la respiración mitocondrial. Por tanto, el CO<sub>2</sub> sale de la célula por difusión, y penetra en los capilares sanguíneos.

### **12.0.3. Transporte de gases por la sangre**

El plasma es el responsable mayoritario de transportar moléculas de CO<sub>2</sub> en forma de ácido carbónico. El plasma es el líquido en el que se encuentran los glóbulos rojos y el resto de los elementos celulares de la sangre. La mayoría del CO<sub>2</sub> producido en la respiración celular que difunde hacia los capilares y entra en los glóbulos rojos, donde se transforma en ácido carbónico. Tan solo un 20% del CO<sub>2</sub> se combina con la hemoglobina (carboxihemoglobina).

El CO<sub>2</sub> restante que penetra en los glóbulos rojos, pero que no se combina con la hemoglobina reacciona con el agua y forma ácido carbónico. Este se disocia, debido a su inestabilidad, en iones bicarbonato y iones hidrógeno que vuelven a salir hacia el plasma. Cuando la sangre llega a los capilares del alveolo, los iones bicarbonato vuelven a entrar hacia los glóbulos rojos, donde se combinan con iones de hidrógeno, y se generará de nuevo ácido carbónico. Ahora, el ácido carbónico se disocia en CO<sub>2</sub> y H<sub>2</sub>O. Por la diferencia de presiones, el CO<sub>2</sub> difunde hacia el alveolo para ser expulsado al exterior y el agua es eliminada en forma de vapor.

### **La salud del sistema respiratorio**

El sistema respiratorio es la puerta de entrada de muchos microorganismos, virus y otros agentes externos que pueden perjudicar nuestra salud. Para evitar algunas enfermedades respiratorias, debemos adoptar medidas preventivas, como:

- Inspirar siempre por la nariz, y no por la boca.
- Evitar los lugares con mucho humo, polvo o polen.
- No fumar.
- Ventilar diariamente las habitaciones.

Algunas enfermedades respiratorias son el asma bronquial, la bronquitis aguda y el enfisema.

### **Enfermedades respiratorias**

**Asma bronquial:** Es una obstrucción al paso del aire a través de los bronquios y bronquiolos, debido a la inflamación de la mucosa que recubre estas vías. Esta inflamación puede deberse a diversas causas: una reacción alérgica, una infección, etc. Los síntomas característicos de las crisis asmáticas son la presencia de silbidos durante la espiración y la sensación de ahogo. El tratamiento, en el caso que la crisis persista, consiste en la administración de medicamentos y evitar ambientes cargados de humo, polvo y polen.

## 12.1. El sistema circulatorio

Este sistema cumple tres funciones fundamentales:

- Reparto de nutrientes y oxígeno. Los nutrientes y el oxígeno obtenidos por el sistema digestivo y el respiratorio se reparten a todas las células del organismo.
- Recogida de las sustancias de desecho que producen las células, por ejemplo, el CO<sub>2</sub>, que son conducidas a los órganos encargados de eliminarlas.
- Transporte de hormonas y circulación de elementos celulares, etc. 2.1.

### 12.1.1. Órganos y partes del sistema circulatorio

El sistema circulatorio está formado por el corazón, los vasos sanguíneos y la sangre.

- El corazón es un órgano muscular del tamaño de un puño, situado en la parte izquierda del tórax, entre los dos pulmones.

El interior del corazón está dividido en cuatro cavidades: dos superiores o aurículas, y dos inferiores o ventrículos.

La aurícula izquierda y el ventrículo izquierdo se comunican entre sí por la válvula mitral. La aurícula derecha y el ventrículo derecho lo hacen mediante la válvula tricúspide.

No existe comunicación alguna entre las cavidades de la parte derecha del corazón y las de la parte izquierda.

El corazón está formado por tres capas de tejido: el pericardio, que tiene función protectora al ser la capa más externa; el miocardio, que es la capa de tejido muscular cardíaco responsable de los movimientos del corazón; y el endocardio, que es una capa de tejido epitelial que recubre el interior del corazón.

- Los vasos sanguíneos son los conductos por donde circula la sangre. Forman una extensa red de tubos de diámetro variable. Existen diversos tipos de vasos sanguíneos: las arterias, las arteriolas, los capilares, las vérulas y las venas.

Las arterias son los vasos que salen del corazón para distribuir la sangre por todo el cuerpo. Las venas son los vasos que retornan la sangre al corazón.

Ambos conductos están constituidos por tres capas de tejido: una capa interna de tejido epitelial, una capa media de tejido muscular y una capa externa de tejido conjuntivo. Las paredes de las arterias son muy elásticas para poder soportar la fuerza con la que el corazón impulsa la sangre, mientras que las paredes de las venas lo son menos.

Las arteriolas son ramificaciones de las arterias, y por ello su diámetro es inferior. Del mismo modo, las vénulas son ramificaciones de las venas. Los capilares son ramificaciones de arteriolas y vénulas, y sus paredes son muy finas, porque en ellos tiene lugar el intercambio de sustancias con las células.

- La sangre está formada por el plasma y los elementos celulares.

El plasma es un líquido, compuesto por agua y diversas sustancias, como proteínas, lípidos..., en el que se encuentran inmersos los elementos celulares.

Los elementos celulares son los eritrocitos, los leucocitos y los trombocitos.

### **12.1.2. Movimientos del corazón**

La sangre circula por todo el cuerpo impulsada por el corazón, gracias a los movimientos del miocardio. Estos movimientos son la sístole y la diástole.

La sístole es el movimiento de contracción del miocardio, tejido muscular; y la diástole es el movimiento de relajación.

El miocardio de las aurículas y los ventrículos no se contrae al mismo tiempo, sino que lo hace en dos etapas diferentes.

Las aurículas realizan un movimiento de diástole que permite que entre la sangre procedente de las venas cava y pulmonares. A su vez, los ventrículos hacen un movimiento de sístole que expulsa la sangre que contienen hacia las arterias pulmonar y aorta.

Las válvulas mitral y tricúspide están cerradas. De este modo, la sangre no puede retroceder.

A continuación, las aurículas hacen un movimiento de sístole, gracias al cual se contraen y la sangre que contienen pasa a los ventrículos. Simultáneamente, los ventrículos realizan un movimiento de diástole y se llenan de sangre procedente de las aurículas.

Las válvulas mitral y tricúspide están abiertas.

### **12.1.3. La circulación de la sangre**

Una vez que la sangre emprende su trayecto por el interior del sistema circulatorio, realiza dos recorridos diferentes conocidos como la circulación mayor y la circulación menor.

- En la circulación mayor, la sangre recorre los órganos de nuestro cuerpo distribuyendo nutrientes y oxígeno.

La sangre, cargada de oxígeno, pasa de la aurícula izquierda al ventrículo izquierdo y sale del corazón por la arteria aorta.

Las ramificaciones de la aorta permiten que la sangre llegue a los órganos.

Durante este recorrido, la sangre va cediendo los nutrientes y el oxígeno que transporta a las células y recoge el dióxido de carbono y otras sustancias de desecho que estas producen.

Este recorrido finaliza cuando la sangre regresa a la aurícula derecha del corazón a través de las venas cavas.

A continuación, comienza la circulación menor.

- En la circulación menor, también llamada pulmonar, la sangre va desde el corazón hacia los pulmones para ceder el dióxido de carbono y captar el oxígeno.

La sangre, cargada de dióxido de carbono, pasa de la aurícula derecha al ventrículo derecho y va de este hacia las arterias pulmonares, que la conducirán a los pulmones.

En los alveolos pulmonares tiene lugar el intercambio gaseoso, en el que la sangre cede el dióxido de carbono y capta el oxígeno.

La sangre, cargada de oxígeno, entra de nuevo en la aurícula izquierda a través de las venas pulmonares. De esta manera, se inicia otra vez la circulación mayor.

Para concluir, podemos afirmar que, para que una gota de sangre realice un recorrido completo, debe pasar dos veces por el corazón. Por este motivo, decimos que en el ser humano la sangre realiza una circulación doble.

### **12.1.4. La salud del sistema circulatorio**

En la actualidad, en los países desarrollados, los trastornos del sistema circulatorio constituyen la principal causa de mortalidad. Por todo ello es muy importante seguir diversas acciones preventivas:

- Seguir una dieta baja en grasas animales, ya que algunas, como el colesterol, se depositan en el interior de los vasos sanguíneos y los obstruyen. Para ello, debemos moderar

o suprimir el consumo de alimentos como los productos de pastelería, el chocolate, la grasa de la carne, etc.

- Hacer ejercicio físico moderado para fortalecer la musculatura del corazón.
- No fumar, ya que el tabaco reduce el diámetro de los vasos sanguíneos.

Muchas de las enfermedades que afectan a nuestro cuerpo se manifiestan en la sangre y para poder detectarlas se realizan los análisis de sangre. Estos consisten en el estudio de una muestra de sangre, de la que se calcula el número de diferentes elementos celulares, la cantidad y el tipo de sustancias que contiene el plasma.

Los aspectos que se analizan reciben el nombre de parámetros sanguíneos. Algunos de ellos son los eritrocitos, número de eritrocitos por cada mm<sup>3</sup> de sangre; hematocrito, proporción entre el volumen de los elementos celulares y el volumen de sangre; leucocitos, número de leucocitos por cada mm<sup>3</sup> de sangre; glucemia, miligramos de glucosa en 100 ml de sangre; colesterolemia, miligramos de colesterol en 100 ml de sangre.

Cuando alguno de estos parámetros se separa de los valores pre establecidos, significa que se sufre algún trastorno. Por ejemplo, el hematocrito tiene un valor bajo cuando se padece una anemia.

### **Enfermedades del sistema circulatorio**

**Hipertensión arterial:** Consiste en un aumento anormal de los valores de la tensión sanguínea debido a diversas causas, por ejemplo, enfermedades cardíacas y pulmonares. Los síntomas son dolores de cabeza y vértigo. Sin embargo, en muchos casos, no se produce ningún síntoma. El tratamiento consiste en un estricto control médico y seguir las medidas preventivas citadas anteriormente.

**Ateroesclerosis:** Consiste en la acumulación de colesterol en las paredes de las arterias, de modo que dificulta la circulación de la sangre. Esta acumulación se debe a diversas enfermedades y se agrava por fumar. Como consecuencia, puede producirse una enfermedad coronaria. El tratamiento consiste en seguir las medidas preventivas citadas anteriormente.

**Infarto de miocardio:** Se trata de una lesión de una parte del músculo cardíaco a causa de la obstrucción de algunas de las arterias que llevan la sangre al corazón. Como consecuencia, esta parte del corazón no recibe sangre y queda inutilizada. Los síntomas son un fuerte dolor en el pecho y sensación de angustia. El tratamiento consiste en la administración de medicamentos y seguir las medidas preventivas citadas anteriormente.

## **12.2. El cerebro humano**

A lo largo del proceso evolutivo, el cerebro humano ha alcanzado un elevado grado de desarrollo que le ha permitido un mayor perfeccionamiento de sus funciones.

El cerebro humano consta de dos hemisferios cerebrales, derecho e izquierdo, divididos por el cuerpo caloso, que es una densa masa de fibras nerviosas.

La corteza cerebral es la parte del cerebro donde se integra la información que llega a este, se elaboran las respuestas y se llevan a cabo los procesos de la memoria y el razonamiento. Por esta razón, existe una relación directa entre la superficie de la corteza cerebral y el grado de perfeccionamiento de las funciones cerebrales. Para aumentar esta superficie se han desarrollado unos repliegues, denominados circunvoluciones cerebrales, que aparecen en los mamíferos. El gran número de estas en el ser humano hace que su corteza cerebral tenga una superficie de 2500 cm<sup>2</sup>. La corteza está dividida en lóbulos, que son zonas limitadas por unos surcos y que reciben el nombre del hueso del cráneo más cercano: frontal, parietal, temporal y occipital.

Existen distintas áreas de la corteza, las cuales desarrollan funciones especializadas:

- Corteza motora: Controla el movimiento de los músculos esqueléticos. Se localiza en el lóbulo frontal.
- Corteza sensorial: Recibe los estímulos del tacto, la temperatura, el dolor y el gusto. Se sitúa en la parte superior del lóbulo parietal.
- Corteza visual: A ella llegan las sensaciones visuales; ocupa el lóbulo occipital.
- Corteza auditiva: Recibe los estímulos sonoros y se encuentra en la zona más próxima al oído, en el lóbulo temporal.
- Corteza de asociación: Existen otras áreas de la corteza cuya función es relacionar la información que recibe el cerebro acerca del medio con las emociones, la memoria y el aprendizaje. Estas zonas se localizan en el lóbulo frontal, el temporal y el occipital, aunque el mecanismo de los procesos que tiene lugar en ellas está todavía en estudio.

En la parte central del encéfalo se encuentran dos estructuras formadas por sustancia gris, el tálamo y el hipotálamo, que participan en los procesos de integración y procesamiento de los estímulos.

- El tálamo interviene en la conexión de las zonas sensitivas y motoras de la corteza.
- El hipotálamo recibe información sobre el estado general del organismo y regula procesos metabólicos a través del sistema endocrino, que describiremos en la próxima unidad), o bien a través de impulsos nerviosos que causan sensaciones como la sed o el hambre.

La inteligencia es la facultad de pensar, conocer y comprender la información que recibimos del medio, y se manifiesta en los cerebros más desarrollados, como el del ser humano. Se basa en la capacidad de memorizar y, por tanto, de aprender.

La memoria se desarrolla a partir de una serie de conexiones entre neuronas, localizadas básicamente en la corteza de asociación, que almacenan los estímulos que llegan al cerebro. Comprende tres fases distintas:

- La memoria inmediata: Es la información que se acaba de recibir y se mantiene unos segundos en las redes de la corteza sensorial.
- La memoria reciente: Retiene hechos y pensamientos localizados en un período de unas horas.
- La memoria remota: Comprende los hechos y pensamientos más antiguos.

Cualquier nuevo estímulo que llegue al cerebro, ya sea visual, sonoro, táctil, etc., es comparado con una experiencia similar anterior, de este modo se desarrolla el proceso del aprendizaje.

El ser humano tiene la capacidad de comunicarse mediante el lenguaje, que es el código empleado para que el individuo pueda comunicarse con otros seres humanos. Se aprende durante la infancia, desde que el niño es capaz de emitir sonidos y comienza a asociar algunos sonidos con determinados objetos, y desarrolla el lenguaje oral. El lenguaje escrito se aprende en una fase de maduración posterior de los niños. Así, la memoria es la base que permite el aprendizaje del lenguaje.

El proceso del pensamiento se basa en la capacidad de comunicarse por medio del lenguaje. Permite asociar, además de estímulos concretos, ideas almacenadas en la memoria, con lo que se llega a desarrollar el razonamiento, y a tener capacidad de juicio.

Las emociones dependen de la actividad que se lleva a cabo en neuronas situadas en la base del cerebro, que están conectadas con la corteza cerebral y el hipotálamo. Esta conexión permite que, tanto un determinado estímulo externo, como un pensamiento, produzcan reacciones en el organismo como la aceleración del pulso que provoca el hecho de estar ante un peligro, ya sea real o producido por la imaginación.

La capacidad de desarrollar las funciones cerebrales se transmite de forma hereditaria, pero su desarrollo real depende del proceso de aprendizaje de cada individuo, que formará su inteligencia y su personalidad.

### **12.2.1. Emisión de la respuestas motoras**

Para responder a los estímulos, desde el sistema nervioso central se emiten las órdenes hacia distintos puntos del organismo. Esta respuesta puede dirigirse a los músculos, donde se producirá un movimiento, o bien a las glándulas endocrinas a través del hipotálamo, para dar lugar a una secreción hormonal.

Las respuestas viajan desde el sistema nervioso central hasta la zona donde se producen del mismo modo que lo hacen los estímulos: por impulsos nerviosos. En esta unidad nos centraremos en el estudio de las respuestas relacionadas con los músculos.

Los cuerpos de las neuronas de los centros nerviosos emiten las respuestas, que viajan por los nervios motores hasta los músculos efectores.

Según la respuesta que transportan, los nervios motores forman:

- La red nerviosa somática: Controla los músculos que pueden moverse de forma voluntaria, es decir, la musculatura esquelética. El impulso comienza en el área motora de la corteza cerebral o en el cerebro, sigue por el tronco encefálico, la médula espinal, y de esta salen los nervios motores a distintos niveles hacia los músculos.
- La red nerviosa autónoma: Controla los músculos que se mueven de forma involuntaria, es decir, la musculatura lisa y la cardíaca.

El impulso puede comenzar en el tronco encefálico o en la médula espinal. Cada nervio motor sale de la médula espinal, conecta con un ganglio nervioso y desde este parten las conexiones nerviosas hacia los diferentes órganos.

Por su parte, la respuesta autónoma se realiza de dos modos:

### **Respuesta del sistema nervioso simpático**

El sistema nervioso simpático se activa en situaciones de estrés: miedo confusión, ira, huida, lucha, ejercicio físico. Su activación comporta la liberación de adrenalina y noradrenalina, neurotransmisores que tienen los siguientes efectos sobre el organismo:

- Dilatación de pupilas
- Aumento de la frecuencia cardíaca y de la contracción cardíaca y, como consecuencia, aumento de la presión arterial
- Broncodilatación para permitir la entrada de aire
- Vasodilatación de corazón, hígado, músculos y tejido graso
- Glucogenolisis en el hígado y lipólisis del tejido adiposo
- Aumento de la glucosa sanguínea

### **Respuesta del sistema nervioso parasimpático**

El sistema nervioso parasimpático relaja el cuerpo y, por lo tanto, ejerce una función contraria al simpático. Su actuación conlleva la liberación, entre otros neurotransmisores, de acetilcolina, que tiene los siguientes efectos sobre el organismo:

- Reduce el ritmo respiratorio y el cardíaco.
- Estimula la secreción salivar.
- Estimula los músculos involuntarios del sistema digestivo para favorecer la digestión.
- Estimula la producción de orina.
- Retarda el transporte de glucosa hacia órganos no implicados en la digestión.

La mayoría de los órganos recibe una doble inervación: simpática, estimuladora; y parasimpática, relajante. La alternancia de estos dos tipos de estímulos es un mecanismo fundamental en la regulación de las funciones vitales. La siguiente tabla resume los efectos de la inervación simpática y parasimpática sobre diferentes órganos:

Órgano	Inervación parasimpática	Inervación simpática
Pupila	Contracción	Dilatación
Corazón	Bradicardia	Taquicardia
Bronquios	Contracción	Dilatación
Glándulas sudoríparas	Secrección generalizada	Secrección local
Glándulas salivares	Secrección generalizada	Secrección viscosa
Vejiga	Contracción incompleta	Mayor contracción
Tubo digestivo	Aumento del peristaltismo	Disminución del peristaltismo

## 12.2.2. La sinapsis neuromuscular

Los nervios motores transportan las respuestas del sistema nervioso central en forma de estímulos, que se van transmitiendo a lo largo de las fibras nerviosas hasta llegar a los músculos. El impulso nervioso que llega al músculo produce una excitación de las fibras de este, las cuales se contraen. La contracción del músculo esquelético en los vertebrados es la más estudiada. En los músculos se produce una sinapsis entre la neurona y la musculatura, de forma similar a la que existe entre dos células nerviosas. A la unión entre una neurona y una fibra muscular la denominamos sinapsis neuromuscular, y la estructura obtenida es la placa motora.

- En el extremo del axón se produce una secreción de acetilcolina.
- Esta sustancia es captada por los receptores de la membrana plasmática de la fibra muscular. Esto provoca un cambio en la concentración de iones  $\text{Na}^+$  que genera un potencial eléctrico.
- El cambio de potencial produce la secreción de iones  $\text{Ca}^{2+}$  desde el retículo endoplasmático al citoplasma. Esta secreción provoca la contracción de la fibra muscular.

A diferencia de la sinapsis entre neuronas, la sinapsis neuromuscular es siempre excitadora, produce siempre una contracción muscular.

## **12.3. El aparato locomotor**

El aparato locomotor lleva a cabo un tipo de respuesta elaborada por el sistema nervioso, el movimiento. Como hemos visto, los nervios sensitivos informan a los centros nerviosos sobre la posición del organismo y sus partes, y los nervios motores transmiten la respuesta a los músculos. El aparato locomotor está constituido por el sistema esquelético y el sistema muscular, los cuales funcionan de forma coordinada. Cuando el sistema nervioso envía una orden de contracción o de relajación a los músculos, estos, junto a los huesos a los que están unidos, producen un movimiento.

### **12.3.1. El sistema esquelético**

El sistema esquelético está formado por los huesos, estructuras constituidas principalmente por tejido óseo. Los huesos tienen varias funciones:

- Sostienen nuestro cuerpo.
- Protegen algunos órganos delicados; por ejemplo, el cráneo resguarda al encéfalo.
- Posibilitan una gran variedad de movimientos.
- Constituyen un importante depósito de minerales, como el calcio.

El esqueleto humano consta de 208 huesos y estos pueden agruparse en dos zonas: esqueleto axial y esqueleto apendicular.

El esqueleto axial comprende:

- Cráneo: Los huesos del cráneo se caracterizan por ser planos. Su función es la de proteger el encéfalo. La parte anterior forma la cara.
- Columna vertebral: Está formada por una serie de huesecillos cortos llamados vértebras. En su parte central tienen un orificio por el cual pasa la médula espinal.

La columna vertebral constituye el soporte principal de nuestro cuerpo.

- Tórax: Está formado por las costillas, huesos planos con forma de arco que se unen por la parte anterior del cuerpo al esternón, hueso plano y alargado, y por la parte posterior a la columna vertebral.

El conjunto de las costillas, el esternón y la parte de la columna vertebral en la que se unen las costillas delimita el tórax, cuya función es proteger el corazón y los pulmones.

El esqueleto apendicular comprende:

- Extremidades superiores: Son los apéndices denominados brazos, que se unen al esqueleto axial por el llamado cinturón escapular.

- Extremidades inferiores: Son los apéndices denominados piernas, que se unen al esqueleto axial por el cinturón pélvico.

La función de ambos tipos de extremidades es la de ejecutar la mayor parte de los movimientos.

Las articulaciones son las uniones entre dos o más huesos. La superficie de contacto entre los huesos está recubierta por tejido cartilaginoso para evitar el rozamiento y, por tanto, el desgaste óseo en los movimientos.

La función de las articulaciones es proporcionar movilidad entre los huesos.

Según el grado de movimiento de los huesos que las constituyen, las articulaciones pueden clasificarse en articulaciones fijas, articulaciones semimóviles y articulaciones móviles.

- **Las articulaciones fijas:** Son aquellas que casi no tienen capacidad de movimiento. Su función es proporcionar estabilidad a la unión de los huesos. Este es el caso de los huesos del cráneo, los cuales para aumentar la estabilidad tienen forma irregular que les permite encajar mejor entre ellos.

- **Las articulaciones semimóviles:** Son las que tienen poca capacidad de movimiento. Su función es proporcionar cierta flexibilidad. Un ejemplo de este tipo es la articulación entre las vértebras.

- **Las articulaciones móviles:** Son las que permiten muchos movimientos. En este caso los huesos no están en contacto directo. Un ejemplo es la articulación del codo, que permite la flexión y extensión del brazo.

### 12.3.2. El sistema muscular

El sistema muscular está formado por los músculos. Los que están unidos a los huesos y recubren el esqueleto están formados por tejido muscular estriado, y reciben el nombre de músculos esqueléticos.

Estos músculos inducen el movimiento gracias a su capacidad de contracción, es decir, a su capacidad de reducir el tamaño de las fibras que los constituyen en un momento determinado.

El sistema muscular del aparato locomotor está formado por unos cuatrocientos músculos.

Los músculos esqueléticos constituyen bandas de fibras que pueden insertarse en los huesos mediante los tendones, estructuras alargadas de tejido conjuntivo.

### **12.3.3. La salud del aparato locomotor**

Para mantener la salud de nuestro aparato locomotor es muy importante seguir una dieta equilibrada y evitar el sedentarismo. La práctica de ejercicio físico tiene efectos beneficiosos sobre el aparato locomotor, así como sobre el resto de los sistemas del organismo, y contribuye a nuestro bienestar mental.

El ejercicio físico desarrolla la musculatura de forma que constituye una capa protectora de elementos como articulaciones, ligamentos y huesos. Además, ayuda a mantener un peso adecuado que previene la aparición de muchos problemas relacionados con la obesidad.

La mayoría de los trastornos o enfermedades del aparato locomotor suelen manifestarse como un dolor en un sector determinado de nuestro cuerpo, o bien como una inflamación. Es el caso de las fracturas, los esguinces, las contracturas, la escoliosis, la artritis, la artrosis, etc.

Podemos distinguir tres tipos de trastornos, dependiendo de la parte del aparato locomotor que afectan:

- Óseos, como las fracturas
- Articulares, como los esguinces
- Musculares, como las contracturas

**Fracturas:** Las fracturas son lesiones que consisten en la rotura parcial o total de un hueso debido a un traumatismo externo, como una caída o un accidente de tránsito. El síntoma principal es un intenso dolor. En función de la gravedad de la fractura, el tratamiento será más o menos complejo, aunque en todos los casos debe cumplir los siguientes objetivos: evitar complicaciones como infecciones o hemorragias, reducir el dolor y la inflamación mediante medicamentos y favorecer la consolidación del hueso fracturado mediante la inmovilización de la parte lesionada.

**Esguinces:** Los esguinces consisten en la rotura o una excesiva distensión de los ligamentos de las articulaciones debido a un traumatismo o a un movimiento brusco. El síntoma principal también es un dolor intenso. El tratamiento consiste en reducir el dolor y la inflamación, así como un tiempo de reposo para favorecer la recuperación de los tejidos lesionados.

**Contracturas:** Las contracturas son un trastorno muscular causado por la contracción continuada e involuntaria del músculo. Entre los síntomas principales, destacan el abultamiento de la zona afectada, el dolor y el mal funcionamiento del músculo. El tratamiento consiste en la aplicación de calor en la zona y la realización de masajes, que deben ser realizados por personal calificado; si esto no fuese así, la lesión podría agravarse.

**Dolor de espalda:** El dolor de espalda representa uno de los problemas de salud del aparato locomotor más frecuentes en nuestra sociedad. Una de las causas más comunes de estos dolores es la hernia discal, que consiste en la presión de un disco intervertebral sobre uno o varios nervios. Muy a menudo, los dolores de espalda afectan también a otras zonas del cuerpo empeorando el estado general de la persona.

Algunos trastornos o enfermedades del aparato locomotor, como dolores de espalda, contracturas, etc., se deben a que mantenemos posturas incorrectas. Por ello, es necesario corregir los malos hábitos y adoptar otros más saludables.

La mayoría de problemas posturales se inician en la infancia por la adopción de posturas incorrectas no corregidas a tiempo. Esto puede ocasionar, aparte de defectos estéticos, desarreglos en la actividad de los órganos internos y problemas en funciones como la respiración, la deglución, la circulación sanguínea o la locomoción.

Una buena postura es aquella capaz de mantener una correcta alineación de los diferentes elementos corporales con el mínimo esfuerzo y estrés sobre el sistema nervioso y el aparato locomotor.

Algunos consejos para una postura correcta son:

- Si se lleva peso, distribuirlo uniformemente.
- Mantener el cuerpo erguido, sin exagerar las curvaturas normales de la espalda.
- Al sentarse, descansar los pies en el suelo flexionando las rodillas en ángulo recto respecto a las caderas y evitar la torsión de la columna vertebral.

Para el diagnóstico de trastornos y enfermedades del sistema locomotor y de otros sistemas del organismo, el estudio radiológico es una técnica muy útil. Esta técnica de estudio consiste en la utilización de rayos X para detectar tejidos de diferentes densidades. Por ejemplo, los rayos X atraviesan tejidos blandos, pero no tejidos densos como el óseo.

Una vez las radiaciones han atravesado la parte del cuerpo sometida a estudio, llegan a una placa fotográfica que nos proporciona imágenes de tonalidades blancas, negras y grisáceas.

Los tejidos densos como el óseo dan lugar a las imágenes más blancas, mientras que los espacios vacíos dan lugar a las imágenes negras. Otros tejidos menos densos, como el muscular, dan lugar a imágenes más grisáceas.

## 12.4. El sistema endocrino humano

La producción de hormonas en el ser humano es similar a la del resto de los mamíferos; diversas glándulas y tejidos secretores intervienen en la regulación de los procesos fisiológicos

del organismo.

En la siguiente ilustración podemos apreciar la localización de los principales componentes del sistema endocrino humano. A continuación describimos los órganos secretores y la función de las distintas hormonas que intervienen en el metabolismo humano.

#### 12.4.1. Hipotálamo

Está formado por tejido nervioso, cuyas neuronas reciben información procedente de la corteza cerebral acerca de los estímulos externos o internos.

El hipotálamo sintetiza neurohormonas que envía a la glándula hipófisis y pueden ser de dos tipos:

- Neurohormonas de función estimuladora o inhibidora sobre la hipófisis anterior.
- Otras neurohormonas pasan a la hipófisis posterior, donde son almacenadas, y desde allí se vierten a la sangre para alcanzar a los órganos diana. Estos son la oxitocina y la hormona antidiurética (ADH).

—La oxitocina estimula las contracciones de la musculatura del útero durante el parto y después de la expulsión del feto, para favorecer la recuperación de su volumen normal. También provoca la salida de la leche de las células glandulares de la mama.

—La hormona antidiurética (ADH) estimula la reabsorción de agua en las nefronas de los riñones. Así se mantienen constantes los valores de la presión sanguínea.

#### 12.4.2. Hipófisis

En la hipófisis distinguimos:

- **Hipófisis anterior o adenohipófisis:** Tiene función glandular y segregá hormonas que pasan a la sangre.
- **Hipófisis posterior o neurohipófisis:** Almacena las neurosecreciones del hipotálamo y las libera al torrente sanguíneo.

La hipófisis anterior segregá seis hormonas diferentes, que podemos clasificar en dos grupos:

- **Hormonas que actúan directamente sobre órganos diana:** Son la hormona del crecimiento o somatotropina y la prolactina:

—La hormona del crecimiento o somatotropina (GH) actúa sobre los tejidos aumentando la síntesis de proteínas y estimula el crecimiento de los huesos.

—La prolactina (PRL) estimula la síntesis de leche en las células glandulares de la mama después del parto. Es activada por la succión del recién nacido.

• **Hormonas que estimulan glándulas endocrinas:** Pertenecen a este grupo la hormona estimulante de la tiroides (TSH), la hormona adrenocorticotrópica (ACTH), la hormona foliculoestimulante (FSH) y la hormona luteinizante (LH):

—La hormona estimulante de la tiroides (TSH) estimula las células de la glándula tiroides para que aumente su producción de tiroxina.

—La hormona adrenocorticotrópica (ACTH) estimula la producción de cortisol en la corteza de las glándulas suprarrenales.

—La hormona foliculoestimulante (FSH) actúa sobre los testículos, y activa la producción de espermatozoides, y estimula la maduración de los ovocitos (células que darán lugar a los óvulos).

—La hormona luteinizante (LH) estimula la producción de testosterona por parte de las células intersticiales de los testículos y activa la maduración de los ovocitos a óvulos y su expulsión hacia las trompas de Falopio.

### 12.4.3. Glándulas endocrinas

Los centros de control hormonal, el hipotálamo y la hipófisis, regulan la síntesis y la secreción de hormonas en distintas partes del organismo.

A continuación, resumimos las principales glándulas endocrinas, las hormonas que sintetizan y el mecanismo que activa su secreción.

Glándula	Hormona	Acción	Mecanismo activador
<b>Tiroides</b> Situada en la base del cuello, junto a la tráquea.	<b>Tiroxina</b>	Acelera el metabolismo celular, por tanto, el crecimiento del individuo.	Hormona estimulante de la tiroides (TSH); segregada por la hipófisis anterior.
	<b>Calcitonina</b>	Inhibe la liberación de calcio de los huesos.	El aumento de iones $\text{Ca}^{2+}$ en la sangre.
<b>Paratiroides</b> Situadas en la parte posterior de la tiroides.	<b>Hormona paratiroides o paratohormona</b>	Estimula la liberación de calcio de los huesos.	La disminución de iones $\text{Ca}^{2+}$ en la sangre.
	<b>Insulina</b> Sintetizada por las células beta de los islotes de Langerhans.	Favorece la absorción y utilización celular de la glucosa. A partir de la glucosa se sintetiza el glucógeno, que se almacena en el hígado.	La concentración alta de glucosa en la sangre.
Los <b>islotes de Langerhans</b> , grupos de células especializadas que ocupan una parte del páncreas.  Estos están situados a la altura de la cintura, en el lado izquierdo del cuerpo.	<b>Glucagón</b> Sintetizada por las células alfa de los islotes de Langerhans.	Estimula la degradación del glucógeno del hígado a glucosa.	La baja concentración de glucosa en la sangre.
	<b>Corteza suprarrenal (parte externa)</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Corteza suprarrenal (parte externa)</b></li> </ul>	<b>Cortisol</b>	Degradación de proteínas y grasas a glucosa.
		<b>Aldosterona</b>	Activa la absorción de los iones $\text{Na}^+$ y la expulsión de $\text{K}^+$ en las nefronas. Mantiene la presión sanguínea.
<b>Glándulas suprarrenales</b> , situadas sobre los riñones	<b>Médula suprarrenal (parte interna)</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Médula suprarrenal (parte interna)</b></li> </ul>	<b>Adrenalina</b> <b>Noradrenalina</b>	Contribuyen a reforzar la actividad del sistema simpático.
		<b>Andrógenos</b> , (Ej.: testosterona)	Estimulan la formación de espermatozoides, y caracteres sexuales masculinos.
<b>Testículos</b>	<b>Estrógenos y progesterona</b>	Intervienen en el ciclo menstrual y el embarazo.	La hormona luteinizante.
<b>Ovarios</b>			La hormona luteinizante.

#### 12.4.4. Hormonas tisulares

Una parte de las hormonas de nuestro organismo se sintetiza en tejidos no glandulares. Estas hormonas no son vertidas a la sangre, sino que actúan localmente. La gastrina y la histamina son dos de las más conocidas.

- La gastrina es segregada por la mucosa del estómago, en la zona del píloro. Estimula la secreción del jugo gástrico y del pancreático, y modifica la motilidad gástrica y esofágica.
- La histamina se encuentra en los mastocitos, que son un tipo de glóbulos blancos. Actúa como un potente dilatador de los capilares y de los vasos sanguíneos, y produce la contracción de la musculatura lisa.

#### **12.4.5. Mecanismos de acción hormonal**

Cuando las hormonas llegan a los órganos efectores, intervienen en las reacciones del metabolismo celular de distintos modos, lo que depende de la naturaleza química de la hormona.

Según su composición, a las hormonas las clasificamos en hormonas lipídicas u hormonas peptídicas.

**Hormonas lipídicas:** Conjunto de hormonas liposolubles que pueden atravesar con facilidad la membrana plasmática. Muchas de ellas son derivadas del colesterol.

**Hormonas peptídicas:** Conjunto de hormonas compuestas por una cadena más o menos larga de aminoácidos. Se trata de moléculas hidrosolubles y, por tanto, no pueden atravesar la membrana plasmática por sí solas.

A continuación, mostramos dos ejemplos, que pertenecen a cada uno de estos grupos: la testosterona y la insulina.

---

- La hormona lipídica atraviesa la membrana y se une al receptor que está en el citoplasma.
  - El complejo hormona-receptor pasa al interior del núcleo celular y se induce la síntesis del ARNm.
  - El ARNm se traduce, y se genera una proteína.
  - La proteína estimula la formación de espermatozoides y la aparición de los caracteres sexuales secundarios.
  - La insulina se une a un receptor situado en la membrana plasmática.
  - El complejo hormona-receptor induce la síntesis de adenosín monofosfato cíclico (AMP cíclico) a partir de ATP.
  - El AMP cíclico activa la acción de las enzimas que participan en el paso de glucosa al interior de la célula y en la síntesis de glucógeno.
- 

#### **12.4.6. El crecimiento en el ser humano**

Hemos descrito la actividad de las distintas hormonas, pero estas no actúan de forma aislada, sino que la acción conjunta de todo el sistema endocrino hace posible el desarrollo de los procesos vitales.

Un ejemplo de la acción conjunta de las hormonas es el crecimiento del individuo, proceso que inicia con el nacimiento y cesa al llegar a la edad adulta. Esto se debe a la acción de la hormona del crecimiento y de la tiroxina.

## **Control hormonal del crecimiento humano**

—El hipotálamo controla el buen funcionamiento de todo el proceso. Segrega neurohormonas que activan a la hipófisis.

—La hipófisis anterior segregá la hormona estimulante del tiroides (TSH), que actuará sobre esta glándula, y la hormona del crecimiento (GH), cuyos órganos diana son los músculos y los huesos, principalmente.

La hormona del crecimiento favorece la utilización de aminoácidos para sintetizar proteínas estructurales, por lo que produce un aumento de la masa muscular, y un alargamiento y calcificación de los huesos.

—La glándula tiroides segregá la tiroxina, que activa los procesos de obtención de la energía necesaria para las reacciones de síntesis de las moléculas que forman los músculos y los huesos. También interviene en la maduración del sistema nervioso.

### **Anomalías en la secreción hormonal**

Las disfunciones en la secreción hormonal producen diversos trastornos en el organismo. En el siguiente cuadro resumimos dos de las anomalías hormonales más estudiadas:

#### **Anomalías en la secreción de tiroxina**

**Hipotiroidismo:** Se produce cuando la síntesis y secreción de tiroxina o TSH es insuficiente. Sus síntomas principales son un cansancio excesivo, sensación de frío, pérdida de memoria, dificultad de movimientos y aumento de peso.

**Hipertiroidismo:** Se da cuando el funcionamiento de la tiroides es excesivo y se caracteriza por un incremento de la actividad, intolerancia al calor, nerviosismo, irritabilidad, aumento del ritmo cardíaco y pérdida de peso.

En ambos casos aparece un abultamiento debajo del mentón, el bocio, producido por el aumento de la tiroides, para compensar el mal funcionamiento hormonal.

#### **Anomalías en la secreción de GH**

**Enanismo y gigantismo:** Son las enfermedades relacionadas con el defecto o el exceso de secreción de GH durante la época de crecimiento. Se trata de personas pequeñas o muy grandes de cuerpo proporcionado y con plenas facultades mentales.

**Acromegalia:** Se produce cuando la secreción de GH es excesiva durante la etapa adulta. Se caracteriza por un crecimiento desmesurado de las extremidades, así como de los huesos de la cara.

**Parte III.**

**Biología III**



# **13. Seres vivos y su ambiente**

## **13.1. Biomas del mundo**

Un bioma o dominio bioclimático es una zona de la Tierra donde predominan un tipo de clima y una vegetación que favorecen el desarrollo de determinados seres vivos. Sus características determinan el desarrollo de la fauna, aunque la capacidad de movilidad de los animales hace que puedan extenderse fuera de la zona que les es propia.

Los biomas son regiones muy extensas, de miles o millones de kilómetros cuadrados, es difícil definir los límites entre biomas, ya que no están separados por fronteras concretas, sino por zonas de transición que presentan características intermedias.

Podemos distinguir, a grandes rasgos, los siguientes biomas terrestres:

1. las selvas tropicales
2. las sabanas
3. los desiertos cálidos
4. los bosques mediterráneos
5. los bosques caducifolios
6. las estepas
7. la taiga
8. la tundra

### **13.1.1. Las selvas tropicales**

Se localizan, principalmente, en la franja comprendida entre los 10° de latitud N y S , a ambos lados de la línea ecuatorial. Las selvas tropicales se encuentran en América del Sur, América Central, el centro y el oeste de África, el sudeste de Asia, el este de la India y el noreste de Australia.

Presentan un clima tropical húmedo muy estable, con temperaturas medias cálidas, alrededor de los 27 °C, y una elevada humedad durante todo el año. La humedad varía según la altura de la vegetación y a lo largo del día. Esta nunca es inferior al 80%. Las precipitaciones anuales son abundantes, entre los 2000 y los 3000 milímetros o valores mayores.

La materia orgánica que va a parar a los suelos está formada, sobre todo, por restos de vegetales y se ve sometida a una rápida descomposición por parte de hongos y bacterias descomponedoras, favorecida por las condiciones climáticas de la selva; por tanto, hay un reciclaje rápido de los elementos nutritivos. De todos modos, las abundantes precipitaciones producen un lavado de los nutrientes (lixiviación), y los suelos son poco fértiles.

En cuanto a la vegetación, la selva es un ecosistema con gran diversidad de especies, que se distribuyen en varios estratos.

- Encontramos dos o tres estratos arbóreos, con ejemplares de gran altura (de 30-50 m). Las copas de los árboles forman una espesa capa y captan casi toda la luz que llega a la selva; por debajo de ellas queda una zona mucho más sombreada.

Los árboles tienen raíces superficiales, ya que la captación de agua se consigue fácilmente en la zona más superficial del suelo.

Las hojas, en general, son anchas, porque la elevada transpiración no es un problema para la vegetación de la selva; además, las hojas grandes permiten a las plantas obtener un buen rendimiento fotosintético.

- Encontramos una gran variedad de plantas epífitas, que viven sobre los árboles para acceder mejor a la luz, como las orquídeas.

- En el estrato más bajo crecen las lianas. Estas plantas trepan a los árboles, que utilizan como apoyo para buscar la luz.

- Las plantas herbáceas que se desarrollan en el suelo son escasas, ya que la falta de luz no permite un desarrollo óptimo.

La fauna es muy abundante y diversa. Se calcula que la mitad de todas las especies de seres vivos habitan en las selvas tropicales.

Las condiciones de estabilidad de este bioma han permitido unas adaptaciones muy específicas de vegetales y animales. Cada especie ocupa un nicho ecológico muy determinado y la competencia entre especies es casi inexistente; las relaciones interespecíficas forman una red muy compleja, llegando al nivel de clímax.

Debido a esta acoplación al medio, las especies presentan escasa capacidad de adaptarse a cambios fuertes; y las perturbaciones causadas, principalmente por las actividades humanas, son muy desestabilizadoras.

### **13.1.2. Las sabanas**

Se localizan en los territorios comprendidos entre las selvas tropicales y los desiertos cálidos. Se extienden por grandes áreas de África y América del Sur, y otras áreas más reducidas en el sudeste asiático y en Australia.

El clima es tropical seco. Se caracteriza por la existencia de una larga estación seca y una estación húmeda bien diferenciadas. En el hemisferio norte, la estación seca comienza a finales de año y acaba en marzo o en abril, mientras que en el hemisferio sur la época seca va desde mayo hasta agosto o septiembre. Las temperaturas medias anuales están entre los 21 °C y los 29 °C. En la estación húmeda cae la práctica totalidad de las precipitaciones, comprendidas entre los 500 y los 1600 mm anuales.

Los suelos de estas zonas tropicales retienen poco o nada de agua y tienen muy poca materia orgánica.

La vegetación está formada principalmente por praderas de plantas herbáceas: leguminosas y gramíneas. Durante la época seca, las gramíneas sobreviven en forma de semillas, que germinan en la estación húmeda. Estas plantas desarrollan una red de raíces superficiales capaces de absorber la poca agua que queda en la superficie cuando llueve, también resisten los incendios y son frecuentes en la sabana. Además, se encuentran arbustos y árboles dispersos que no superan los 10 m, como los baobabs y las acacias en África. Se trata de árboles caducifolios, de hoja pequeña, y algunos presentan espinas en las ramas y el tronco para reducir la transpiración.

Entre los animales, predominan los grandes herbívoros, como las cebras, las jirafas y las gacelas. También destacan los grandes carnívoros, como los leopardos y los leones.

### **13.1.3. Los desiertos cálidos**

Se localizan alrededor de los trópicos de Capricornio y Cáncer, donde se produce un descenso del aire seco procedente de otras latitudes, que origina unas condiciones áridas. En el hemisferio norte existen grandes desiertos en el norte de África, en Oriente Medio y en la zona fronteriza entre Estados Unidos y México. En el hemisferio sur, los desiertos se sitúan en Australia, en el sur de África y en la costa del Pacífico en Sudamérica.

El clima es muy seco y se caracteriza por las temperaturas medias anuales que oscilan entre los 20 °C y los 30 °C, y las fuertes oscilaciones térmicas entre el día y la noche. En verano, las temperaturas superan los 50°C. Las precipitaciones son escasas.

Los desiertos son tierras áridas y fuertemente erosionadas, por lo que la vegetación es escasa. Se encuentran plantas suculentas, del tipo de los cactus, con reserva de agua en

el parénquima, sin hojas, con espinas y con abertura nocturna de estomas, para evitar la pérdida excesiva de agua.

Las raíces ocupan una extensa superficie, lo que les permite captar el agua de la lluvia. Algunas plantas pasan la mayor parte del año en forma de semilla resistente a la sequía, a la espera de condiciones favorables para germinar. La fauna presenta actividad nocturna y hábitos subterráneos, además de gruesas cubiertas del cuerpo para evitar la pérdida de agua.

### **13.1.4. Los bosques mediterráneos**

Los bosques mediterráneos están presentes en las tierras que rodean el mar Mediterráneo y también en las costas de California, en la costa de Chile y en pequeñas zonas al sur de África y al sur de Australia.

El clima es templado con estación seca, se caracteriza por unos veranos calurosos y secos y por unos inviernos frescos o moderadamente fríos. Las temperaturas medias anuales se sitúan entre los 10 °C y los 18 °C.

Las precipitaciones anuales oscilan entre los 400 y los 1000 mm. Las lluvias se concentran, principalmente, en otoño y primavera y son muy irregulares. Las precipitaciones pueden ser de corta duración, pero, a menudo, tienen una gran intensidad.

Los suelos son fácilmente erosionables, si pierden la cubierta vegetal. La vegetación es esclerófila, formada por árboles y arbustos de hoja perenne, dura y pequeña. Las raíces son profundas, para captar la humedad que hay en el subsuelo.

Las encinas y los pinos son los árboles más representativos de este medio. También se adaptan los olivos y los cipreses. El estrato arbustivo mediterráneo es muy rico, encontramos arbustos como el madroño, la jaray el mirto. Algunos poseen hojas cargadas de esencias, como el romero, el espliego y el tomillo. El desarrollo de estos es posible porque el estrato arbóreo deja pasar mucha luz y permite su crecimiento.

En las zonas más áridas se desarrolla la maquia, que está formada por arbustos como la coscoja y el palmito. Las plantas son bajas, con hojas espinosas o con resinas de gusto fuerte y desagradable, que actúan como defensa contra los herbívoros.

La vegetación es pirófita, es decir, está adaptada al fuego. Este es un agente perturbador frecuente y constituye un factor limitante.

Es característico encontrar cortezas resistentes al fuego, como el corcho de los alcornoques; troncos con gran capacidad para rebotar, como el caso de los robles; y frutos y semillas pirófitos, como las piñas, que, cuando se encienden, dispersan los piñones.

Como consecuencia de los incendios que se producen de forma natural y a causa de la actividad humana, se ha perdido una buena parte de los bosques de la zona mediterránea.

Estas tierras se han convertido desde hace siglos en campos de cultivo y zonas urbanizadas.

La fauna es variada y poco especializada, adaptada a los cambios frecuentes de las condiciones climáticas.

Encontramos numerosas aves, como el águila imperial ibérica.

### **13.1.5. Los bosques caducifolios**

Se desarrollan en las zonas templadas del hemisferio Norte. Se caracterizan por tener veranos frescos, con temperaturas medias inferiores a los 20 °C, e inviernos moderadamente fríos, con temperaturas medias superiores a los 3 °C. El frío invernal es uno de los principales factores que determinan el tipo de biocenosis de este dominio bioclimático.

El clima es templado húmedo; las precipitaciones son regulares a lo largo de todo el año, pueden ser abundantes durante el verano y por ello no padecen sequía estival. Estas oscilan entre los 600 mm y los 1500 mm anuales. Acostumbran a producirse en forma de lluvias, aunque también son frecuentes las nevadas durante el invierno, sobre todo en las zonas más septentrionales. Los bosques caducifolios suelen tener nieblas, lo que favorece que se mantenga la humedad.

El suelo es fértil a causa de la acumulación de materia orgánica que se produce al caer las hojas de los árboles.

La vegetación está representada por bosques de hoja caduca, como los robles, las hayas y los castaños. Estos árboles tienen un ciclo vital muy marcado por las cuatro estaciones; el descenso de la temperatura es el factor que origina el período de reposo de los árboles, con la caída de las hojas.

El deterioro de las hojas provoca la acumulación de materia orgánica en el suelo, por lo que son suelos con abundante humus en los que la actividad de los descomponedores es muy importante. Sobre la hojarasca del suelo habita una gran variedad de hongos, líquenes y musgos.

También se desarrolla una rica fauna representada por muchas especies de artrópodos y gusanos. Entre las especies animales grandes destacan el zorro y el tejón, el que hiberna en la época fría. Muchas aves emigran en la época invernal.

### **13.1.6. Las estepas**

Las estepas son propias de las zonas templadas continentales. Se extienden entre los 37° y los 52° de latitud norte, y entre los 30° y los 45° en el hemisferio sur.

El clima es seco y frío, las temperaturas medias presentan grandes contrastes: pueden alcanzar los 20 °C de media en invierno y llegar hasta los 20 °C en verano. Las precipitaciones oscilan entre los 250 mm y los 750 mm anuales, y en invierno se producen en forma de nieve.

El suelo posee una escasa capacidad de retención del agua.

Estas condiciones ambientales hacen que en las estepas no se desarrollen bosques, sino extensos prados con una gran riqueza herbácea. Por ejemplo, las praderas norteamericanas, las estepas eurasiáticas y la pampa argentina. Las plantas más abundantes son las gramíneas, estas se desarrollan en pocos meses, después se secan y quedan las semillas.

Estas extensas zonas de pastos favorecen la existencia de grandes herbívoros, como bisontes y caballos, capaces de realizar grandes desplazamientos para buscar alimento. También habitan pequeños roedores, que construyen madrigueras subterráneas.

### **13.1.7. La taiga**

Es un dominio bioclimático formado por bosques de coníferas que ocupan las zonas boreales del hemisferio norte, entre los 50° y los 70° de latitud, también puede encontrarse hacia el sur en zonas montañosas.

El clima es frío y húmedo. Las temperaturas oscilan en un amplio margen, ya que los inviernos son fríos y extremadamente largos, con temperaturas medias inferiores a los 15 °C, durante varios meses, y los veranos son frescos, sin superar los 15 °C de media. Las precipitaciones (unos 400- 600 mm anuales) se producen principalmente en forma de nieve. El paisaje se mantiene blanco gran parte del año, pues las primeras nevadas caen a comienzos del otoño y la nieve no acaba de fundirse hasta finales de la primavera.

Durante el corto verano, solo se deshiela una capa muy superficial del suelo. Debajo de esta capa, el suelo está helado durante todo el año e impide la infiltración de agua en el subsuelo. Esta capa de suelo helado recibe el nombre de permafrost.

La vegetación está representada por las coníferas, que son árboles perennifolios entre los que se incluyen los pinos, las piceas y los abetos. Tienen la copa cónica, lo que les permite aguantar el peso de la nieve sin que se rompan las ramas; sus raíces son superficiales para absorber el agua de la parte superficial del suelo, que se deshiela en verano. Las hojas son aciculares, pequeñas y duras, resisten la congelación y transpiran muy poco. Sobre los troncos crecen poblaciones de líquenes.

A pesar del rigor del invierno, la fauna es muy rica y variada. Entre los mamíferos, se encuentran grandes herbívoros, que se alimentan de plantas acuáticas y brotes en verano, y de la corteza de los árboles en invierno; también pequeños carnívoros, como los visones y los armiños, que presentan un sistema de camuflaje consistente en cambiar el color del pelaje en verano e invierno; y algunos depredadores, como el lobo y el oso.

### **13.1.8. La tundra**

La tundra se desarrolla por encima de los 70° de latitud norte. Está constituida por llanuras que se extienden por latitudes superiores a las de la taiga y que llegan hasta los hielos permanentes. En esta zona, los rayos solares llegan de manera oblicua y calientan muy poco la superficie terrestre.

El clima es frío y seco. La temperatura media anual es inferior a los 0 °C. Los inviernos son largos y extremadamente fríos, con temperaturas extremas inferiores a los 50 °C, mientras que los veranos son cortos y frescos, en los que raramente se superan los 10 °C. Las precipitaciones, normalmente en forma de nieve, no acostumbran a rebasar los 200-350 mm anuales.

Las características del suelo son similares a las de la taiga.

La vegetación está representada principalmente por musgos, líquenes y algunas especies de vida larga, como los sauces enanos, con crecimiento muy lento, ya que la actividad queda reducida solo al corto verano.

En cuanto a la fauna, habitan pequeños roedores, como lemmings, y renos, que migran entre la tundra y la taiga. Los animales de la tundra están adaptados a este tipo de clima, presentan largos pelajes, protegidos por capas gruesas de grasa.

## **13.2. Biodiversidad del Ecuador**

### **13.2.1. ¿Qué es biodiversidad?**

Los primeros seres vivos se originaron hace unos 4000 millones de años y tenían una apariencia similar a las bacterias.

Desde ese momento, las formas de vida han ido evolucionando, han aparecido nuevas especies y otras se han extinguido.

En la actualidad, existen aproximadamente entre uno y medio y dos millones de especies diferentes que forman parte de la biosfera, aunque algunos científicos opinan que su

número real es más elevado oscilando entre los cinco y los treinta millones, dependiendo de las fuentes.

Los seres vivos pueden clasificarse en tres dominios. El cuadro siguiente resume algunas de las características que identifican a los diversos reinos.

Dentro de cada reino encontramos una gran diversidad de formas de vida, tanto respecto a la morfología de los organismos como en la manera en que desarrollan sus funciones vitales.

La diversidad biológica, también denominada biodiversidad, hace referencia al número de especies diferentes que encontramos en un espacio determinado. El índice de diversidad más utilizado es el de Shannon y Weaver.

La biodiversidad es el resultado de la evolución de las especies. En condiciones de presión del ambiente, la existencia de individuos, de una misma especie, con características diferentes, ha hecho posible la adaptación a nuevas situaciones y la aparición de nuevas especies.

La biodiversidad es máxima en las selvas tropicales, donde se considera que puede habitar más de la mitad de las especies que actualmente pueblan la Tierra.

A lo largo de la historia de la biosfera, han desaparecido numerosas especies a causa de la aparición de otras mejor adaptadas a las condiciones del ambiente.

La biodiversidad es, la gran riqueza del planeta, un patrimonio que asegura el mantenimiento de la vida y la posibilidad de que esta continúe expresándose en toda su variedad. El descenso del índice de biodiversidad, la pérdida de suelo y la superpoblación humana son los problemas más graves a los que se enfrenta la Tierra, a medio y a largo plazo.

La biodiversidad puede calcularse mediante el índice de Shannon-Weaver:

$$H = -pi \sum log2pi$$

H = diversidad

H = abundancia relativa de una especie i en tanto por uno.

Por ejemplo, un campo en el que se cultive una sola especie tendrá una H = 0, puesto que  $\log2 1 = 0$ .

En los arrecifes de coral se registran índices de biodiversidad elevados, con valores que oscilan entre 2,7 y 4,9.

La biodiversidad o diversidad biológica es la abundancia de especies distintas de un ecosistema, originada por sus variaciones genéticas y por las características del ecosistema donde viven.

## **13.2.2. Ecuador país megadiverso**

Dentro de los países considerados megadiversos, posiblemente Ecuador sea el más pequeño, si tomamos en cuenta la relación entre biodiversidad y el área geográfica del país. Dentro de su territorio se ha determinado que existe una gran riqueza en especies animales y vegetales, e incluso entre estas, muchas son endémicas, es decir, son propias del lugar y no existen en ningún otro sitio. Tanto la topografía como los variados climas del país han permitido un desarrollo de una gran variedad de especies y de nichos en donde estas puedan vivir.

### **13.2.2.1. Fauna**

En la actualidad, el Ministerio del Ambiente propone la campaña Protege Ecuador para cuidar un gran número de fauna silvestre que está en peligro de extinción por muchas razones; entre las principales causas podríamos citar la desfragmentación del hábitat natural, la sobreexplotación, etcétera.

En Ecuador encontramos 1252 especies de vertebrados que se encuentran bajo amenaza, de los cuales 217 son mamíferos, 238 son aves, 276 son reptiles y 521 son anfibios.

### **13.2.2.2. Flora**

En lo que se refiere a plantas vasculares o plantas con flor tenemos 17 058 especies. Las orquídeas de nuestro país pertenecen a cuatro de las cinco subfamilias a escala mundial. Hay 4032 especies conocidas hasta el momento y se han clasificado y publicado 1714 especies endémicas, entre las cuales encontramos la orquídea más pequeña con 2,1 milímetros de dimensión.

Ecuador poseía 270000 kilómetros cuadrados de territorio nacional y tenía 132 000 kilómetros cuadrados de selva. Su desforestación es del 4% anual, y cada año son deforestados 3 000 kilómetros cuadrados.

La anfibiofauna del Ecuador es muy abundante y solo es superada por Brasil y Colombia. Sin embargo, teniendo en cuenta que, por cada unidad de área en Ecuador, se encontrarían dos especies por cada 1000 kilómetros cuadrados. Esta se convertiría en la zona más biodiversa de anfibios y ranas a nivel mundial.

Casi todas las especies nativas de plantas del Ecuador también existen en otros países de la región como Colombia y Perú.

A pesar de que las plantas tienen una gran capacidad de dispersión, una de cada cuatro especies es endémica del Ecuador.

Esto da un total de 4143 especies endémicas registradas y representan el 27% del total censado.

En estudios recientes de nuevas plantas, se ha determinado que de cada dos especies nuevas registradas una resulta ser endémica.

La zona más biodiversa del país está en la región Interandina, ya que presenta una gran variedad de ecosistemas únicos en el mundo.

Ecuador posee una flora enviable en comparación a los otros países con territorios más amplios. En este país podemos encontrar alrededor de 20 000 tipos de plantas, de las cuales 5000 son orquídeas y otras especies raras y endémicas que se encuentran en peligro de extinción. Su conservación es indispensable, puesto que son recursos naturales y económicos muy importante para el país.

### **13.2.3. Importancia de la biodiversidad**

Actualmente existe un mayor interés en conocer sobre la biodiversidad, pero esta acción se vuelve cada vez más difícil, debido a la desaparición de muchas especies.

Existen otras especies en peligro de extinción, pero aún podemos tomar medidas de conservación para salvarlas.

Como ya sabemos, hay una interdependencia muy fuerte entre los seres vivos y el hábitat en el que coexisten; por lo tanto, cuando alteramos el hábitat también estamos alterando a los seres que lo habitan. La pérdida de la biodiversidad a un largo plazo puede llevar a la desaparición incluso de nuestra especie.

La biodiversidad en Ecuador es afectada directamente por los factores que veremos a continuación:

- Importancia social
- Importancia económica
- Importancia ambiental

#### **13.2.3.1. Importancia social**

Los seres humanos somos los representantes de muchos ecosistemas y de la biodiversidad que ellos abarcan. En este ámbito, la biodiversidad social está manifestada en los distintos modos de la evolución de las especies, a lo largo de toda la escala de organización de los seres vivos y, naturalmente, en todos los factores involucrados en el desarrollo de las sociedad humana moderna.

La importancia social es más evidente en la actividad agraria y en la utilización de tierras para los cultivos y para los animales de cría. Este punto es crucial para estabilizar, entender y promover la productividad de una manera sostenible para el medioambiente al proteger las cuencas hidrográficas, evitar la erosión de los suelos, y controlar las plagas sin contaminar los cultivos, etc.

Mediante este enfoque de conservación y buen manejo de los recursos, con el tiempo el mayor beneficio que la biodiversidad brindará a los humanos es que logre adaptarse a los cambios del entorno local y global. Los enfoques pueden ir variando dependiendo de las necesidades de la sociedad humana, pero la ciencia va avanzando a la par. Los estudios genéticos nos ayudan al proporcionar un mayor conocimiento de las especies para su aprovechamiento.

El único modo para que se tome conciencia social sobre la importancia de la biodiversidad es tomar en cuenta que las necesidades humanas nunca van a estar sobre la capacidad que tengan los ecosistemas para renovarse. Por ello, es importante tener presente la filosofía de la conservación sustentable.

En el caso de que no suceda lo anteriormente mencionado, las consecuencias serán lamentables para la supervivencia humana y para las comunidades biológicas dentro de cada forma de vida.

#### **13.2.3.2. Importancia económica**

El campo de la economía frente a un ámbito ambiental, depende directa o indirectamente de la biodiversidad. Según el Millennium Ecosystem Assessment, la biodiversidad es la base de todos los servicios ecosistémicos que apoyan y resguardan la economía.

Se han realizado innumerables estudios de investigación acerca de cómo la productividad primaria va de la mano con la biodiversidad y cómo el buen uso de los recursos nos brinda un mejor disfrute de los recursos naturales, genera la reducción de riesgos ecológicos y mejora la salud y la capacidad de resistencia frente a cambios abruptos del ambiente.

La conservación de la naturaleza es una prioridad para la economía mundial, en vista de que los servicios ecosistémicos son la base de todas las economías. Sin embargo, sabiendo todo sobre la importancia socioeconómica que brinda la biodiversidad, dentro de las políticas de desarrollo y las políticas económicas globales actuales, sus valores no se encuentran reflejados.

Se ha demostrado que la conservación de la biodiversidad mejora el rendimiento y las acciones de muchas actividades económicas.

Como ya sabemos, el mejor método para la conservación es eliminar la actividad humana a lo más mínimo posible o en ciertos casos restringirla en su totalidad en las zonas

consideradas de alta biodiversidad. Estas zonas poseen especies de alta importancia por ser únicas y, generalmente, se encuentran en peligro de extinción, o porque generan cierto nivel de servicio cultural a la sociedad. La medida más efectiva y probada de lograr la conservación es administrar incentivos económicos, su objetivo es generar una conciencia, a través de ciertos esquemas de pagos ambientales, dentro de los cuales las comunidades que conservan estas zonas son las más beneficiadas.

### **13.2.3.3. Importancia ambiental**

Como se mencionó en los anteriores puntos, existe una correlación entre la biodiversidad y los seres humanos. Nosotros la usamos en nuestra vida cotidiana, para la alimentación, la medicina, la construcción, etcétera. Sin embargo, nos proporciona otros servicios ambientales adicionales, como la captura del CO<sub>2</sub> del ambiente para producir aire puro, también controla la erosión de los suelos, produce la regulación hídrica y potencia el turismo a nivel mundial.

La biodiversidad representa un recurso invaluable a nivel mundial y tiene un rol fundamental frente al funcionamiento y estabilidad de los servicios ecosistémicos.

Los servicios que nos proporcionan son innumerables; sin embargo, los más relevantes son el reciclaje de nutrientes dentro de las cuencas hidrográficas y, por ende, el ciclo del agua; la formación y retención de los suelos; la resistencia de las plantas frente a especies invasoras y plaguicidas, que podrían estar afectándolas directa o indirectamente; la polinización de las plantas; la regularización los ciclos climáticos; y la retención de CO<sub>2</sub> para de ese modo atenuar la contaminación.

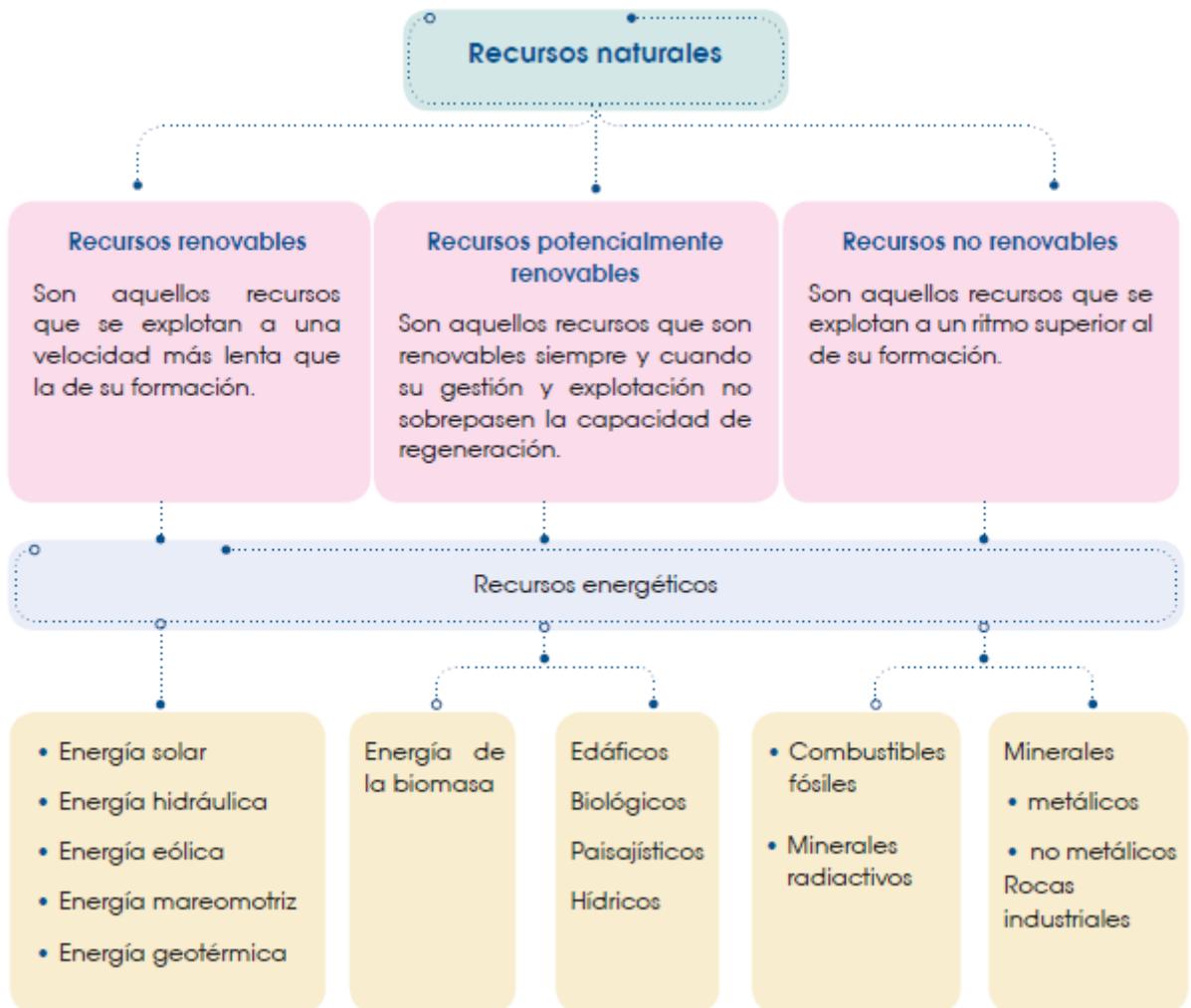
En el caso de los servicios de los ecosistemas, lo que importa es el número de especies presentes, así como establecer cuáles de ellas son más abundantes en el ecosistema.

A partir de una perspectiva ambiental y humana, la biodiversidad representa un capital, ya que constantemente la estamos usando para nuestro beneficio y constituye un gran aporte para las culturas a nivel mundial y una fuente de auxilio a las generaciones venideras.

### **13.2.4. Actividades humanas**

La biodiversidad es la más afectada por las modificaciones inducidas por las actividades humanas. Entre estas actividades, las principales causantes de efectos severos son: el uso indiscriminado de los suelos, la alteración de los ciclos biogeoquímicos de la naturaleza, la fragmentación y la destrucción de los hábitats silvestres, la introducción de especies no nativas en sitios de alto interés ambiental y la alteración de las condiciones climáticas.

Hablando en un sentido más amplio, la biodiversidad, si se la trata de manera adecuada, resulta ser un recurso inagotable para el bienestar humano, mediante la variedad de servicios que ofrece y la capacidad de satisfacer todas las necesidades de los seres humanos. Sin embargo, los términos de funcionamiento ecológico y las funciones de los ecosistemas no han sido usados de una manera conjunta como debe ser.



### 13.2.5. Impactos ambientales

Se considera como impacto ambiental al conjunto de consecuencias que se dan en el medioambiente por efecto de la explotación de los recursos naturales.

El impacto ambiental depende principalmente de los siguientes factores: tipo de recurso explotado, tecnología que se aplica a la explotación, utilización del recurso y nivel de consumo de este.

Los principales impactos ambientales pueden clasificarse del modo siguiente:

### **Impactos atmosféricos**

- Contaminación del aire
- Aumento de la temperatura
- Alteración del clima

### **Impactos edáficos**

Contaminación del suelo:

- Erosión
- Desertificación
- Sobreexplotación
- Compactación
- Alteraciones en la sedimentación
- Alteraciones en la cubierta vegetal

### **Impactos hidrológicos**

- Contaminación del agua
- Alteración de caudales

### **Impactos en la morfología del terreno**

- Modificación de pendientes
- Creación de desniveles
- Hundimientos

### **Impactos visuales y acústicos**

- Modificaciones en el aspecto del paisaje
- Aparición de ruidos debido al funcionamiento de máquinas o la circulación de vehículos

### **Impactos biológicos y ecológicos**

- Alteraciones en el desarrollo de los seres vivos
- Modificaciones en el comportamiento de los animales
- Pérdida de hábitats • Reducción de la biodiversidad

- Modificación de las cadenas y las redes tróficas
- Regresión de los ecosistemas

Los principales impactos son:

La contaminación es la alteración de las propiedades del aire, del agua, del suelo, de los alimentos, etcétera. Se clasifican en:

- **Contaminantes degradables:** son aquellos que se degradan por procesos naturales, tanto físicos, como químicos o biológicos.
- **Contaminantes no degradables:** son aquellos que no se degradan por procesos naturales y, por tanto, es necesario reciclarlos.

Sus efectos son múltiples: daños para la salud del ser humano y de los animales, disminución en el crecimiento y expansión de la vegetación, extinción de especies, deterioro de edificios y monumentos, etcétera.

Los impactos producen numerosos efectos, muchos de los cuales son impredecibles. La intensidad del impacto de una actividad depende de las condiciones de fragilidad de la zona donde se localiza la actividad.

Existen diversos parámetros, mayoritariamente cualitativos, para la valoración de los efectos producidos por los impactos ambientales:

### **Relación causa-efecto**

Según esta relación, los impactos pueden ser directos o indirectos. Por ejemplo, la tala de un bosque es un impacto directo, mientras que la erosión producida por una construcción es un impacto indirecto.

### **Persistencia**

Se refiere a la duración del impacto. Distinguimos impactos temporales e impactos permanentes. Los ruidos producidos por la construcción de un edificio son temporales, pero los producidos por una fábrica pueden ser permanentes.

### **Reversibilidad**

Hace referencia a la posibilidad de que, una vez producido el impacto, el sistema afectado pueda volver a su estado inicial. La contaminación de un río es reversible si se aplican medidas correctoras, pero si estas medidas no se aplican por su elevado coste, el impacto es irreversible.

### **Recuperación**

El medioambiente puede recuperarse en mayor o menor grado de los efectos producidos por los impactos, según se puedan aplicar medidas correctoras. Por ejemplo, si una zona recreativa cambia su ubicación y se pueden aplicar estas medidas, podemos decir que el impacto es recuperable. En el caso que se elimine un paso natural para aves migratorias el impacto es irrecuperable.

#### **Extensión**

Este parámetro es en muchos casos cuantitativo, ya que tiene en cuenta la superficie afectada por un impacto. Por ejemplo, no tendrá las mismas consecuencias el trazado de una vía férrea que la instalación de una gasolinera.

#### **Singularidad**

En este aspecto se valora si el bien afectado es de gran interés o no, y si tiene condiciones especiales de protección. Es el caso de un parque o reserva natural que pudiera verse afectado por el trazado de una autopista.

#### **Sinergia**

Si dos impactos actúan conjuntamente, el impacto total es superior al producido por los impactos aislados. Este es el caso de la emisión de diversos contaminantes a la atmósfera. Un ejemplo es la implantación de una fábrica y sus procesos de producción.

#### **Probabilidad de ocurrencia**

Según la probabilidad de que un impacto tenga lugar, distinguimos impactos certeros, probables, improbables, etcétera.

#### **Magnitud**

Un impacto puede afectar en mayor o menor grado al sistema. Según esto, podemos decir que un impacto es compatible, moderado, severo o crítico. Por ejemplo, la construcción de una casa en el campo puede ser compatible, mientras que un incendio forestal de gran extensión es severo o crítico.

Estos criterios permiten efectuar una evaluación del impacto ambiental. La evaluación del impacto ambiental, según la normativa legal vigente, es el conjunto de estudios y sistemas técnicos que permiten estimar los efectos que la ejecución de un determinado proyecto, obra o actividad causa sobre el medioambiente.

### **13.2.6. Medidas correctoras frente a los impactos ambientales**

Una vez producido el impacto ambiental, se evalúa y se establece si es necesaria la aplicación de diversas medidas correctoras para reducir los efectos negativos ocasionados.

En la siguiente tabla aparecen algunos ejemplos de medidas correctoras para impactos específicos.

- La utilización del agua en el ámbito doméstico produce una modificación en su calidad debido a diversos impactos: el aporte de materia orgánica, microorganismos, detergentes, aceites, etcétera. La principal medida correctora que se aplica es la depuración de las aguas residuales antes de su vertido a los ríos y al mar.
- La extracción de minerales y rocas produce la erosión del suelo, debido a la pérdida de la cubierta vegetal. Una de las medidas correctoras es la regeneración del suelo de la vegetación, una vez que las canteras o las minas hayan dejado de ser productivas. Otra medida sería la reconversión de estos terrenos en zonas turísticas con el debido acondicionamiento.
- Por su elevado valor comercial, muchas especies de peces se encuentran en peligro de extinción. Como medida correctora se puede promover el consumo de especies pesqueras que no son explotadas y que presentan las mismas cualidades nutritivas que las que se han estado consumiendo hasta ahora.

Muchas veces las medidas correctoras son insuficientes, o bien, no pueden aplicarse debido a su elevado costo. En general, la mejor solución consistiría en evitar que los impactos tuvieran lugar, aplicando medidas preventivas.

### **13.3. Estrategias y políticas para la conservación de la biodiversidad**

En este capítulo se tratará la importancia de generar un marco favorable frente a la conservación de los ecosistemas para el desarrollo sustentable. En primer lugar, hay que tener en cuenta que es extremadamente necesaria la implantación de políticas, de estrategias y de instrumentos legales y económicos.

Para el diseño de estrategias se requiere cumplir un protocolo de pasos.

Primero, se recopila toda la información científica disponible de manera que se generen procesos participativos que logren asegurar una viabilidad política y técnica.

El principal objetivo, ante la generación de estrategias y políticas es contribuir con la manutención de los servicios ambientales, a través de la conservación de los ecosistemas que los generan.

Dentro de la generación de estrategias está el apoyo frente a la creación y la consolidación de áreas protegidas en sitios de alto interés ambiental y ecológico, mediante la

implementación de mecanismos económicos para la compensación de los servicios ambientales, y que se pueda dar un mejor manejo y conservación a estas áreas.

### **13.3.1. Gestión ambiental**

Muchos de los impactos y los riesgos ambientales a los que se enfrenta nuestra sociedad son causados por acciones y actitudes humanas encaminadas a satisfacer nuestras necesidades, sin tener en cuenta los desequilibrios que pueden provocar en el medioambiente. Debido a esto, la naturaleza ha sido explotada de manera insostenible, originando desequilibrios como:

- La contaminación del aire y del agua, que provoca graves problemas tanto en la salud ambiental como en la de los seres humanos.
- La disminución drástica de la biodiversidad por los desequilibrios en los hábitats de las especies.
- El aumento de la temperatura del planeta, debido al incremento de emisiones de gases con efecto invernadero.

Todo ello ha llevado a la necesidad de poner en práctica medidas de gestión del medioambiente que permitan un desarrollo basado en la sostenibilidad. La sostenibilidad, o desarrollo sostenible, plantea la necesidad de explotar los recursos naturales de manera que no se ponga en peligro su explotación futura y procurando que los impactos que se generan se reduzcan al mínimo.

Se llama gestión ambiental al conjunto de acciones y medidas que tienen como objetivo la explotación sostenible de los recursos y la defensa, la protección y la mejora del medioambiente.

Para que estas medidas sean efectivas, es necesario que se cumplan los siguientes requisitos:

- Las Administraciones, deben poseer una normativa adecuada sobre la gestión ambiental de su territorio.
- Deben existir estudios científicos que respalden las medidas de la gestión ambiental que hay que adoptar y que propongan soluciones alternativas a aquellas prácticas con mayores impactos.
- Todos los seres humanos deben actuar responsablemente tanto de forma individual como colectiva.

Las acciones que contempla la gestión ambiental pueden ser de dos tipos: acciones preventivas y acciones correctoras.

El Protocolo de Kioto es un acuerdo internacional establecido en 1997, que propone reducir las emisiones de gases de efecto invernadero, con el objetivo de luchar contra el cambio climático.

Sin embargo, a lo largo de esos años, la mayoría de los países aumentó sus emisiones en lugar de reducirlas. Ante estos incumplimientos, la Conferencia de Durban de 2011 pretendió definir un nuevo calendario de actuación. La conferencia finalizó con el acuerdo de no exigir nuevas obligaciones para los países firmantes hasta después de 2015.

### **13.3.2. Tratados y convenios ambientales internacionales**

Al iniciar el siglo XX la preocupación por el medioambiente hace que se procedan a realizar varios tratados sobre cuestiones ambientales. Entre los más destacados se encuentran:

- Convención Internacional para la Prevención de la Contaminación por Petróleo de los Mares (1954).
- La Convención de París sobre la Responsabilidad de Terceras Partes en el Campo de la Energía Nuclear (1960).
- La Convención Ramsar sobre Humedales de Importancia Internacional (1971).

En 1972, las Naciones Unidas convoca a una conferencia en Estocolmo para crear conciencia sobre las amenazas que pesan con respecto al medioambiente, esta conferencia llevó a la creación del Programa de las Naciones Unidas para el Medioambiente.

Desde aquí se producen varias iniciativas, sobre todo en la Unión Europea.

Los principales tratados firmados para la conservación del medioambiente en convenios mundiales incluyen:

- La Convención sobre el Comercio Internacional en Especies amenazadas de Fauna y Flora (1973).
- La Convención para la Prevención de la Contaminación del Mar (1974).
- La Convención sobre la Contaminación Transfronteriza a Larga Distancia (1979).
- La Convención para la Protección del Nivel de Ozono (1985).
- La Convención para el Control de los Desplazamientos Transfronterizos de Residuos Peligrosos y su Eliminación (1989).

Aparte de la ONU hay otros organismos no estatales que participan en tratados y son de gran importancia a nivel mundial. Lo difícil de estos tratados es su aplicación y el control de su cumplimiento, a pesar de recibir periódicamente informes por parte de los países participantes. Existe el Tribunal Internacional de Justicia de las Naciones Unidas que desempeña un rol limitado como mediador entre los países en conflicto.

### **13.3.3. Tratados y convenios ambientales nacionales**

No hay tratados ni convenios nacionales específicos. El marco que norma el cuidado al medioambiente en nuestro país es la Constitución del Ecuador de 2008. En nuestra constitución se reconocen los derechos de la naturaleza. En el documento del Programa del Buen Vivir realizado por el Gobierno nacional establecen los derechos de los seres humanos acompañados del equilibrio y sostenibilidad ambiental.

### **13.3.4. Constitución del Ecuador 2008**

La Constitución del Ecuador incluye artículos destinados a la protección, al control y al cuidado del medioambiente como derechos de la Pachamama (madre tierra). Presentamos los más importantes a continuación:

En el Art. 14, capítulo segundo, sección segunda: Ambiente sano explica:

- Este escrito explica que se reconoce el derecho de la población a vivir en un ambiente equilibrado, que garantice la sostenibilidad y el buen vivir.
- Igual, manifiesta que tanto la preservación del ambiente; la conservación de los ecosistemas; la biodiversidad y la integridad del patrimonio genético del país; la prevención del daño ambiental; y la recuperación de los espacios naturales degradados son declarados de interés público.

En cuanto a la biodiversidad, en la Constitución de 2008, y según el Art. 71, se dice que: “La naturaleza o Pachamama, donde se reproduce y realiza la vida, tiene derecho a que se respete integralmente su existencia y el mantenimiento y regeneración de sus ciclos vitales, estructura, funciones y procesos evolutivos”.

En el título VII Régimen del Buen Vivir, capítulo segundo de la Constitución se habla de la biodiversidad y de los recursos naturales; el Art. 395 expone que: “El Estado garantizará un modelo sustentable de desarrollo ambiental equilibrado y respetuoso de la diversidad cultural, que conserve la biodiversidad y la capacidad de regeneración natural de los ecosistemas y que asegure la satisfacción de las necesidades de las generaciones presentes y futuras”.

Estos artículos definen cómo los ecuatorianos basan sus actividad en relación a la utilización de los recursos e incluye el cuidado apropiado al medioambiente. No obstante, existen varias acciones que todavía no cumplen todos los aspectos necesarios para no afectar al ecosistema.

# **14. Ecología y crecimiento poblacional de los seres humanos**

## **14.1. Ecología humana**

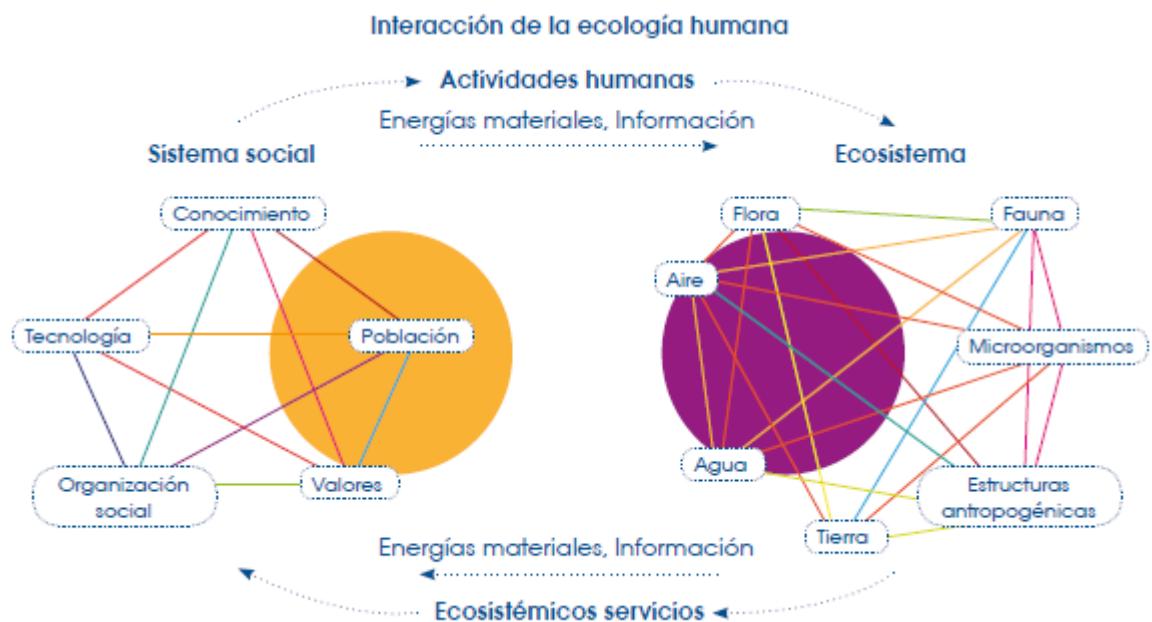
### **14.1.1. ¿Qué es la ecología humana?**

La ecología es la ciencia que estudia las relaciones entre el medioambiente y los seres vivos; por lo tanto, la ecología humana se encarga de estudiar las relaciones entre el medioambiente y las personas.

Cuando hablamos de medioambiente nos referimos a toda la comunidad biológica, es decir, todos los organismos vivos. Sin embargo, el medioambiente también abarca a la comunidad abiótica, que incluye a los factores ambientales y los formados por el ser humano (construcciones), de los cuales dependen los seres vivos para la vida.

Los ecosistemas no son definidos mediante límites o fronteras geográficas, ya que estos pueden ser de cualquier tamaño: pequeño como un estanque de agua e incluso el planeta Tierra.

En la ecología humana, todo el sistema está relacionado con las interacciones medioambientales, estas afectan directamente al comportamiento del ecosistema o se asientan sobre él. En otras palabras, todas las actividades humanas y organizaciones sociales están condicionadas por el medioambiente.



### 14.1.2. Servicios ambientales del ecosistema para los humanos

Para satisfacer todas las necesidades humanas es necesario el uso de los servicios. Estos servicios se basan en los recursos e incluyen el transporte de materia, de energía y de información, los dos últimos con una evidencia menor.

Casi toda la materia que se encuentra en la naturaleza es aprovechada por el ser humano sin embargo, hay sustancias que contienen energía y no es fácil manejarlas. Este es el caso del combustible.

La información proveniente de los servicios ambientales es fácil de detectar mediante la observación, ya que esta se mueve dentro del ecosistema.

Existen ejemplos claros para darnos cuenta del paso de información, estos pueden ser muy cotidianos como un agricultor trabajando en el campo, puesto que, para llegar a este punto, hay un proceso de germinación de semillas y de posterior cosecha; o una persona paseando por el bosque, la que complementa el proceso de fotosíntesis. Estas interacciones permiten que se den otras influencias recíprocas, que son directas entre el sistema social y el ecosistema.

Los ejemplos anteriores son interacciones con efectos mínimos en el ecosistema, pero también hay otras con consecuencias negativas, lo que se puede dar por el mal o indiscriminado uso de los recursos.

Los recursos más usados y los más indispensables para la vida son: el agua, los peces, la madera y la tierra. La mala utilización de estos recursos puede causar efectos muy dañinos al ecosistema.

Otro efecto negativo de los seres humanos a los servicios ambientales es la generación de desechos aunque haya un consumo mínimo de recursos.

A pesar de que los seres humanos tienen la posibilidad de utilizar los ecosistemas para su beneficio, se debe crear nuevas y adecuadas formas de manejo de los servicios ambientales para no terminar con todas las bienes que estos nos ofrecen.

A continuación, relacionaremos mediante un ejemplo claro la interacción social con un impacto negativo en el ecosistema. Hablaremos acerca de la pesca comercial o pesca de arrastre y la destrucción de los hábitats marinos.

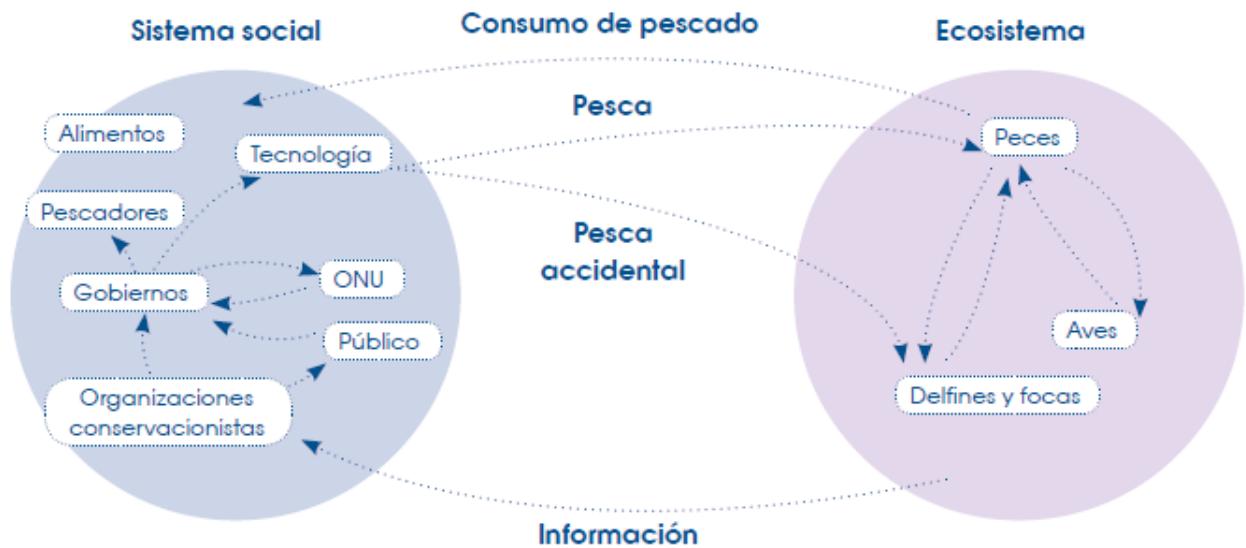
La pesca de arrastre es el método de pesca más común a nivel mundial, también es el más dañino. Presuntamente, esta pesca está dirigida únicamente a los peces que se desean obtener del mar para el consumo del ser humano, esto significa una porción determinada del total de la diversidad de las especies que se encuentran en los fondos marinos.

A pesar de que el afán de los barcos pesqueros no sea dañar el fondo marino, los efectos de estas redes son devastadores.

Estas redes son arrastradas a lo largo de la profundidad y capturan todo lo que hay a su paso hasta afectar el ecosistema de esa zona.

Este tipo de pesca no solo causa daños y destrucción en el medioambiente, también genera efectos negativos en el sistema social. Estos consecuencias generalmente son a largo plazo.

Para representar de una manera clara todos estos efectos, observa en el gráfico las interacciones y sus posibles repercusiones a futuro.



### **14.1.3. Intensidad de la demanda sobre los ecosistemas**

La acciones de la sociedad causan efectos extremadamente negativos a los ecosistemas y generalmente estos son a largo plazo. La relación entre el hombre y el ecosistema básicamente va a depender de la exigencia sobre los recursos que el medio provee y cómo estos pueden ser aprovechados.

Esta relación de dependencia se basa principalmente en la obtención de recursos energéticos que la naturaleza provee para nuestro uso; sin embargo, dentro de los medios que ocupamos, existen unos que son renovables y otros que son no renovables.

Los recursos renovables incluyen a los alimentos, el agua y los productos de origen forestal; mientras que los no renovables son recursos mineros y combustibles.

Generalmente, los seres humanos tendemos a pensar que, como estos recursos son renovables, son recursos infinitos; por este motivo, el hombre los ha usado indiscriminadamente y ha ocasionado que su proceso de regeneración sea mucho más extenso a lo habitual. Despues del uso de estos productos, los devuelve al ecosistema como desechos. Este ciclo del sistema social y su uso es muy simple.

El uso de los servicios ambientales como ya se mencionó, es indispensable, pero el humano tiende a abusar de este hecho y convierte a los recursos en menos aprovechables, lo que limita su disponibilidad.

En la actualidad, requerimos un cambio inmediato sobre la demanda de recursos del ecosistema para que sigan siendo sustentables para generaciones venideras. Lo principal en esta variación es mantenerse bajo los límites de la explotación de los ecosistemas.

Uno de los problemas de mayor peso es el significativo aumento demográfico de la humanidad, que seguramente es el mayor responsable en la destrucción de los ecosistemas. Este crecimiento acelerado se ha acentuado de manera exponencial durante las últimas décadas, lo que ha provocado el crecimiento de las industrias y, en general, una sobredemanda material.

En los últimos años, las personas han percibido de manera muy directa los efectos del abuso de los recursos ambientales. Esto ha provocado que se genere una conciencia ambiental y de conservación.

Este avance ha provocado un mejoramiento en el sistema social y ha reducido, en cierto grado, la intensidad de las exigencias sobre el ecosistema y, a la vez, ha fomentado la utilización de tecnologías más amigables con el medioambiente y que reduzcan la contaminación.

Esta conciencia ambiental se distingue más en países donde las poblaciones generalmente son pequeñas y se tiene mejores accesos a servicios básicos y a una mejor educación;

de ese modo, estas naciones han implementado tecnologías más eficientes. No obstante, los países en vías de desarrollo, en los cuales existen altos índices poblacionales y altos niveles de pobreza, se ven obligados a realizar actividades extremadamente dañinas para el medioambiente, las que han causado efectos desastrosos tanto en sus recursos renovables como no renovables.

Las naciones del primer mundo no cuentan con la materia prima necesaria para satisfacer sus necesidades; la materia prima se extrae de los países en vías de desarrollo. En un contexto económico que se centra en una alta tasa de consumo y, por ende, en una fuerte demanda de producción industrial, se producen efectos ambientales irreversibles que afectan la calidad de vida de todos los seres vivos.

La intensidad de la demanda sobre los ecosistemas puede ser representada en una simple ecuación que ayudaría a entender, de una mejor manera, cómo se podría trabajar de un modo más sustentable frente a los recursos. La ecuación es:

Intensidad de la demanda sobre los ecosistemas = población \* niveles de consumo \* tecnología

Mediante esta ecuación, podemos llegar a determinar la cantidad de recursos materiales y energéticos que requerimos para todo tipo de producción. Además, se puede llegar a definir el porcentaje de contaminación que es generado por las producciones principalmente agrícolas e industriales.

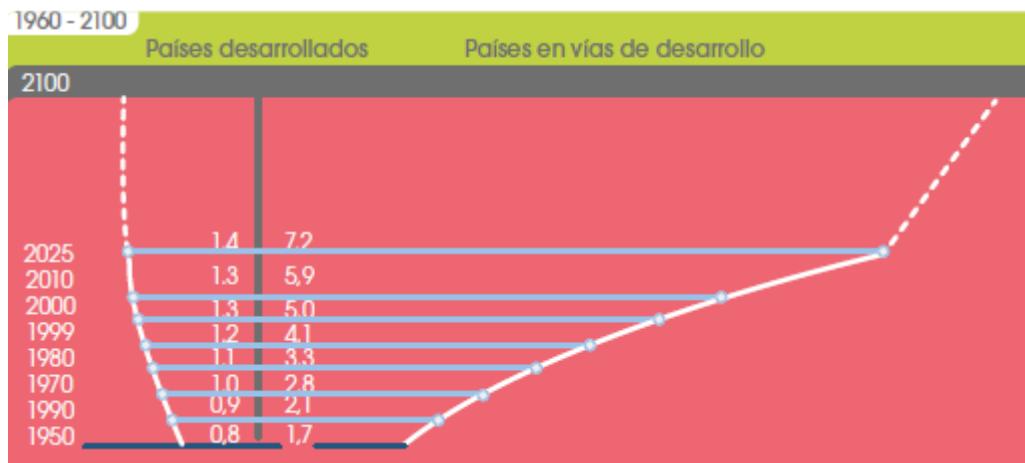
## 14.2. Crecimiento y modelos poblacionales

### 14.2.1. Evolución de la población humana

La población humana sobrepasa los 6,7 mil millones de habitantes y cada día esta cifra se incrementa aproximadamente en 260 000 personas. Su crecimiento se produce en progresión geométrica y se estima que dentro de 50 años la humanidad estará compuesta por 9000 millones de habitantes.

El crecimiento de la población implica un aumento en el consumo de los recursos, lo que conlleva a una mayor demanda de los ecosistemas y genera problemas ambientales.

El aumento de la población es más evidente, sobre todo, en los países en vías de desarrollo. Estas naciones poseen menos medios para afrontar los problemas ambientales, económicos y sociales ligados al aumento demográfico.



Existen dos problemas estrechamente ligados al crecimiento poblacional: el hambre, como efecto de la mala distribución de los recursos, y el acrecentamiento de los asentamientos urbanos.

### 14.2.2. Crecimiento de la población

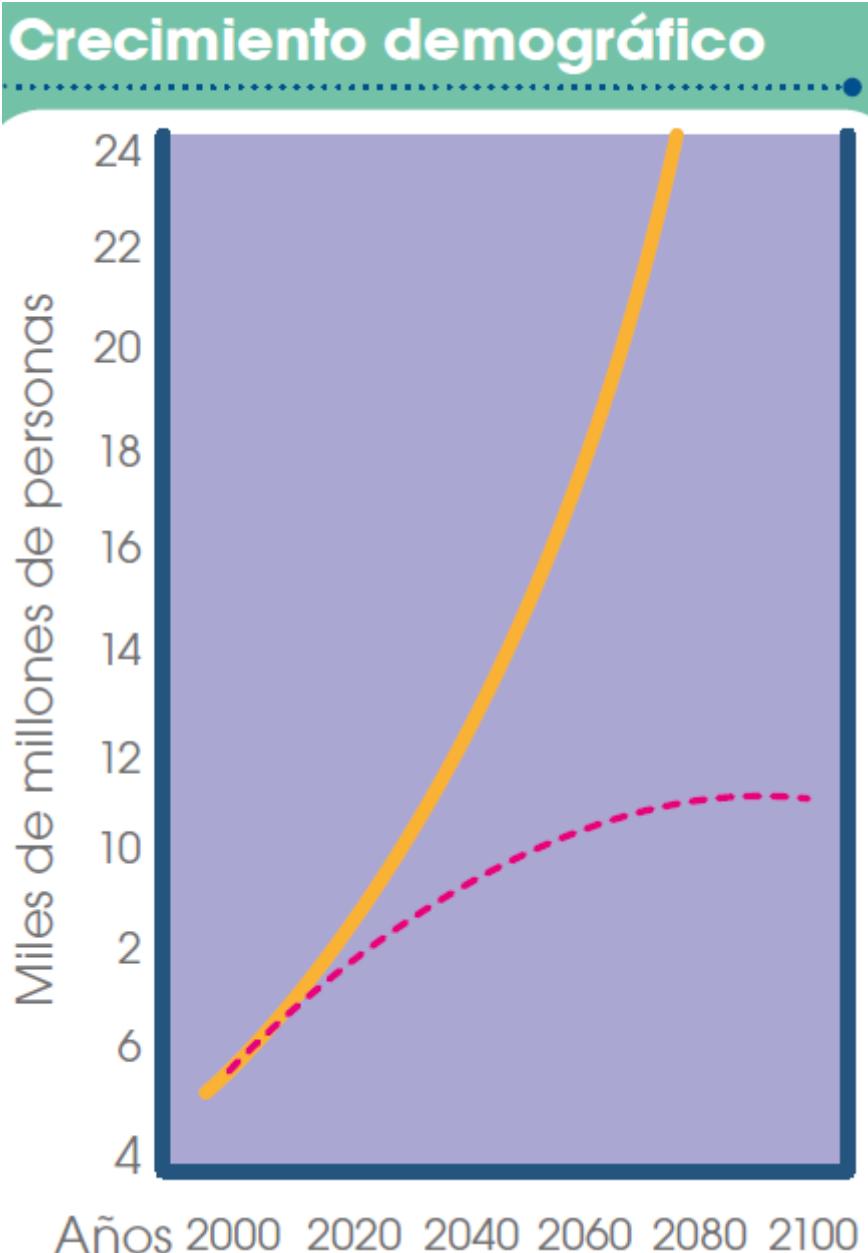
La evolución de la población humana ha sido estudiada por la Organización de las Naciones Unidas (ONU), que ha definido una serie de posibles situaciones y la repercusión demográfica que estas tendrían.

Dos ejemplos de estas situaciones son:

- Los valores de los índices de fecundidad y mortalidad de 1990 se mantienen constantes en el tiempo. Este hecho podría significar problemas de superpoblación en la Tierra.
- La disminución de la tasa de fecundidad y la de mortalidad producen un aumento de la esperanza de vida. Alrededor del año 2100, se llegaría a la población máxima y, a partir de este momento, la cantidad de población empezaría a disminuir.

Estas previsiones coinciden con el siguiente aspecto:

- La Tierra experimentará un rápido crecimiento demográfico durante los próximos cincuenta o sesenta años, el que puede duplicar la población actual.
- La población envejecerá, estará más concentrada en las ciudades y será más pobre, ya que el crecimiento poblacional se concentrará en los países en vías de desarrollo.



#### 14.2.3. Previsión del crecimiento mundial

Como ya hemos visto, nuestro planeta está habitado por millones de personas que pueblan todas las regiones de la Tierra.

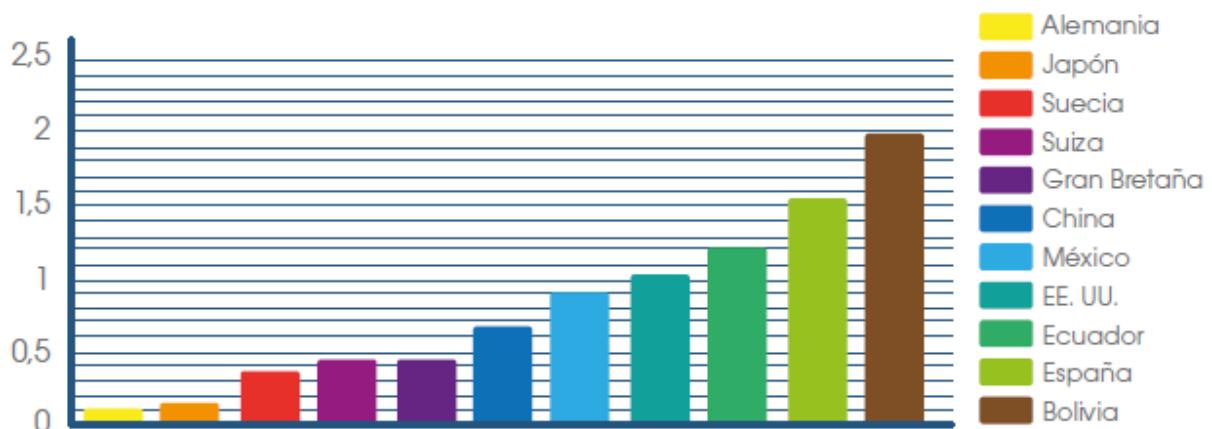
El crecimiento de esta población no ha sido homogéneo en el mundo. En los países en vías de desarrollo se concentra el 82% de los habitantes, mientras que el 18% restante conforma la población de los países industrializados.

En la siguiente tabla podemos ver una proyección de la población mundial hasta el año 2050, según los datos extraídos de los informes de las Naciones Unidas:

	2010	2020	2030	2040	2050
Población total	6 906 558	7 667 090	8 317 707	8 823 546	9 191 287
Países desarrollados	1 232 457	1 253 852	1 260 770	1 256 835	1 245 247
Países en desarrollo	5 674 101	6 413 238	7 056 937	7 566 712	7 946 040
África	1 032 013	1 270 528	1 518 310	1 765 372	1 997 935
América	1 493 668	1 652 730	1 782 754	1 876 486	1 933 374
Asia	4 166 308	4 596 189	4 930 983	5 147 894	5 265 895
Europa	730 478	722 060	706 908	687 244	664 183
Oceanía	35 489	39 482	43 236	46 293	48 742

Fuente: Secretariado de las Naciones Unidas, Proyección de la Población Mundial, 2005 y 2006.

### Tasa de crecimiento anual 2000-2005



Fuente: Secretariado de las Naciones Unidas, Proyección de la Población Mundial, 2005 y 2006.

Los países donde existe más pobreza, desigualdad y problemas ligados al subdesarrollo presentan, en general, mayores niveles de fecundidad y altas tasas de natalidad. Algunos factores que influyen son:

- El tiempo de escolarización: incide sobre la edad en que las mujeres y los hombres deciden tener hijos. Así, en los países en vías de desarrollo, la edad de concepción es menor a la de los países desarrollados.
- La disponibilidad de información sobre sexualidad humana y el acceso a métodos anticonceptivos: Estos recursos son más asequibles en los países desarrollados y contribuyen de forma importante en las decisiones sobre la procreación.
- Mayor tolerancia social hacia las decisiones individuales relacionadas con la procreación, la vida en pareja y la sexualidad: El respeto hacia las resoluciones individuales es más evidente en los países desarrollados.

#### **14.2.3.1. Distribución de la población mundial**

Durante este siglo se prevé un crecimiento demográfico significativo en los países más pobres, el que se verá acentuado a partir de la década de 2020, en este período más del 85% de la población mundial se concentrará en los países en vías de desarrollo. En otras palabras, 4 de cada 5 personas vivirán en países de ingresos bajos.

Asia es la región con mayor población del mundo, ya que concentra más del 60% de habitantes, seguida por América y África, que concentran un 22% y un 15% respectivamente.

Estas tendencias, del crecimiento demográfico, repercutirán en aspectos tan importantes como el progresivo envejecimiento de la población en los países desarrollados, o el aumento de la población en edad laboral en los países en desarrollo.

#### **14.2.4. Modelos poblacionales**

Las poblaciones humanas crecen de una manera exponencial y acelerada, lo que ha llegado a causar problemas a todos los seres vivos. Estos crecimientos tan abruptos dependen directamente de las tasas de natalidad y mortalidad y de cómo los seres humanos se van ajustando a la disponibilidad de los recursos.

Otro factor del cual dependen los niveles poblacionales es el de los cambios ambientales o catástrofes, los que pudieran estar limitando la presencia o el crecimiento humano. Estas condiciones ambientales son típicas en países donde existen una enorme cantidad de huracanes, enfermedades o condiciones climáticas extremas. Para llegar a entender estas relaciones de afluencia dentro de los sistemas biológicos, es importante entender que los seres vivos generalmente dependen y se alimentan de otros para subsistir.

Un ejemplo es la relación entre cazador y presa; otro, es la competencia entre especies para la obtención de un recurso.

Probablemente, el factor más determinante para entender los modelos poblacionales sea el territorio, puesto que, cuando los recursos comienzan a escasear, las poblaciones tienden a migrar y a asentarse en sitios donde los recursos presentan mayor disponibilidad. Los seres humanos han sido marcados por esta característica a lo largo de la historia.

El estudio de los modelos poblacionales en los hombres ha sido extenso y se han desarrollado modelos matemáticos para explicar su crecimiento. Sin embargo, estos no involucran a las migraciones.

Estos modelos poblacionales intentan explicar o predecir que en una población se puede medir la densidad poblacional mediante la siguiente variable:  $P = P(t)$ .

P está representando a los individuos y P(t) cuenta el número de individuos de la población presentes en un tiempo determinado.

El modelo poblacional más utilizado es el modelo exponencial. Este modelo se basa en las leyes de crecimiento demográfico, que son una serie de ecuaciones que miden los niveles de población en unidades de tiempo determinadas. Además, este modelo exponencial involucra tasas de nacimientos y de muertes que en otros modelos no se toman en cuenta. La ecuación de este modelo es la siguiente:

$$dP/dt = (rn - rm)P = rP$$

rn es la tasa de nacimientos de individuos y por unidad de tiempo y, rm es la tasa de muertes. La resta de ambas es la tasa de crecimiento neto (r) dentro de la población.

Este modelo es el que explica, de manera más acertada las tasas de reproducción, crecimiento y muerte de una población fija a lo largo del tiempo.

#### 14.2.5. Capacidad de carga

Este término poblacional se refiere al máximo de población que puede mantenerse de forma indefinida sin agotar los recursos de un medio.

Al estudiar otras especies, se dedujo que cuando una población supera la capacidad de carga de su entorno, su tasa de mortalidad aumenta, lo que reduce la cantidad de población a porcentajes más sostenibles.

Si la población es superior a los recursos disponibles, nos encontramos en una situación de superpoblación, en la cual el hambre y las enfermedades asociadas a la malnutrición aumentarán la tasa de mortalidad.

En épocas pasadas, los grupos humanos emigraban hacia nuevas regiones para aligerar la superpoblación; actualmente, la posibilidad de canalizar la superpoblación mediante las migraciones es mínima, debido a que los territorios con déficit de población han disminuido y también a las estrictas leyes migratorias de muchos países.

El agotamiento de los recursos depende de la población y del nivel de consumo de cada habitante. Existe desigualdad en el uso de los recursos entre los distintos países.

Por estos motivos, algunos autores han propuesto tener en cuenta el Impacto Poblacional Total (IPT), que es el producto de la población por el uso de recursos por habitante.

Actualmente, a los países ricos, que cuentan con superpoblación de recursos, les corresponde el mayor número de unidades de impacto, mientras que a los países pobres, con superpoblación de individuos, una pequeña porción de estas unidades.

Si las unidades de impacto se distribuyeran entre los habitantes del planeta de una forma equitativa y solidaria, disminuiría el consumo de recursos en los países ricos.

La distribución equitativa podría conseguirse mediante la disminución del consumo en los países ricos, pero es una opción difícil de asumir, ya que significa modificar el nivel de vida de estas naciones.

Una solución alternativa es que los países desarrollados usen los recursos de manera más sostenible y apropiada en relación al medioambiente. Con acciones conscientes y con la adaptación de la cultura de ecoconsumidor se puede mejorar los hábitos de muchas empresas o industrias.

## **14.3. Bioingeniería y necesidades humanas**

### **14.3.1. Bioingeniería: Generalidades**

La bioingeniería es una ciencia que tiene un campo de estudio bastante amplio. Ha llegado a crear múltiples metodologías analíticas y sintéticas, mediante la utilización de principios físicos y matemáticos, para aplicar a muchas ciencias relacionadas al mejoramiento de la vida en algunos seres vivos.

El principal enfoque de la bioingeniería es el de la salud y la medicina del ser humano; un elemento de apoyo para esta ciencia ha sido la biotecnología, ya que permite crear y modificar muchos procesos biológicos con fines determinados, como la generación de medicinas, vacunas, prótesis, etcétera.

El desarrollo de la biotecnología involucra a ciencias como la física y la química. Estas son la base para el entendimiento de muchos procesos biológicos en los cuales se van a basar sus estudios.

El principal enfoque de la biotecnología es la medicina, teniendo una gran relación con la ciencia de la biología que nos ayuda a entender los procesos y ciclos biológicos de muchos organismos. Igualmente, nos ayuda a entender las relaciones entre los procesos biotecnológicos y su interacción con las metodologías de manejo y de operación de los sistemas biológicos.

### **14.3.2. Ramas de la bioingeniería**

#### **14.3.2.1. Ingeniería de bioprocessos**

En la ingeniería de bioprocessos se involucra a todos los organismos vivos y sus respectivos componentes celulares para que provean bienes o servicios a los seres humanos. Cuando

hablamos de bienes nos referimos principalmente a la salud y la alimentación.

Salud se refiere a la generación de antibióticos, vacunas, hormonas, ácidos orgánicos, etcétera.

Sin embargo, existen otros bienes, de gran aporte y que no están relacionados con la salud, como los biocombustibles.

En los servicios que proveen bienes a los seres humanos, incluimos a los procesos de biorremediación, tratamiento de efluentes, entre otros. Que en una forma abreviada los podemos denominar bioprocessos.

Un bioprocreso involucra a todos los procedimientos con determinados sustratos o nutrientes, los que son transformados, mediante acción biológica (microorganismos, células, tejidos), en biomasa y otros productos.

Un bioprocreso es caracterizado por tener:

- Catalizador biológico: Generalmente son enzimas, microorganismos, células vegetales, células animales, células insecto, hongos filamentosos, algas, plantas y animales.
- Biorreactor: Es un recipiente que ayuda a que la reacción ocurra en forma controlada.

La aplicación de esta rama a los alimentos es denominada biotecnología en alimentos.

La biotecnología en alimentos incluye al ámbito social para su funcionamiento. El uso de esta biotecnología beneficia tanto al agricultor como al consumidor: Se producen cultivos con un mejor resultado y rendimiento, y los consumidores tienen más ofertas a lo largo del año.

Beneficios de la biotecnología en la actualidad:

- Resistencia a las enfermedades.
- Reducción del uso de pesticidas.
- Alimentos más nutritivos.
- Tolerancia a los herbicidas.
- Cultivos de crecimiento más rápido.
- Mejor sabor y la calidad.

Se ha estudiado ampliamente la intervención de la biotecnología en varios alimentos como :

- Maíz, soja y algodón que con las mejoras de la biotecnología, no necesitan tantos herbicidas/pesticidas.

- Soja con menor contenido de grasas saturadas y mayor contenido de ácido oleico, lo que ofrece una mejor estabilidad cuando se fríe.

#### **14.3.2.2. Ingeniería genética**

Este campo de estudio se inició en la década de los 70 y se comenzó a perfeccionar mediante las técnicas de manipulación de ADN, a partir de los análisis iniciales de esta molécula de la vida se llamó así a estos procesos.

Su principal enfoque es el estudio de la molécula de la herencia o ADN, lo que se hace mediante la introducción de ADN modificado a células vivas e incorporando como parte del material genético de estas. Numerosas investigaciones surgieron a partir de esta molécula; por ejemplo, la fracción del ADN humano que regula la síntesis de insulina. Estas técnicas también son incorporadas en temas de gran ayuda para la sociedad, ya que permiten solucionar problemas relacionados, principalmente con la salud.

El campo de la ingeniería genética es muy extenso y abarca a todos los seres vivos del planeta; sin embargo, hay unos grupos más examinados que otros.

#### **14.3.2.3. Ingeniería genética en bacterias**

Las bacterias son los organismos más analizados dentro del campo de la ingeniería genética. La bacteria más usada es la *Escherichia coli*. Sin embargo, en el campo de la microbiología existen muchas bacterias estudiadas con gran importancia para la salud humana.

#### **14.3.2.4. Ingeniería genética en levaduras y hongos**

Las levaduras y hongos, junto a las bacterias, son los sistemas mayormente estudiados. La levadura de *Saccaromyces cerevisiae* fue el primer genoma eucariota en ser secuenciado en su totalidad. Existen otras levaduras de importancia como la *P. pastoris*, que es utilizada para conseguir proinsulina en cultivo discontinuo y quitinasa en cultivo continuo. En el campo de los hongos, el que más se ha utilizado, y se destaca por su labor médica, pertenece al género *Penicillium*.

#### **Manipulación genética para determinar un nuevo hongo**

En la Universidad de Oregón en EE. UU. se descubrió a un hongo llamado *Fusarium graminearum*, con compuestos muy diferentes a los comunes y que podría servir para la generación de nuevos antibióticos. Este hongo se puede manipular únicamente a nivel genético, mediante el silenciamiento de sus genes, y gracias a la ingeniería genética que podría tener propiedades muy útiles para la medicina y quizás para la producción de biocombustibles también.

#### **14.3.2.5. Ingeniería genética en animales**

La manipulación genética en animales tiene diversos enfoques; entre estos están: generar animales con enfermedades de interés médico humano para investigaciones, aumentar el rendimiento en la producción del ganado, de la elaboración de fármacos, entre otros.

Los animales que se han llegado a producir mediante técnicas de ingeniería genética animal incluyen a:

**Peces transgénicos:** Son de fácil manipulación y han sido objeto de muchos estudios. Poseen fecundación externa lo que permite que la modificación de sus huevos sea más accesible y que, de ese modo, se pueda estudiar mejor las etapas de su desarrollo.

**Mamíferos:** Los mamíferos más estudiados son los ratones modificados por ingeniería genética en laboratorios (ratones knockout o KO); a pesar de que estos ya poseen demasiadas mutaciones en su genoma, su uso es puramente científico.

##### **Los peces cebra**

Son peces originarios de la India y de Bangladés, actualmente están distribuidos a nivel mundial. Su cuerpo es alargado, un poco aplanado y con presencia de una aleta dorsal. Son peces relativamente pequeños, alcanzan máximo 6 cm de longitud y su boca está para arriba. A pesar de que el color original de estos peces va de plateado a dorado, este presenta a lo largo de su cuerpo, bandas azules, entre 5 a 9 franjas, lo que le da su nombre característico.

#### **14.3.2.6. Ingeniería genética en plantas**

Actualmente, existen más de cuarenta especies de plantas modificadas genéticamente o transgénicas las que han conseguido tener características que no poseían como ser resistentes a enfermedades producidas por virus, a bacterias e incluso a insectos. También han desarrollado distintas mejoras como el aumento de la calidad y de la producción de un producto de interés comercial y agrícola, lo que refuerza su resistencia a diferentes factores ambientales.

En los productos de interés humano, como las plantas que dan frutos, la ingeniería genética ha ayudado a que tengan una maduración lenta y que lleguen al consumidor conservando su sabor, color, olor y textura intactos.

La biotecnología ha permitido el desarrollo de plantas transgénicas que tienen un alto potencial a nivel farmacológico, generando anticuerpos, hormonas y hasta proteínas.

#### **14.3.2.7. Ingeniería biomédica**

Dentro de la ingeniería biomédica es muy común referirse a conceptos de medicina y biología. En esta rama se combina el diseño y la capacidad de resolver problemas para el

mejoramiento de la salud humana, de ese modo generar un diagnóstico y dar un tratamiento adecuado a los pacientes. Esta rama debido a lo extensa y compleja, ha surgido como una disciplina en la cual se enfoca la gran parte de la comunidad científica mundial.

Esta evolución interdisciplinaria dentro del campo de la biomédica consiste, principalmente, en la investigación y el desarrollo, por lo tanto abarca un gran rango de subcampos.

En cuanto a las aplicaciones de esta disciplina se incluyen: el desarrollo de prótesis biocompatibles; la generación de dispositivos que ayuden a determinar un mejor diagnóstico y terapia del paciente los que van desde dispositivos clínicos para microimplantes, hasta equipos que ayuden a una mejor visualización de anomalías dentro del cuerpo, como las resonancias magnéticas y los encefalogramas; la realización de estudios de enfoque sobre el crecimiento de tejido regenerativo, fármacos y productos biológicos de alto interés terapéutico.

#### **14.3.2.8. Biomimética**

La biomimética o biomimetismo es una ciencia, dentro del campo de la biomedicina, que estudia a la naturaleza como fuente interminable de ideas e inspiración para la generación de dispositivos y artefactos tecnológicos que ayuden a resolver los problemas de los humanos, los cuales la naturaleza, en su evolución, ya los ha solucionado. Dentro de esta rama se estudian otras ciencias, y modelos de sistemas como la mecánica, procesos químicos y elementos que se basan en la naturaleza.

La biomimética, además, es utilizada en la literatura científica y en las ingenierías, ya que hace referencia a los procesos de comprensión y aplicación de soluciones que da la naturaleza, estos procesos se muestran como principios biológicos, biomateriales o de cualquier otra índole para colaborar a la solución de los problemas humanos.

La naturaleza y el universo, en general, superan al ser humano con millones de años de evolución y de desarrollo. Por este motivo, la humanidad ha optado por reproducir sus modelos de creación, de adaptación y de organización.

Ya se han creado muchos modelos de esta rama. Un caso muy conocido es acerca del Kevlar, es un tejido que es incomparable con cualquier otro gracias a la resistencia que tiene que es muy similar al tejido de una araña. Otro ejemplo simple y muy conocido es la cabeza de los trenes de alta velocidad del cual se ha tomado como modelo a la forma de la cabeza que tienen los patos.

Actualmente nuevos campos se están generando a partir de esta ciencia, el más conocido es la nanotecnología que se enfoca principalmente a la utilización de metodologías de síntesis novedosas que intentan imitar la síntesis de autoensamblaje y con altos rendimientos de la naturaleza.

Janine Benyus realizó una afirmación que va muy de acuerdo con la biomimética, ella dijo: «El primer nivel es imitar la forma natural. Pero se puede acceder a un segundo nivel, que es cuando se imita el proceso natural. Y un tercero, copiando el funcionamiento de los ecosistemas».

(Sarah E. Gilpin y Harald C. Ott. Using Nature´s Platform to Engineer Bio-Artificial Lungs. 2015).

Nueva técnica para reparar pulmones dañados que no pueden trasplantarse.

Esta técnica consiste principalmente en generar pulmones de colágeno o cauchos de silicona que servirá para pacientes afectados de Enfermedad Pulmonar Obstructiva Crónica (EPOC). Esta técnica fue descubierta por Sarah Gilpin y Harald Ott que tratan los pulmones dañados de los pacientes y los pulmones donados que también están dañados con células madre que servirán para reparar esos tejidos. Ott ya consiguió varios pulmones artificiales y actualmente se encuentran en prueba en ratones de laboratorio y en un futuro se espera incorporarlo a los seres humanos.

(Sarah E. Gilpin y Harald C. Ott. Using Nature´s Platform to Engineer Bio-Artificial Lungs. 2015).

# **15. Anatomía y fisiología de los seres vivos**

## **15.1. Sistema nervioso y endócrino**

### **15.1.1. La función de la relación**

La función de relación nos permite percibir información de nuestro cuerpo, tanto del interior como del exterior, para analizarla y elaborar una respuesta adecuada.

De este modo, podemos dividir la función de relación en tres fases: percepción de la información, análisis de la información y emisión de una respuesta.

#### **15.1.1.1. Percepción de la información**

Obtenemos información del ambiente que nos rodea mediante los órganos de los sentidos; estos actúan como receptores de estímulos externos, (una luz, un sonido o un sabor).

Los sentidos son: vista, oído, equilibrio, olfato, gusto y tacto.

También existen receptores internos que captan las condiciones del interior del cuerpo. Un caso de lo anterior son, los barorreceptores, que captan los cambios de presión sanguínea en las arterias; los quimiorreceptores, que detectan las variaciones de concentración de oxígeno y de dióxido de carbono de la sangre; etcétera. Estos receptores se encuentran conectados con los centros nerviosos mediante los nervios.

#### **15.1.1.2. Análisis de la información**

Todos los estímulos captados por los órganos de los sentidos y por los receptores internos son transmitidos al sistema nervioso. En este se analiza la información y se genera una reacción o respuesta. El sistema nervioso está formado por el sistema nervioso central y el sistema nervioso periférico.

### **15.1.1.3. Emisión de respuesta**

Las respuestas o reacciones de nuestro organismo son ejecutadas por el aparato locomotor y el sistema endócrino, que se encargan de llevar a cabo el movimiento de los órganos y la regulación de su funcionamiento. El sistema locomotor está formado por los huesos y los músculos. El sistema endócrino está constituido por diversas glándulas que elaboran unas sustancias denominadas hormonas.

## **15.1.2. Los órganos de los sentidos**

Los sentidos son la puerta de entrada de los estímulos y nos proporcionan información del mundo que nos rodea.

A continuación describiremos los órganos implicados en los sentidos de la vista, el oído, el equilibrio, el olfato, el gusto y el tacto, así como su mecanismo de funcionamiento.

### **15.1.2.1. Vista**

El sentido de la vista nos permite apreciar el color, la forma, el tamaño y la distancia a la que se encuentran los objetos.

La vista se da a través de los ojos, dos órganos casi esféricos, también denominados globos oculares, situados en dos cavidades de los huesos de la cabeza.

A continuación, vamos a ver las partes que se distinguen en el ojo y sus funciones.

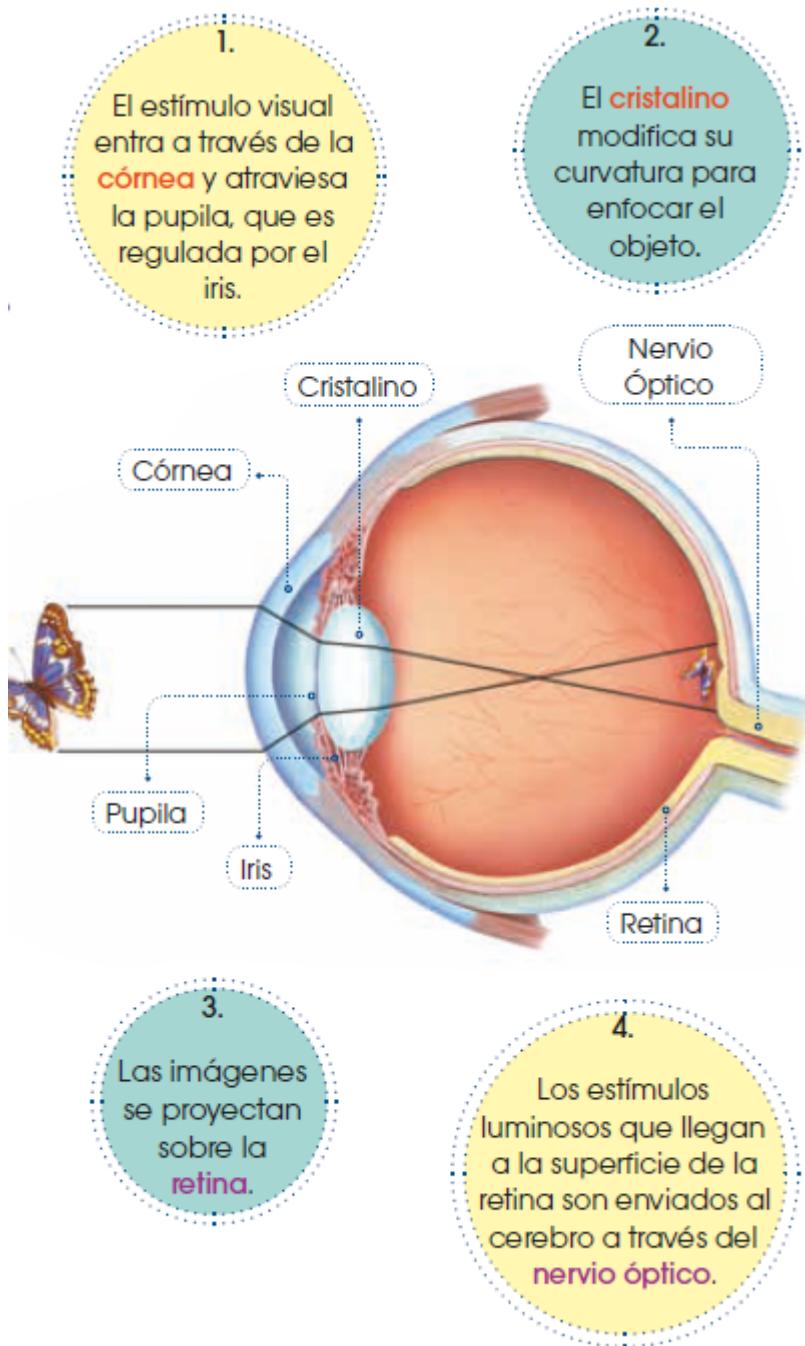
- Córnea: Capa transparente que recubre la parte anterior del ojo.
- Iris: Capa que puede dilatarse o contraerse y, de este modo, regular el paso de la luz. Esta presenta un orificio, denominado pupila, por donde la luz penetra al interior del ojo.
- Esclerótica: Capa que da forma y consistencia al globo ocular.
- Conjuntiva: Membrana que recubre y protege el globo ocular y el interior de los párpados.
- Humor acuoso: Sustancia líquida que llena la cavidad situada entre la córnea y el cristalino.
- Cristalino: Membrana que tiene forma de lente y permite enfocar las imágenes exactamente sobre la retina. Esta estructura está sujetada por músculos que modifican su curvatura para favorecer el enfoque.
- Humor vítreo: Sustancia gelatinosa que ocupa la parte interna del globo ocular. Junto con el humor acuoso, nutre la córnea y el cristalino.

- Retina: Lámina de células que recubre la parte posterior e interna del ojo. Es la parte sensible a la luz que transmite la información al nervio óptico. En la parte externa del ojo se distinguen diversas estructuras encargadas de su protección.
- Párpados: Capas de tejido que cubren la parte anterior del ojo, reparten las lágrimas y protegen el ojo de la desecación.
- Pestañas: Pelos pequeños situados en los párpados que hacen sombra encima de la pupila.

- Cejas: Pelos que cubren las prominencias situadas encima de los ojos, desvían el sudor y evitan que entre en los ojos.

Veamos cómo participan en el mecanismo de la visión las estructuras anteriores.

1. El estímulo visual entra a través de la córnea y atraviesa la pupila, que es regulada por el iris.
2. El cristalino modifica su curvatura para enfocar el objeto.
3. Las imágenes se proyectan sobre la retina.
4. Los estímulos luminosos que llegan a la superficie de la retina son enviados al cerebro a través del nervio óptico.



La trayectoria de los rayos de luz es rectilínea y, al penetrar en el ojo por un orificio pequeño, se entrecruzan; como consecuencia, se forma sobre la retina una imagen invertida del objeto observado.

Después el cerebro interpreta correctamente la imagen.

La retina está formada por células denominadas fotorreceptoras porque captan la energía de la luz. Estas pueden ser de dos tipos: conos y bastones.

Los conos perciben detalles de las imágenes y permiten la visión en color.

Los bastones captan el negro, el blanco y matices de gris, a causa de su gran sensibilidad a la luz.

### 15.1.2.2. Oído

Gracias a este sentido percibimos la intensidad, la duración y el timbre de los sonidos.

Los órganos receptores son los oídos, situados en la parte lateral del cráneo.

Lo sentidos más desarrollados en el ser humano son el oído y la vista.

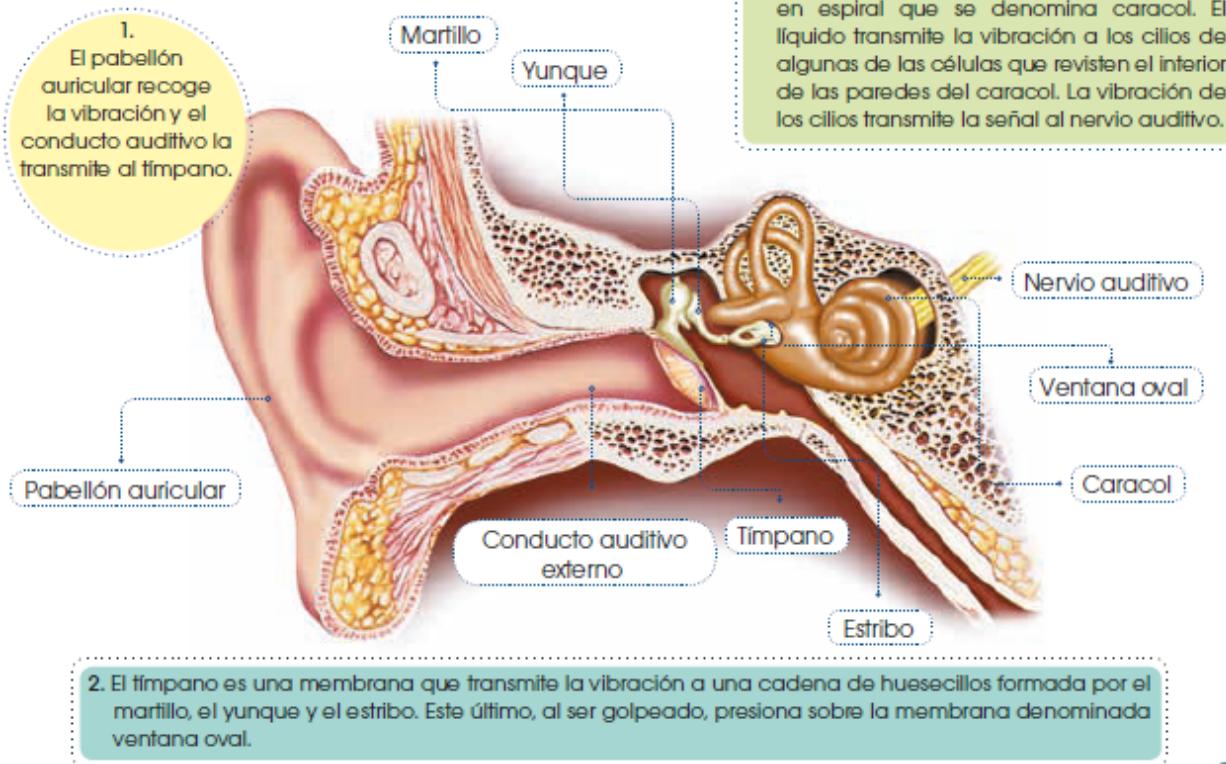
En el oído se distinguen tres partes:

- Oído externo. Consta del pabellón auricular, u oreja, y del conducto auditivo externo.
- Oído medio. Consta del tímpano, el martillo, el yunque, el estribo y la ventana oval.
- Oído interno. Consta del caracol y el nervio auditivo.

El mecanismo de la audición es el siguiente:

1. El pabellón auricular recoge la vibración y el conducto auditivo la transmite al tímpano.
2. El tímpano es una membrana que transmite la vibración a una cadena de huesecillos formada por el martillo, el yunque y el estribo. Este último, al ser golpeado, presiona sobre la membrana denominada ventana oval.
3. La vibración de la ventana oval pasa al líquido del interior de una cavidad enrollada en espiral que se denomina caracol. El líquido transmite la vibración a los cilios de algunas de las células que revisten el interior de las paredes del caracol. La vibración de los cilios transmite la señal al nervio auditivo.

El mecanismo de la audición es el siguiente:



### 15.1.2.3. Equilibrio

El equilibrio es el sentido que nos permite percibir y controlar la postura del cuerpo.

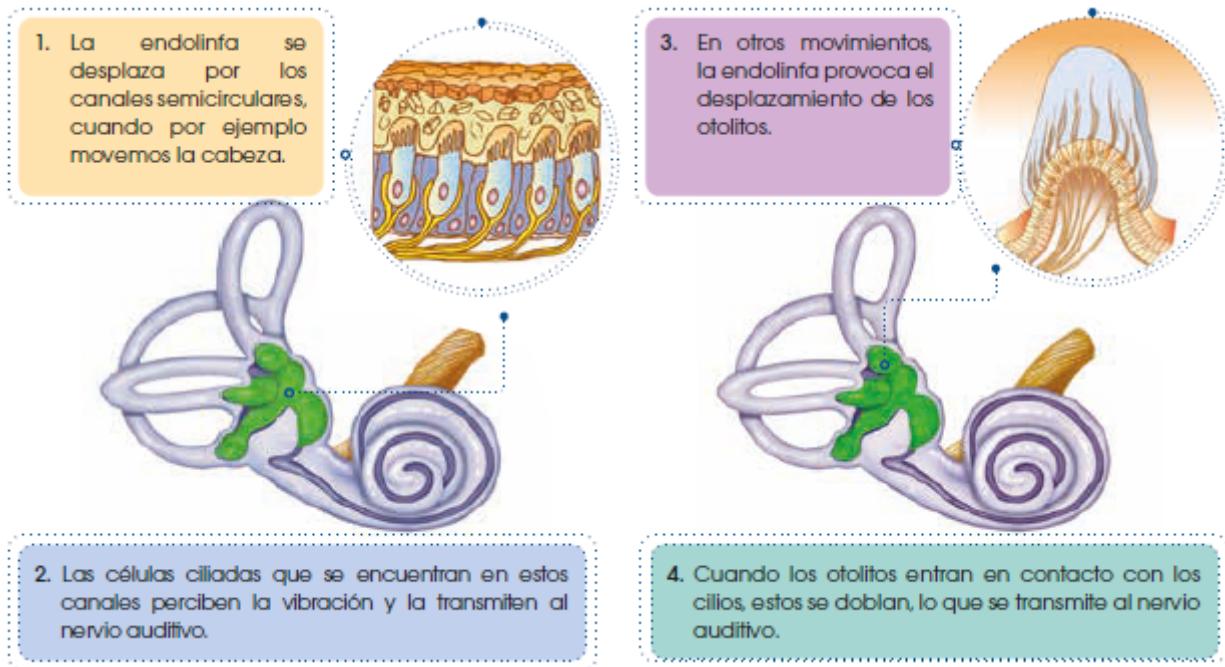
El aparato vestibular es el órgano del equilibrio y se encuentra en el oído interno.

Está compuesto por:

- Canales semicirculares. Conductos llenos de un líquido denominado endolinfa.
- Órganos otolíticos. Pequeños sacos denominados sáculo y utrículo, estos contienen gránulos calcáreos que reciben el nombre de otolitos.

A continuación veremos el mecanismo del equilibrio:

1. La endolinfa se desplaza por los canales semicirculares, cuando por ejemplo movemos la cabeza.
2. Las células ciliadas que se encuentran en estos canales perciben la vibración y la transmiten al nervio auditivo.
3. En otros movimientos, la endolinfa provoca el desplazamiento de los otolitos.
4. Cuando los otolitos entran en contacto con los cílios, estos se doblan, lo que se transmite al nervio auditivo.



#### 15.1.2.4. El equilibrio del cuerpo

Vamos a comprobar, fácilmente, cómo en el sentido del equilibrio también contribuye la información que obtenemos a través de la visión, la piel, etcétera.

- Ponte de pie y levanta una pierna.
- Baja la pierna y repite el proceso con los ojos cerrados.

Con los ojos cerrados es más difícil equilibrar el cuerpo, ello se debe a que la visión nos permite observar las características del espacio y nos ofrece puntos de referencia que contribuyen a mantener el equilibrio.

#### 15.1.2.5. Olfato

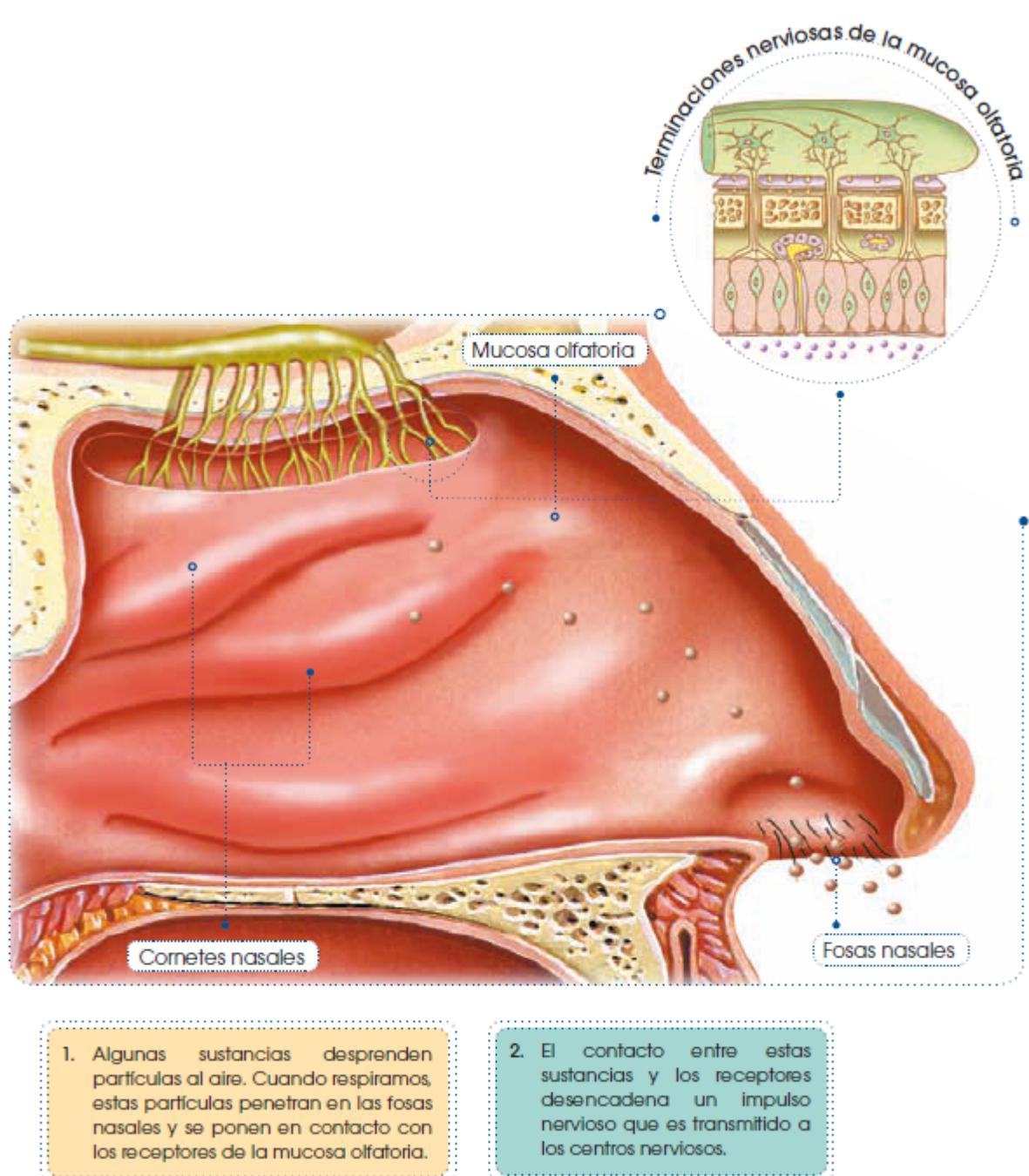
Gracias al sentido del olfato captamos estímulos producidos por la presencia de sustancias químicas en el aire, o bien en los alimentos que entran en la boca.

En la nariz o cavidad nasal se halla el órgano del olfato. Veamos cuáles son sus partes:

- Fosas nasales. Orificios por los que entra el aire y que comunican con la cavidad bucal.
- Cornetes nasales. Invaginaciones de las paredes de las fosas nasales.
- Mucosa olfatoria. Mucosa que recubre las paredes de los cornetes nasales.

El mecanismo gracias al cual percibimos los olores es el siguiente:

1. Algunas sustancias desprenden partículas al aire. Cuando respiramos, estas partículas penetran en las fosas nasales y se ponen en contacto con los receptores de la mucosa olfatoria.
2. El contacto entre estas sustancias y los receptores desencadena un impulso nervioso que es transmitido a los centros nerviosos.



### 15.1.2.6. Gusto

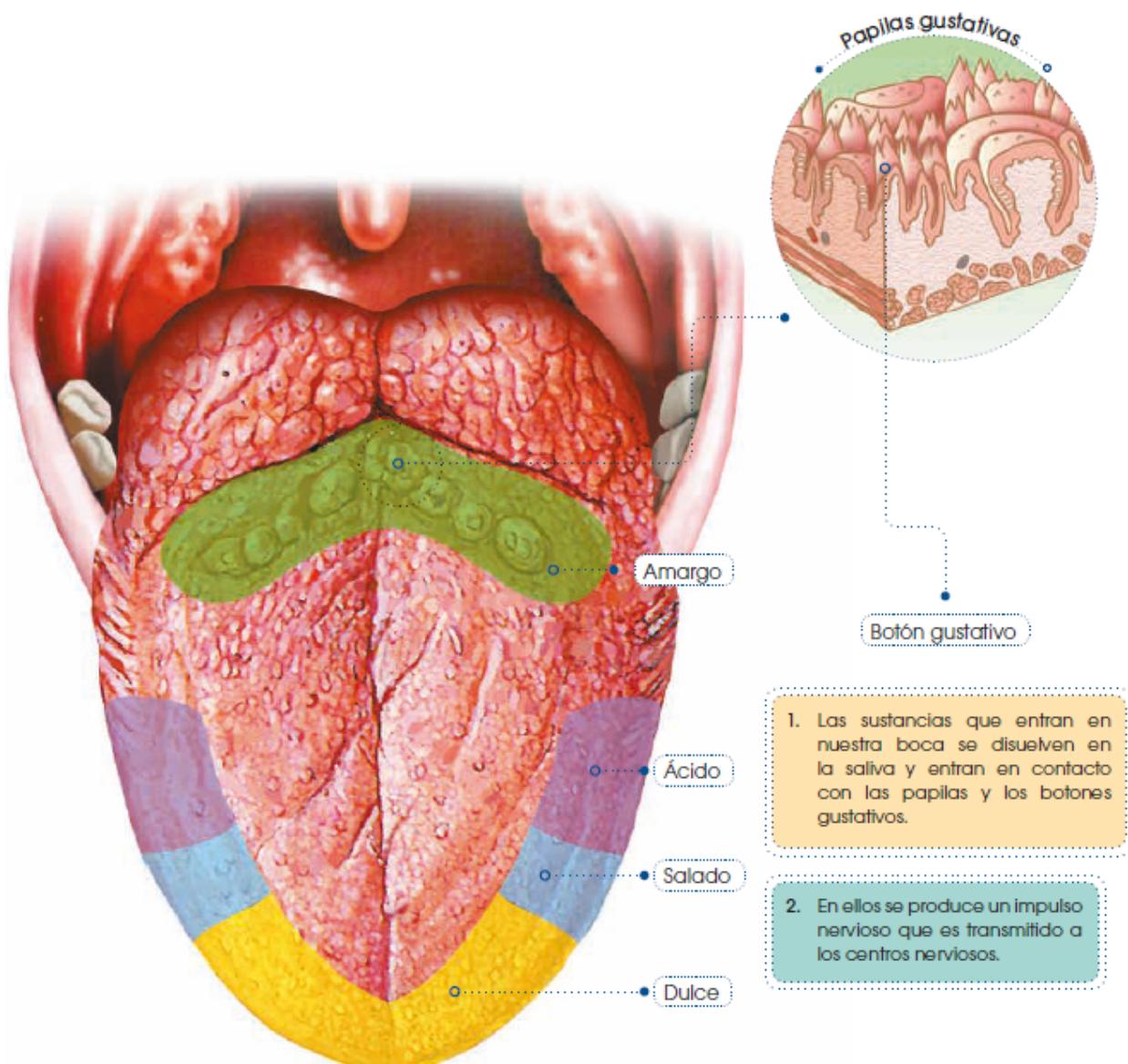
El sentido del gusto nos permite percibir diferentes características de los alimentos: dulce, salado, ácido y amargo.

En la lengua se encuentra el sentido del gusto y en ella diferenciamos:

- Papilas gustativas. Invaginaciones de la lengua.
- Botones gustativos. Estructuras en las que se encuentran los receptores del gusto.

El mecanismo por el que percibimos los gustos es el siguiente:

1. Las sustancias que entran en nuestra boca se disuelven en la saliva y entran en contacto con las papilas y los botones gustativos.
2. En ellos se produce un impulso nervioso que es transmitido a los centros nerviosos.



## El sabor

El sabor es la sensación que nos provocan los alimentos o las bebidas. Está formado por la combinación de dos tipos de estímulos, los olfativos y los gustativos.

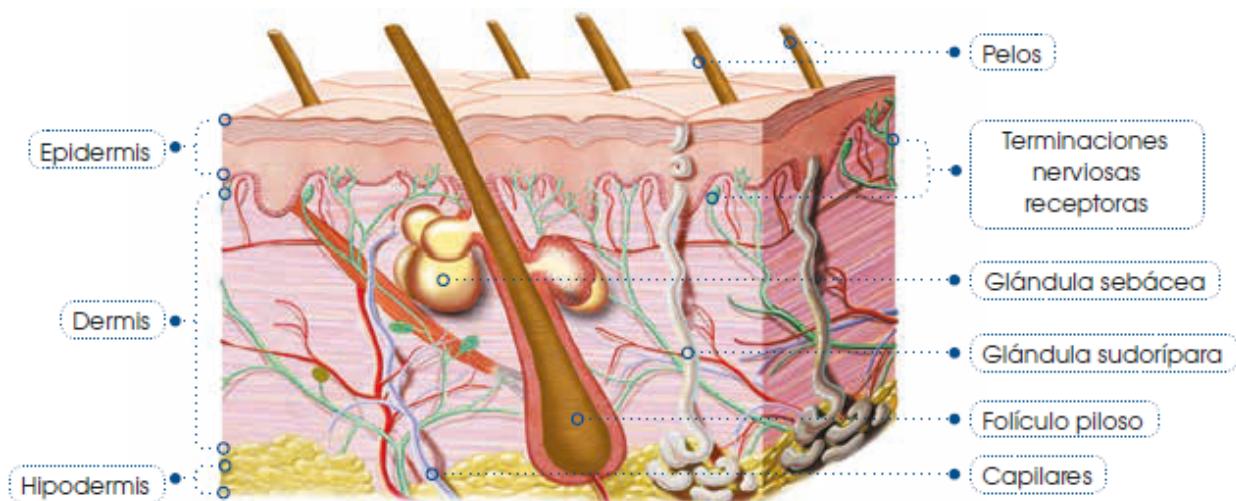
### 15.1.2.7. Tacto

La función del sentido del tacto es reconocer la forma, la temperatura, y otras características de los objetos cuando entra en contacto con ellos.

El sentido del tacto está repartido por toda la piel del cuerpo.

En la piel distinguimos tres capas que van desde el exterior hacia el interior del cuerpo: epidermis, dermis e hipodermis. En las dos primeras existen diferentes tipos de receptores sensibles a diversos estímulos.

- Epidermis: Es la capa externa, formada por tejido epitelial, y en esta se encuentran los receptores que captan el dolor.
- Dermis: Es la capa interna y está formada por tejido conectivo, tejido muscular, capilares, glándulas, y más. En la dermis se encuentran los receptores de la temperatura, la presión y el contacto.
- Hipodermis: Esta formada por una capa de tejido adiposo de grosor variable y una capa de tejido conectivo que une la piel con los órganos y tejidos adyacentes.



## Componentes de la piel

En la piel encontramos diversos componentes como los pelos, que ayudan a conservar el calor corporal; las glándulas sebáceas, que segregan una sustancia grasa que da elasticidad al pelo y a la piel; o las glándulas sudoríparas, que producen y segregan el sudor, el cual interviene en la regulación de la temperatura corporal.

## **15.2. El sistema nervioso**

El sistema nervioso analiza todos los estímulos captados por los órganos de los sentidos y por los receptores internos, y también elabora respuestas. La transmisión de esta información es llevada a cabo gracias a las características de las neuronas, que son las células que constituyen este sistema.

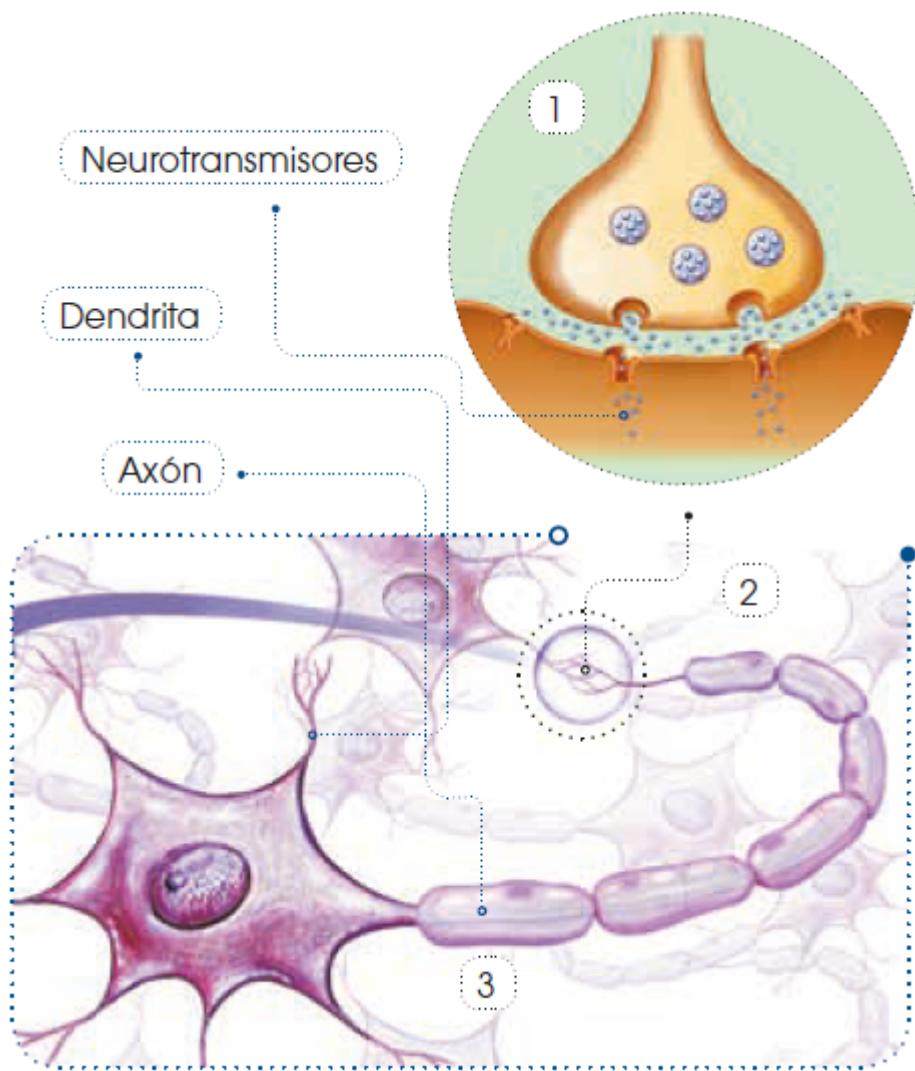
A continuación estudiaremos las neuronas y su funcionamiento en el sistema nervioso central y sistema nervioso periférico.

### **15.2.0.1. Las neuronas**

Los cuerpos de las neuronas se agrupan y constituyen los centros nerviosos del cerebro, como el encéfalo. Los axones de las neuronas de estos centros forman los nervios.

Las neuronas se comunican entre sí, transmitiendo la información en pequeñas corrientes eléctricas, estas son los impulsos nerviosos.

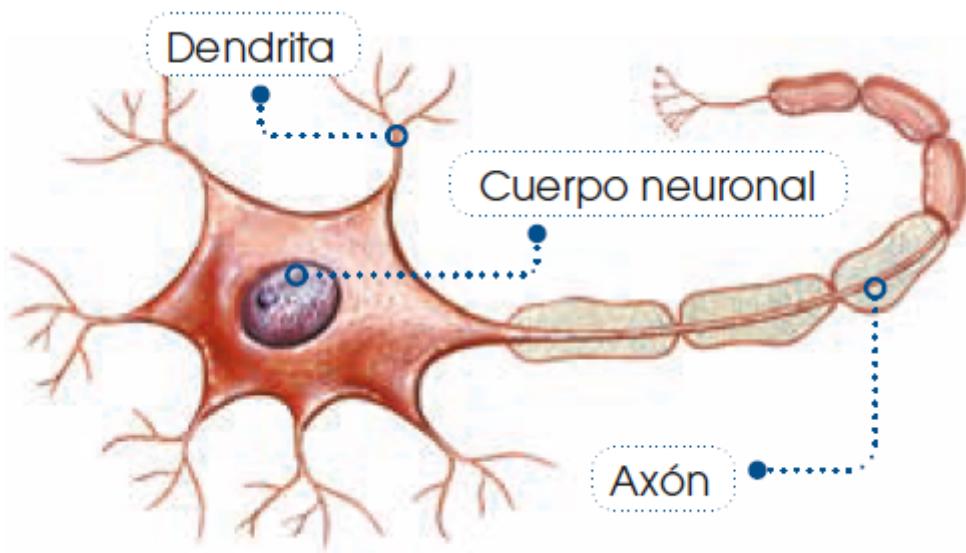
La neurona que emite un impulso nervioso es la neurona presináptica y la neurona que lo recibe es la neurona postsináptica.



La comunicación entre las neuronas se establece en unas uniones denominadas sinapsis, formadas por el extremo de la neurona presináptica y una dendrita de la neurona postsináptica. El espacio que queda entre ambas es el espacio intersináptico. Veamos cómo tiene lugar la transmisión del impulso nervioso en la sinapsis:

1. El impulso nervioso viaja por la neurona presináptica desde las dendritas hasta el extremo del axón.
2. Este impulso provoca la liberación de unas sustancias, denominadas neurotransmisores, al espacio intersináptico.
3. Los neurotransmisores cruzan este espacio y se unen a la dendrita de la neurona postsináptica, produciendo en esta un nuevo impulso nervioso, provoca la liberación de unas sustancias, denominadas neurotransmisores, al espacio intersináptico.

### Estructura celular de la neurona



En las neuronas se distinguen tres partes:

- Cuerpo neuronal. Es la parte de la neurona que contiene el núcleo y la mayor parte del citoplasma.
- Dendritas. Ramificaciones cortas que parten del cuerpo de la neurona. A través de las dendritas, las neuronas se conectan entre sí y reciben la información.
- Axón. Prolongación más larga que las dendritas y poco ramificada. Su función es transmitir información a otras neuronas.

#### **15.2.0.2. El sistema nervioso central**

El sistema nervioso central analiza la información y emite respuestas, está formado por un gran número de neuronas. Los cuerpos de estas son de color gris y sus axones son blanquecinos, debido a la mielina que los recubre. Por ello, las zonas donde se acumulan cuerpos neuronales se denominan sustancia gris y las zonas con haces de axones, sustancia blanca.

En el sistema nervioso central se distinguen dos grandes centros nerviosos: el encéfalo y la médula espinal.

- El encéfalo está en el interior del cráneo, comprende al cerebro, al cerebelo y al tronco encefálico.
- La médula espinal se encuentra en el interior de la columna vertebral. Esta es la vía de conexión entre el encéfalo y el resto del cuerpo.

Todo el sistema nervioso central está recubierto por tres membranas, denominadas meninges, separadas entre sí por el líquido cefalorraquídeo. La función de las meninges y del

líquido cefalorraquídeo es proteger el sistema nervioso central, amortiguando los efectos que pueden causar los movimientos bruscos del cuerpo.

A continuación vamos a estudiar las características de cada uno de los órganos que componen el encéfalo:

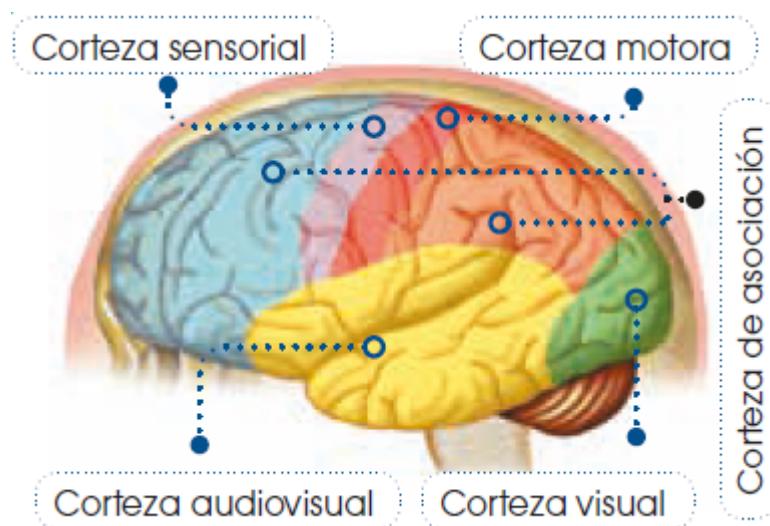
## Cerebro

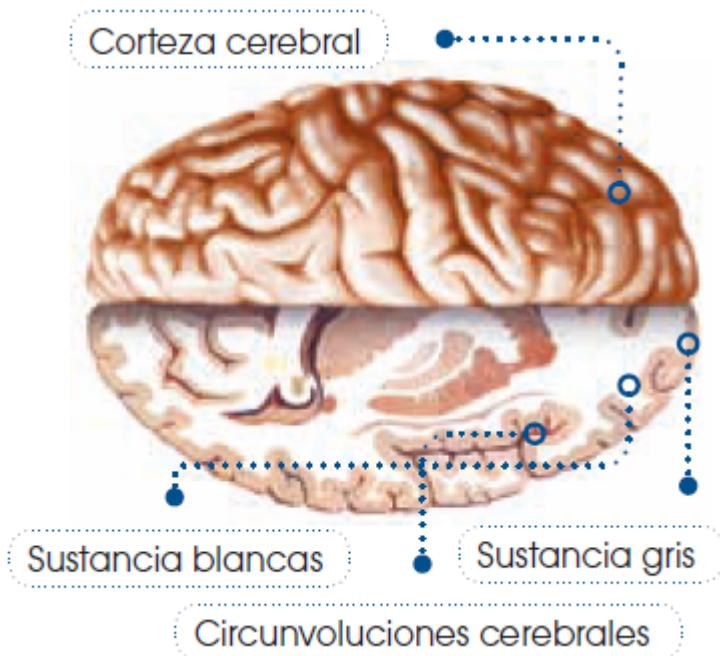
El cerebro se divide en dos mitades denominadas hemisferios.

La corteza cerebral es la parte externa y presenta numerosos repliegues denominados circunvoluciones cerebrales. La corteza cerebral está formada por sustancia gris, mientras que la sustancia blanca constituye la parte interna del cerebro.

Según la función, en la corteza, se distinguen diferentes áreas.

- Corteza motora. Se encarga de enviar una señal a través de los nervios a los músculos para que realicen el movimiento.
- Corteza sensorial. Recibe la información de los receptores del tacto, la temperatura, el dolor y el gusto a través de los nervios.
- Corteza visual. Recibe las sensaciones visuales.
- Corteza auditiva. Recibe los estímulos sonoros.
- Corteza de asociación. Analiza la información y elabora las respuestas. En esta área tienen lugar las funciones relacionadas con la memoria, el pensamiento y la capacidad de decisión.

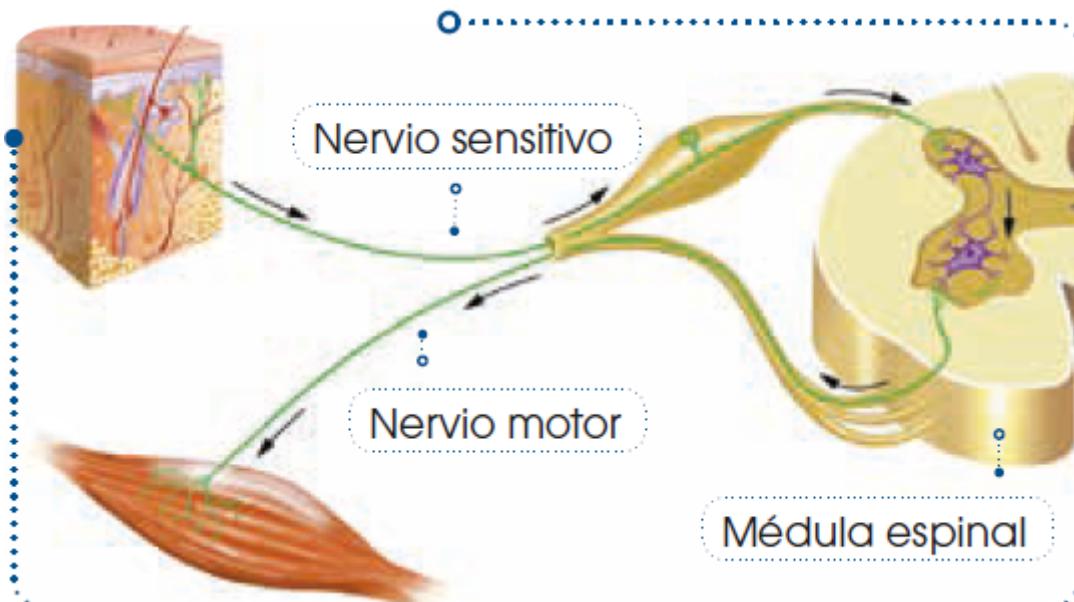




#### 15.2.0.3. El sistema nervioso periférico

El sistema nervioso periférico comunica el sistema nervioso central con los órganos de los sentidos y con los órganos encargados de ejecutar las respuestas. Está constituido por toda la red de nervios que recorre nuestro cuerpo, los que parten del encéfalo y la médula espinal.

Según su función, distinguimos dos tipos de nervios: los nervios sensitivos y los motores.



- Los nervios sensitivos están formados por neuronas sensitivas y se encargan de transmitir la información desde los órganos de los sentidos hasta el sistema nervioso central.
- Los nervios motores están formados por neuronas motoras y transmiten los impulsos nerviosos desde el sistema nervioso central hasta los diferentes órganos del cuerpo, donde se ha de producir una respuesta.

Todos los nervios que salen del cerebro, cerebelo, tronco encefálico y médula espinal tienen como destino final los músculos y el resto del cuerpo.

Los nervios motores constituyen dos tipos de red nerviosa, según el tipo de movimientos que controlen. Así distinguimos la red nerviosa somática y la red nerviosa autónoma.

Los nervios suelen encontrarse asociados de dos en dos. Por esto el nervio sensitivo, que va desde un órgano al cerebro, circula paralelo al nervio motor que transmite la respuesta del cerebro al órgano.

### **Acto reflejo**

La red nerviosa somática también puede controlar movimientos involuntarios de los músculos esqueléticos, como en el caso de un acto reflejo.

Un ejemplo de acto reflejo es apartar la mano en caso de quemarnos.

Red nerviosa somática: Controla generalmente movimientos voluntarios de los músculos. En concreto, controla la musculatura esquelética.

Red nerviosa autónoma: Controla movimientos involuntarios de los músculos. Particularmente controla la musculatura cardíaca y la lisa, como la de los vasos sanguíneos y la de los conductos de los diversos sistemas.

### **Tipos de nervios**

Según el órgano del que parten distinguimos los nervios craneales y los raquídeos.

- Los nervios craneales son los que salen del encéfalo. Algunos están formados por neuronas sensitivas, otros por motoras y otros por ambas.
- Los nervios raquídeos son los que parten de la médula; todos ellos contienen neuronas sensitivas y motoras.

## **15.2.1. El sistema endócrino**

El sistema endócrino es el encargado de llevar a cabo la respuesta hormonal; es decir, la segregación, como reacción a un estímulo, de unas sustancias denominadas hormonas que controlan el funcionamiento de ciertos órganos.

Este sistema está constituido por las glándulas endocrinas, que están especializadas en la elaboración de hormonas. Las hormonas son moléculas orgánicas, de naturaleza lipídica o proteica, que son vertidas en la sangre, que las transporta hasta los órganos en los que deben actuar, estos se conocen como órganos diana. Las hormonas se producen en pequeñas cantidades.

La actividad de las glándulas endocrinas está controlada por el hipotálamo, que es una agrupación de neuronas situada en la parte inferior del cerebro, con función secretora.

Las principales glándulas endocrinas del cuerpo humano son las siguientes:

#### **15.2.1.1. Hipófisis**

Pequeña estructura glandular, situada bajo el hipotálamo, que se divide en dos lóbulos. Segregan hormonas, entre las que destacan:

- Hormona del crecimiento: activa el crecimiento y el desarrollo corporal.
- Prolactina: estimula la secreción de leche después del parto.
- Hormona foliculoestimulante: activa la producción de los gametos.

#### **15.2.1.2. Tiroides y paratiroides**

La tiroides es una glándula situada en la base del cuello, junto a la tráquea. Segregan tiroxina, hormona que activa funciones celulares como la síntesis de proteínas, especialmente durante épocas de crecimiento.

La paratiroides es una pequeña glándula situada en la parte posterior de la tiroides. Segregan paratiroidea que regula la formación de los huesos.

#### **15.2.1.3. Páncreas**

Glándula anexa del sistema digestivo, situada a la altura de la cintura, en el lado izquierdo del cuerpo. Segregan hormonas como la insulina y el glucagón.

#### **15.2.1.4. Glándulas suprarrenales**

Glándulas situadas sobre los riñones. En la corteza suprarrenal se segregan las siguientes hormonas:

##### **Cortisol**

Actúa en la degradación de proteínas y grasas.

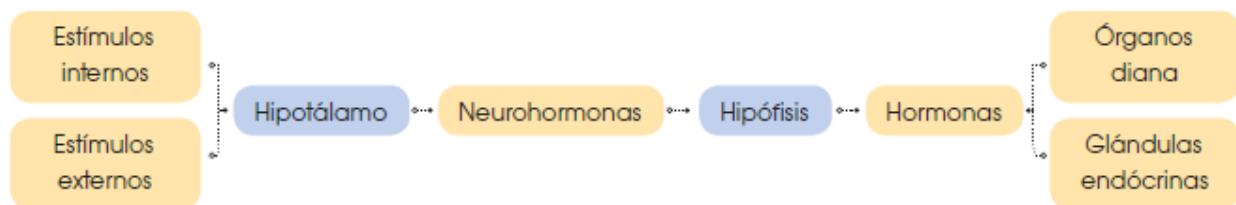
## Adrenalina

Prepara al cuerpo en una situación de alarma; favorece el incremento del ritmo cardíaco, la activación del sistema nervioso central, la dilatación de pupilas.

- Ovarios y testículos: Son los órganos productores de los óvulos y los espermatozoides. Los ovarios segregan estrógenos y progesterona, vinculadas al desarrollo de los caracteres sexuales de la mujer.

### 15.2.2. Secreción hormonal

La secreción hormonal está controlada por el sistema nervioso central, concretamente por el hipotálamo.

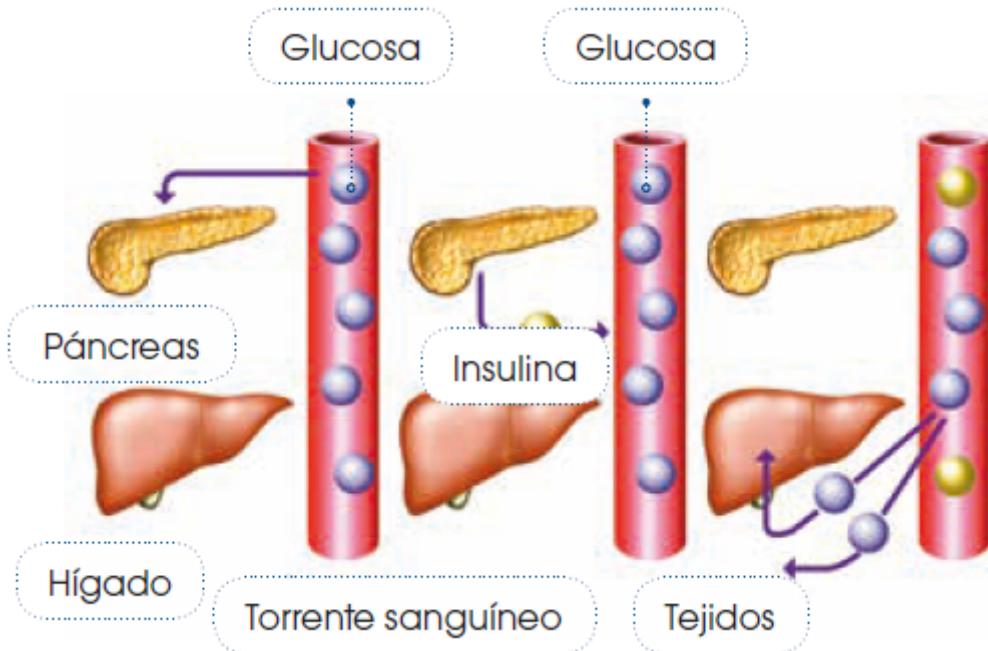


El hipotálamo recibe información de estímulos internos y externos a través de los órganos de los sentidos. Estos estímulos se procesan y luego se elabora una respuesta.

Las neurohormonas estimulan o inhiben la acción de la hipófisis. Cuando se estimula la hipófisis, esta segregá hormonas que actúan directamente sobre los órganos diana o también sobre hormonas que tienen como función estimular otras glándulas endocrinas.

De este modo, se establece un complejo mecanismo en el que el sistema nervioso controla al sistema endocrino y este, a su vez, regula los procesos fisiológicos del organismo.

Veamos un ejemplo de regulación hormonal sobre la concentración de glucosa:



1. Después de una comida, aumentan los niveles de glucosa en la sangre. Esta variación del medio interno hace que el páncreas secrete insulina. La insulina estimula la absorción de la glucosa, por parte de las células, para que disminuya su concentración en la sangre.
2. Al contrario, cuando pasamos mucho tiempo sin comer, los niveles de glucosa en la sangre bajan. Esta variación del medio interno hace que otras células del páncreas secreten la hormona glucagón. El glucagón facilita el paso a la sangre de la glucosa que se encuentra en las células.

La regulación de los niveles de glucosa en la sangre es un proceso viable gracias a la acción conjunta de diversas hormonas.

### 15.3. Alteraciones del sistema nervioso esta perturbación

Existe un sinnúmero de alteraciones del sistema nervioso. En muchos casos, es difícil de comprender cuáles son sus causas y sus efectos van de leves a severos.

A continuación, veremos ciertas alteraciones, consideradas como las más comunes:

#### 15.3.1. Ataque de apoplejía

Consiste en problemas en la circulación y en el cerebro. Este último resulta seriamente afectado por el corte de aporte sanguíneo, que se debe al bloqueo o deterioro de una arteria cerebral.

Un ataque de este tipo puede llegar a ocasionar debilidad momentánea, aturdimientos temporales, trastornos en la visión y en el lenguaje, los que pueden durar un corto período, incluso segundos.

Si el ataque llega a ser fuerte puede ocasionar una parálisis de la mitad del cuerpo e incluso la muerte.

### **15.3.2. Conmoción**

Una conmoción se asocia directamente con el cerebro esta alteración es causada por un golpe seco en la cabeza. Con frecuencia, esta perturbación va acompañada de ausencia temporal del conocimiento, y pueden presentarse vómitos, dolor de cabeza, falta de concentración, irritabilidad y de memoria.

Las conmociones son muy frecuentes en los deportistas, especialmente en aquellos que tienen riesgo de recibir golpes, como los futbolistas o los luchadores.

### **15.3.3. Convulsiones**

En esta alteración se producen contracciones musculares de forma muy violenta, estas pueden ser cortas y se dan de manera muy recurrente. Las convulsiones pueden ser de larga duración o se pueden presentar como ligeras sacudidas que duran segundos. Estas se podrían presentar como síntoma frente a otras enfermedades: la epilepsia, diferentes formas de envenenamiento, nutrición no balanceada y defectuosa y enfermedades como la meningitis o el tétanos.

### **15.3.4. Epilepsia**

Consiste en momentos periódicos e incontrolables de confusión, de la atención o del conocimiento.

La causa de la epilepsia es a menudo desconocida. Sin embargo, a esta alteración la clasificamos en dos tipos conocidos como petit mal y gran mal. El petit mal se presenta como una momentánea de conciencia y dura cerca de un segundo. Los ataques de gran mal generalmente van seguidos por otros efectos, como sensaciones extrañas del olfato, del gusto y del tacto. El ataque en sí supone la pérdida del conocimiento y la tiesura de los miembros del afectado, este dura aproximadamente unos treinta segundos, y puede ser seguido de contracciones musculares rítmicas. Frecuentemente, los ataques epilépticos suceden cuando se tiene ataques gran mal consecutivos.

### **15.3.5. Parálisis**

Esta anomalía se presenta con la pérdida de la fuerza de un músculo o de un grupo de músculos. Generalmente, viene acompañada por una evidente incapacidad y deterioro de funciones específicas como el pestaño, el habla, la emisión de orina, el control de esfínteres o la utilización de un miembro. La parálisis, comúnmente, se da porque hay algún tipo de daño en el sistema nervioso, producido por la polineuritis o la poliomielitis.

## **15.4. Enfermedades del sistema nervioso y endócrino**

Existe una amplia gama de enfermedades de estos dos sistemas, los que están altamente relacionados. A continuación, veremos los desórdenes más conocidos y de mayor incidencia a nivel mundial.

### **15.4.1. Enfermedades del sistema nervioso**

El conocimiento de las enfermedades mentales se encuentra en constante cambio en proporción a los avances en el conocimiento del funcionamiento del sistema nervioso.

Algunas de las enfermedades y los trastornos que afectan al sistema nervioso son: ansiedad, depresión, demencia, neurosis, esquizofrenia o paranoia.

A continuación, estudiaremos a la ansiedad, por su gran incidencia en nuestra sociedad, y al Alzheimer, una enfermedad degenerativa que aún no se tiene tratamiento.

#### **15.4.1.1. Ansiedad**

La ansiedad es una emoción que se presenta de forma normal, como respuesta a ciertas situaciones conflictivas, como un accidente o un examen. Sin embargo, si se presenta sin una causa aparente, debe considerarse un trastorno. En este caso, la ansiedad se debe a alteraciones en algunos neurotransmisores.

Los síntomas de esta alteración pueden ser físicos y psíquicos, como dificultad al respirar, temblores, aceleración del ritmo cardíaco, o bien inquietud, miedo, inseguridad, etcétera.

El tratamiento de la ansiedad consiste principalmente en la atención psicológica. En algunos casos, se administran medicamentos que atenúen la sensación de malestar.

#### **15.4.1.2. Alzheimer**

El Alzheimer es un trastorno mental grave debido a la degeneración temprana y acelerada de neuronas y a la alteración de la comunicación entre ellas.

Los síntomas de esta enfermedad degenerativa son: la pérdida de la memoria y de la orientación, la incapacidad de aprendizaje y de razonamiento, así como el deterioro de las capacidades y habilidades adquiridas. Estos síntomas se intensifican con el paso del tiempo.

En la actualidad, no se conoce cura para esta enfermedad, aunque pueden aplicarse algunos tratamientos que mejoren la vida del paciente.

### **15.4.2. Enfermedades del sistema endócrino**

Este sistema es coordinador y efector, está constituido por todas las glándulas endocrinas. A pesar de que es un sistema muy organizado, existen varias enfermedades asociadas a estas. A continuación, veremos ciertas enfermedades con mayor incidencia en nuestra sociedad.

#### **15.4.2.1. Hipertiroidismo**

Es una enfermedad donde la glándula tiroides produce y libera una cantidad excesiva de la hormona tiroidea, los síntomas pueden presentarse con taquicardias, temblores, nerviosismo y pérdida de peso.

El tratamiento es variado, según el tipo de hipertiroidismo y la gravedad de la afección, pero, en casos más avanzados, se atiende con yodo radioactivo, medicamentos y cirugía.

#### **15.4.2.2. Hipotiroidismo**

Se produce cuando la glándula tiroides, situada en la parte frontal del cuello, no produce suficiente cantidad de hormonas tiroideas. Los síntomas pueden ser diferentes según el caso; estos son, principalmente, fatiga y pereza leves. En esta enfermedad el metabolismo se hace más lento y se desarrollan otros síntomas como aumento de la sensibilidad al frío, estreñimiento, aumento de peso, entre otros.

El tratamiento se da mediante la administración de una hormona tiroidea sintética para que, de ese modo, se regulen los niveles hormonales.

#### **15.4.2.3. Diabetes**

Esta enfermedad metabólica es considerada como una de las más crónicas a nivel mundial y consiste en el aumento de los niveles de azúcar en la sangre.

La insulina, que es una hormona producida por el páncreas, regula la cantidad de azúcar; la escasez en la producción de esta puede ser otra causa para padecer diabetes.

Las personas con diabetes presentan generalmente hiperglucemia, debido a que su cuerpo no puede movilizar el azúcar hasta los adipocitos hepáticos y las células musculares para que este sea almacenado como energía.

Los síntomas más comunes son: visión borrosa, sed excesiva, fatiga, micción fuerte, hambre y de peso; su tratamiento consiste en medicamentos, dieta y ejercicios.

## **15.5. Sistema inmunológico en animales**

### **15.5.1. Sistema inmunológico en invertebrados**

Se ha estudiado de manera exhaustiva, y a nivel mundial, como el sistema inmunológico funciona y regula a los organismos vivos; su estudio se ha dado en individuos como los invertebrados y también en aquellos que tienen una mayor complejidad en su estructura, como son los seres humanos.

El estudio de los invertebrados y de sus sistemas inmunológicos se ha considerado más sencillo que los de otros seres vivos; sin embargo, esta apreciación no es del todo cierta, por esta razón el Dr. Paul Schmid- Hempel, un ecólogo evolutivo de un Instituto en Zúrich generó la siguiente afirmación: «Hemos subestimado la complejidad de la inmunidad invertebrada».

La mayoría de estudios en invertebrados han sido realizados en la mosca de la fruta, ya que es un organismo modelo gracias a su fácil manipulación y a su corto tiempo de ciclo de vida. El sistema de estos invertebrados (incluyendo a muchos grupos como esponjas, crustáceos, gusanos, chinches, polillas y abejas) ha desarrollado moléculas involucradas en la respuesta frente a patógenos externos como microbios, virus y bacterias que proliferan el desarrollo de enfermedades.

Dentro de otras áreas de investigación, los científicos han demostrado que los invertebrados tienen la capacidad de gestionar autónomamente su sistema inmunológico. Los insectos, principalmente, pueden reconocer los peptidoglicanos (uno de los componentes principales de la pared celular bacteriana) y esto, a su vez, genera una respuesta inmediata del sistema inmune. Cuando las bacterias fueron eliminadas, las moléculas del sistema digieren a los peptidoglicanos y de esta manera termina su respuesta inmune. Este caso se puede ejemplificar en las chinches hembras; estas resultan heridas en el apareamiento, lo que potencia su acción inmune, esta potenciación puede ocurrir incluso antes de la cópula, anticipando su respuesta.

Otra característica de los insectos es que estos pueden modificar y fortalecer su sistema inmune, preparándolo para una invasión patógena inminente. En este caso peculiar presentan las chinches hembras, generalmente estas resultan heridas en el apareamiento lo que potencia la acción inmune incluso antes de que ocurra la cópula, anticipando una respuesta.

A pesar de que los insectos, y en general los invertebrados poseen diferentes células y moléculas que los vertebrados, ambos siguen principios de detección de patógenos muy similares. Actualmente, nuevos estudios se cuestionan sobre los métodos de defensa frente a los patógenos.

### **15.5.2. Sistema inmunológico en vertebrados**

El sistema inmunológico en los vertebrados tiene un alto grado de complejidad. Estos animales poseen un sistema adaptativo o adquirido, el que tiene la característica de reconocer a un antígeno de forma específica y, de ese modo, permite recordar al organismo las exposiciones previas que ha tenido frente a esta sustancia (memoria de reconocimiento). Así, el cuerpo genera una respuesta muy eficaz, después de ponerse en contacto con el antígeno (generación de una maduración de la respuesta inmune).

Existen dos tipos de glóbulos blancos, que son las principales células involucradas en la respuesta inmune. Estos se llaman linfocitos y son vitales para generar una respuesta específica frente al patógeno. Estas células son generadas en la médula ósea y cuando van madurando, se convierten en las células de respuesta del sistema, a estas se las denomina células T y células B.

Como complemento, y para dar una mejor respuesta frente a agentes infecciosos, se han generado vacunas que potencian la respuesta inmune del organismo; no obstante, para su efecto, se necesitan más de una dosis.

Existen siete clases de animales vertebrados, los que van de menor a mayor grado de desarrollo:

1. Peces sin mandíbulas (como la lamprea)
2. Peces cartilaginosos (tiburones)
3. Peces óseos (la gran mayoría de peces de agua dulce y salada)
4. Anfibios
5. Reptiles
6. Aves
7. Mamíferos

El organismo de los animales vertebrados es muy complejo, en relación a los órganos que generan la inmunidad; sin embargo, dentro de estos, los principales son los órganos linfoides.

Estos órganos son los dedicados a la producción y diferenciación de las células del sistema inmune. Los órganos linfoides están presentes en todos los vertebrados, pero su nivel de desarrollo y evolución depende del grado de complejidad de un organismo.

Los órganos del timo y del bazo son los generadores de linfocitos T, estos órganos se encuentran en los tiburones (exceptuando los peces sin mandíbulas) y se mantienen a lo largo de toda la cadena filogenética hasta el ser humano.

La médula ósea es la generadora de los linfocitos B y, en gran parte de los vertebrados, es el órgano linfoide primario.

En la escala evolutiva, este tejido se creó cuando los vertebrados tuvieron la capacidad de vivir y de adaptarse al medio terrestre. Por esta característica los peces no poseen médula ósea, mientras que los anfibios, adaptados a una vida semiacuática, presentan un tejido linfoide limitado en sus huesos. La médula ósea es totalmente funcional en los anfibios, reptiles, aves y mamíferos.

En los peces y en limitados anfibios, el riñón se comporta como el órgano linfoide principal y reemplaza las funciones de la médula ósea y los nódulos linfoides.

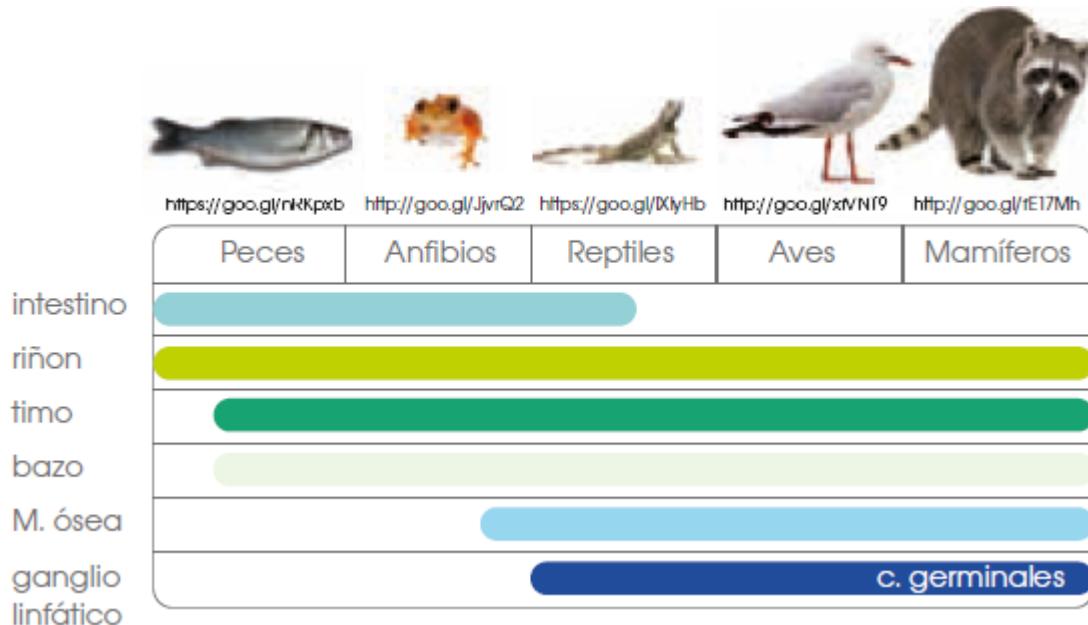
En cuanto a las aves, su órgano linfoide primario, para la generación de las células B es un órgano conocido como la bolsa de Fabricio. Por otra parte, en el caso de las ovejas y de los cerdos, animales que sí poseen médula ósea, unas adaptaciones llamadas placas de Peyer, las que están ubicadas en el intestino y ayudan a generar una respuesta inmune.

Otras estructuras linfoides son los ganglios linfáticos que se presentan en la escala filogenética de una forma más organizada y especializada. Estos ganglios están constituidos, principalmente, por folículos primarios de células B y rodeadas de linfocitos T. Los ganglios linfáticos aparecen bien definidos en los anfibios anuros y, a partir de estos animales, se encuentran en todos los vertebrados.

Solamente en las aves y mamíferos, animales homeotermos o de sangre caliente, surgen los folículos linfoides secundarios o centros germinales.

Los animales vertebrados tienen un elaborado sistema de inmunidad; estas son las únicas criaturas capaces de producir anticuerpos muy específicos frente a la gran variedad de patógenos que existe. Con respecto al número y tipo de inmunoglobulinas o anticuerpos (receptores de los linfocitos B), en la escala filogenética, los organismos más complejos presentan una mayor evolución de anticuerpos; en este marco, los mamíferos poseen superior cantidad de inmunoglobulinas.

Aparición de las inmunoglobulinas en la escala filogenética de los vertebrados.



**Figura 15.1.:** Evolución de los órganos linfoideos en animales vertebrados. En aves y mamíferos surgen los centros germinales.

### 15.5.3. Sistema inmunológico en los seres humanos

En los humanos, el sistema inmunológico es esencial para su supervivencia, debido a que existen muchos patógenos ambientales, potencialmente peligrosos, que causan un deterioro grave. Inclusive con una barrera para estos patógenos, los humanos continúan siendo susceptibles a infecciones graves.

Existen en los humanos dos tipos de inmunidades, las que se describen a continuación:

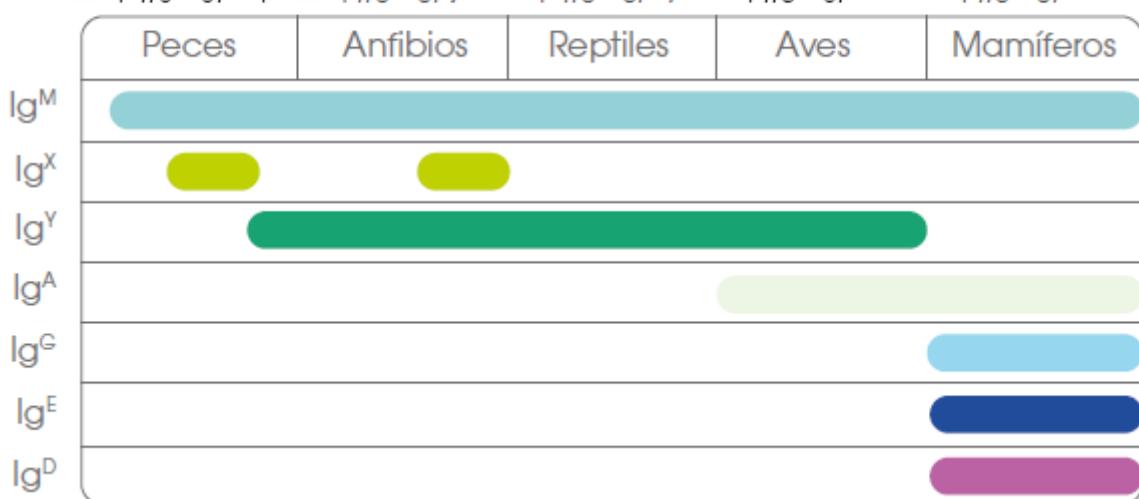
#### 15.5.3.1. Inmunidad no específica (innata)

En este tipo de inmunidad, el organismo actúa como defensor frente a los patógenos externos, que pueden ser microbios pequeños como los virus y las bacterias e inclusive organismos más grandes como nematodos. Los patógenos que se encuentran en un cuerpo, generalmente causan enfermedades. Los organismos vivos que, cuando están en un cuerpo, causan enfermedades.

Todos los vertebrados tienen respuestas innatas en contra de patógenos comunes; en los seres humanos, la primera defensa involucra a barreras exteriores como la piel y las membranas mucosas. No obstante, cuando los patógenos sobrepasan estas barreras, a través de un corte, por inhalación, etcétera, pueden llegar a provocar daños extremadamente graves.



<https://goo.gl/nRKpxb> <http://goo.gl/JvrQ2> <https://goo.gl/klyHb> <http://goo.gl/xtrvNt9> <http://goo.gl/fE17Mh>



Los glóbulos blancos o fagocitos normalmente combaten a estos patógenos que atraviesan las barreras exteriores, ya que los envuelven, más tarde los absorben y finalmente los neutralizan para que no tengan efecto sobre el cuerpo.

#### 15.5.3.2. Inmunidad específica

La inmunidad específica actúa como un complemento de la función de los linfocitos con el sistema inmunológico innato. En contraste con la inmunidad no específica, la específica presenta una respuesta dirigida a un patógeno en concreto. Solamente los vertebrados presentan este tipo de respuesta inmunitaria.

Como reacción de la inmunidad específica actúan las células T y las células B.

Los antígenos son cuerpos extraños que provocan una respuesta de las células T y B, son extremadamente específicas para estas células. Por lo general, pensamos que los antígenos son parte de los microbios, pero pueden estar presentes en otros ambientes.

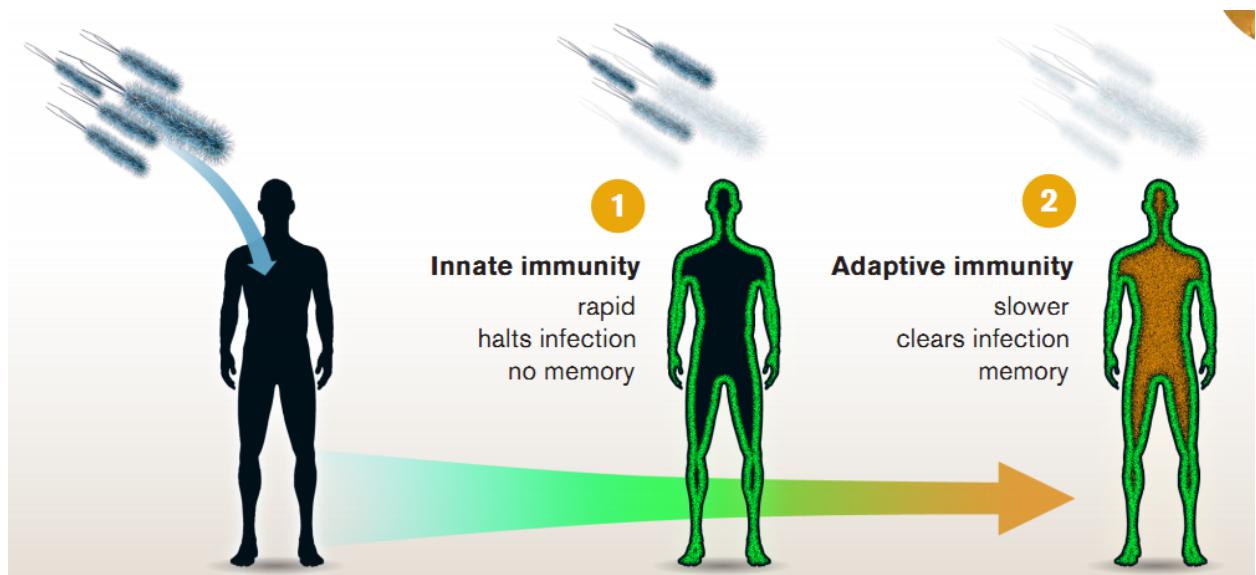
Las células T se activan cuando un fagocito en particular, conocido como célula presentadora de antígeno (APC, por sus siglas en inglés), muestra un antígeno específico de la célula T. Dentro de esta combinación, se genera un elemento activador que provoca una respuesta inmunológica determinada. Las células T tienen tres subtipos, los que vamos a explicar a continuación:

Las células T colaboradoras, realizan diversas funciones:

- Ayudar a que las células B se activen y se dividan en células plasmáticas.
- Llamar a los fagocitos para que destruyan los microbios.
- Activar las células T asesinas.

Cuando ya están activadas, las células B, las células T asesinas reconocen las células infectadas del cuerpo y las generan una respuesta inmediata de destruir esas células.

Las células T reguladoras (o también llamadas células T supresoras) ayudan a controlar la respuesta inmunológica; estas reconocen cuando hay amenaza potente para el organismo y envían señales para suprimir y detener el ataque.



#### 15.5.4. Experimento

**Tema:**

Cultivo de bacterias.

**Investigamos:**

En esta práctica nos enfocaremos principalmente en los factores externos que se encuentran en el ambiente y en la importancia de tener un buen aseo, para proteger a nuestro sistema inmunológico. Antes de la práctica, consultemos acerca de las barreras externas y las maneras de protección del cuerpo como la piel y la importancia de lavarse las manos. Además, investiguemos qué factores externos son los involucrados en las afecciones al sistema inmune del cuerpo humano.

**Objetivo:**

Demostrar la importancia de lavarse las manos antes de comer para evitar enfermedades ocasionadas por factores ambientales.

**Materiales:**

- ½ sobre de gelatina sin sabor
- 1 cubito de caldo de gallina
- 2 frascos con tapa (de mayonesa o mermelada limpios)
- 1 matraz Erlenmeyer de 250 ml
- 1 recipiente grande (puede ser una olla)

**Proceso:**

1. Disuelvan el cubo del caldo de gallina y el sobre de gelatina en 250 ml de agua. Dejen hervir por aproximadamente diez minutos.
2. Esterilicen los frascos y sus tapas en agua hirviendo por cinco minutos.
3. Coloquen la mezcla en cada envase y métanlos tapados. Dejen que se enfríe y se haga sólida la gelatina.
4. Inmediatamente, ensucien las manos, cojan dinero, agarren un pasamano, etcétera.
5. Toquen la gelatina cuajada con las yemas de los dedos sucios, no hagan huecos. Luego de esta acción, tapen nuevamente la gelatina.
6. Laven bien las manos con agua y jabón y realicen el mismo procedimiento en el otro frasco.
7. Dejen los envases en un sitio cálido durante un período de 24 a 36 horas. Pasado este tiempo observen y anoten lo encontrado.

**Cuestiones:**

8. ¿Qué sucedió en el interior de los frascos?
9. ¿Cuáles son las bacterias ambientales más frecuentes en enfermedades humanas?

### **15.5.5. Proyecto**

**Observamos**

**Adaptaciones de los seres vivos**

En esta práctica analizaremos la capacidad de adaptación de los seres vivos frente a los diferentes cambios del medio en el que habitan. Cada especie va cambiando a su ritmo; puede ser de forma lenta o rápida. Estos cambios son conocidos como adaptación biológica.

**Estas adaptaciones pueden ser agrupadas en tres distintos grupos:**

1. Adaptaciones morfológicas

Se basa en los cambios morfológicos en los individuos y les permite adaptarse al medio en el que viven; estos cambios generalmente ayudan a imitar formas, colores de animales más peligrosos o a tener estructuras externas que les ayuden a adaptarse. Existen dos tipos de adaptaciones morfológicas, las más comunes son: el camuflaje y el mimetismo.

2. Adaptaciones fisiológicas

Este tipo de adaptaciones tienen relación con el funcionamiento y el metabolismo interno de los diferentes órganos del individuo. En otras palabras, están representando un cambio dentro del funcionamiento que, a su vez, les ayuda a resolver problemas fisiológicos frente a los cambios ambientales. Existen dos tipos de adaptaciones, las más comunes son: la hibernación y la estivación.

3. Adaptaciones conductuales

Son adaptaciones que implican alguna modificación en el comportamiento de los organismos por diferentes causas, como asegurar la reproducción, la búsqueda de alimento, la defensa frente a sus depredadores, la migración y el traslado temporal o permanente de un ambiente a otro, cuando las condiciones del ambiente en el que viven son desfavorables para su sobrevivencia. Los dos tipos de adaptaciones conductuales más usados son la migración y el cortejo.

**Investiga** un poco más acerca de los tres tipos de adaptaciones biológicas; además, indaga acerca del camuflaje, el mimetismo, la hibernación, la estivación, la migración y el cortejo.

### **Objetivo**

- Mediante técnicas de observación y comparación, analizar las adaptaciones de los seres vivos dentro del hábitat donde viven.

### **Planificamos**

#### Materiales

- Fotos de revistas, libros o de Internet de picos de aves.
- Fotos de revistas, libros o de Internet de patas de aves.

- Fuentes de información acerca de hábitos alimenticios de las aves.

### **Desarrollamos**

#### Procesos

Con las fotos de aves de las diversas fuentes, identificamos las fotos en las que se vean el pico o las patas.

- Observamos los picos y colocamos bajo cada foto un rótulo que indique el tipo de alimentación que tienen (piñas de árboles, peces, frutos, insectos, larvas, etc.).

Repetimos el mismo procedimiento para las patas. Además, indicamos el tipo de hábitat en el que se desenvuelve el animal (tronco, nieve, hifas acuáticas, superficie del agua, etcétera).

#### Reflexionamos

1. Expliquemos: ¿Cómo entre los seres vivos existe una enorme uniformidad y a la vez una gran diversidad biológica?
2. Encontremos las diferencias que hay en el pico y las patas en las aves de los distintos hábitats. Genera una hipótesis que podría estar explicando esta relación.
3. Contestemos: ¿Existe alguna relación entre el tamaño de las patas y de los picos? ¿Cuál?
4. Respondamos: ¿Cuál es la diferencia entre las adaptaciones morfológicas de camuflaje y las del mimetismo?
5. Mencionemos: ¿Cuál es la diferencia entre las adaptaciones fisiológicas de hibernación y la de estivación?
6. Escribamos dos ejemplos de animales que tengan adaptaciones conductuales como la migración y el cortejo.



# **16. Reproducción en seres vivos**

## **16.1. Sistemas de reproducción en seres vivos**

## **16.2. Reproducción asexual en plantas y animales**

Los seres vivos intercambian materia y energía con el medio para llevar a cabo la función de nutrición; mediante la función de relación captan la información del entorno, la procesan y elaboran respuestas; y con la reproducción, forman nuevos individuos.

La función de reproducción consiste en la formación de nuevos organismos semejantes a sus progenitores. Los descendientes compensan las células producidas por la muerte de individuos de la especie; por tanto, aunque la reproducción no es indispensable para la vida de un organismo, lo es para asegurar la supervivencia de su especie a través del tiempo. Los seres vivos han desarrollado diversos métodos de reproducción.

- En los organismos unicelulares, todo el ser participa en la reproducción; su única célula se divide para formar dos células hijas.
- En los organismos pluricelulares, la división de cada una de sus células permite al individuo crecer, renovar y reparar sus tejidos. Para la formación de un nuevo ser vivo, precisan estrategias más complejas que los unicelulares. Existen dos tipos de reproducción:
  - Reproducción asexual: se da a partir de un fragmento del progenitor o de unas células de este (espora), de ellas se genera el nuevo organismo.
  - Reproducción sexual: para la formación del nuevo individuo se necesita la unión de dos células especializadas, llamadas células reproductoras o gametos. El resto de las células que integran los organismos con reproducción sexual son las células somáticas o vegetativas, las cuales forman los distintos tejidos. A continuación, vamos a describir los dos tipos de reproducción que tienen lugar en los organismos pluricelulares.

### Reproducción asexual

Se basa en el desarrollo de un nuevo individuo a partir de una o varias células del progenitor. El descendiente es un individuo completo idéntico al progenitor. Existen dos

tipos de reproducción asexual: la reproducción asexual vegetativa y la reproducción asexual por esporas.

#### Reproducción asexual vegetativa

En la reproducción asexual vegetativa, el descendiente se genera a partir de un grupo de células del progenitor. Comprende diferentes estrategias reproductivas:

- **Gemación:** En este tipo de reproducción, un conjunto de células se diferencia sobre la superficie del organismo, como un abultamiento, y crece por repetidas divisiones celulares hasta formar otro individuo. El nuevo ser puede permanecer unido al progenitor formando una colonia o bien desprenderse.
- **Escisión:** En esta estrategia el individuo adulto se fragmenta longitudinalmente o transversalmente, dando lugar, al menos, a dos individuos. Se puede dar en cnidarios (medusas, anémonas y corales), en equinodermos (estrellas, dólares, ofiuras y erizos de mar) y en anélidos (gusanos segmentados). En los escifozoos (medusas e hidromedusas), la escisión recibe el nombre de estrobilación.
- **Fragmentación:** Se basa en la generación de nuevos individuos a partir de un fragmento, dando lugar a dos individuos. Se da en vegetales. En jardinería se utiliza la multiplicación por esquejes. A continuación, presentamos las formas más importantes de fragmentación:

**Estolones:** Son ramas que debido a su crecimiento llegan a tocar el suelo, generando un nuevo individuo al enraizar.

**Bulbos:** Son tallos subterráneos de forma cónica que almacenan sustancias. En las hojas más cercanas al bulbo se originan nuevos bulbos, capaces de originar una planta.

**Rizomas:** Son tallos alargados que crecen bajo el suelo en forma horizontal, generando, cada cierta distancia, un nuevo individuo de crecimiento vertical.

**Tubérculos:** Son tallos subterráneos que adoptan una forma algo esférica y almacenan en su interior sustancias de reserva. En su superficie desarrollan yemas, las que son capaces de originar una nueva planta.

En ocasiones, estos mecanismos tienen otro tipo de finalidad, además de la reproducción:

- La formación de yemas no siempre implica la reproducción del individuo. En las plantas, las yemas están constituidas por meristemos y son responsables del crecimiento en longitud del tallo y del desarrollo de ramas, hojas y flores.
- Por su parte, la escisión permite la regeneración de órganos o tejidos. En estos casos, no tiene finalidad reproductiva. A partir de fragmentos de raíces, tallos u hojas, algunas

plantas pueden regenerar un organismo completo. Estos fragmentos reciben el nombre de esquejes. Aunque de modo natural no se considere una técnica reproductiva, esta capacidad ha sido utilizada por el ser humano para la multiplicación de plantas.

- Regeneración: No se considera un proceso de reproducción del individuo entero, porque solo se regenera una parte de los tejidos perdidos por los animales cuando se encuentran bajo una situación de peligro. Por ejemplo, los artrópodos pueden regenerar las patas, las antenas; los reptiles, la cola, etcétera.

### **Reproducción asexual por esporas o esporulación**

La espora es una estructura resistente, que puede ser haploide o diploide. En el caso de la esporulación asexual, las esporas se generan por mitosis y se llaman mitósporas. Las mitósporas pueden generar un nuevo individuo, idéntico al progenitor, por divisiones celulares sucesivas. Este tipo de reproducción se da en algunas algas, en pteridófitos, en briófitos y en algunos hongos.

## **16.2.1. Reproducción sexual en animales**

### **Reproducción sexual**

Es la forma de reproducción más frecuente en los organismos pluricelulares.

Se desarrolla en las siguientes etapas:

- Gametogénesis: es el proceso de formación de las células reproductoras o gametos, que se caracteriza por contener la mitad de cromosomas que una célula somática.

Si el número de cromosomas de una célula somática se denomina dotación diploide y se representa  $2n$ , el de un gameto recibe el nombre de haploide y se representa  $n$ . El número de cromosomas es característico de cada especie.

- Fecundación: Es la unión de gametos para formar una célula nuevamente diploide ( $2n$ ) y recibe el nombre de célula huevo o cigoto.
- Desarrollo embrionario: Son las mitosis sucesivas del cigoto hasta transformarse en un individuo semejante a los progenitores.

Organismos - Dotación Diploide - Dotación Haploide

Maíz 20 10

Pino 24 12

Patata 48 24

Perro 78 39

Mosquito 6 3

Ser humano 46 23

### **Gametogénesis**

Es la formación de las células reproductoras o gametos, que contienen la mitad de cromosomas que una célula somática.

Nombre de los gametos en los grupos taxonómicos que presentan oogamia.

Grupo taxonómico - Gametos femeninos - Gametos masculinos

Briófitos y pteridófitos Ovocélula Espermatozoide

Espermatófitos Ovocélula Célula espermática

Animales Óvulo Espermatozoide

Hablamos de isogamia cuando todos los gametos generados por los individuos de una especie son iguales entre sí. En la anisogamia, los gametos presentan diferente tamaño: los femeninos son mayores y se llaman macrogametos y los masculinos son menores y se llaman microgametos.

Finalmente, en la oogamia, los gametos son de diferente tamaño y forma; su nombre varía según se trate de especies vegetales o animales.

La gametogénesis tiene lugar a partir de células precursoras presentes en los órganos sexuales; estas células, llamadas células madre o precursoras de gametos, entran en división por mitosis y dan lugar a los gametos por meiosis.

La meiosis es un proceso de división celular reduccional, ya que las células hijas tienen la mitad de la dotación cromosómica de la célula madre: pasan de células diploides a células haploides. Es una fuente de variabilidad genética.

La meiosis consta de dos divisiones: en la primera se separan los cromosomas homólogos, reduciéndose el número de cromosomas a la mitad, y la segunda división es muy similar a la mitosis.

Los organismos que solo producen un tipo de gametos reciben el nombre de unisexuales. Se diferencia entre machos y hembras, que pueden ser morfológicamente parecidos o presentar diferencias externas considerables; en este último caso, se habla de dimorfismo sexual.

Los organismos que producen ambos tipos de gametos son llamados hermafroditas.

A continuación, describimos el proceso de gametogénesis en los vertebrados, el cual se realiza con ligeras diferencias en testículos y en ovarios.

### Espermatogénesis masculina en los vertebrados



- Las células precursoras se denominan espermatogonias y son diploides ( $2n$ ).
- Después de la meiosis obtenemos cuatro espemátidas que son haploides.
- Cada espemáida dará lugar a un espermatozoide, después de un proceso de cambio morfológico llamado diferenciación.
- Por tanto, de cada espermatogonia se obtienen cuatro espermatozoides.

### Gametogénesis femenina en los vertebrados



- Las células precursoras se denominan ovogonias ( $2n$ ).
- Cada ovogonia se divide por meiosis originando unas células intermedias denominadas ovocitos.
- Los ovocitos dan lugar al óvulo ( $n$ ), que contiene la mayor parte del citoplasma, y a otras tres células más pequeñas de nominadas corpúsculos polares ( $n$ ), que normalmente degeneran.

### Comparación entre la reproducción asexual y la sexual

Ambas procesos reproductivos presentan características diferentes.

---

### **Reproducción asexual**

- En el proceso de reproducción participa un solo individuo.
- No se requieren células especializadas, únicamente células capaces de dividirse activamente para formar un ser pluricelular.
- Todas las divisiones celulares se realizan mediante mitosis; por tanto, todas las células resultantes son genéticamente iguales y el nuevo individuo es genéticamente idéntico a su progenitor.

### **Reproducción sexual**

- Participan dos individuos diferentes de la misma especie.
- Se requiere la participación de células especializadas, llamadas gametos, que se unen mediante la fecundación para dar lugar al cigoto.
- En algún momento del ciclo biológico se lleva a cabo la meiosis. El descendiente es genéticamente diferente a los progenitores, ya que la mitad de sus cromosomas proceden de un progenitor y la otra mitad de cromosomas del otro.

---

En el caso de los animales, la reproducción asexual es frecuente en aquellos que viven fijos al sustrato o tienen pocas posibilidades de encuentro con otros de su misma especie.

A partir de la comparación entre ambos tipos de reproducción, observamos que la reproducción asexual es un mecanismo más sencillo que la reproducción sexual, ya que implica a un solo individuo y, por tanto, supone un menor gasto de energía y de tiempo.

En este proceso, la población se incrementa rápidamente, siempre y cuando el ambiente sea favorable y de características estables.

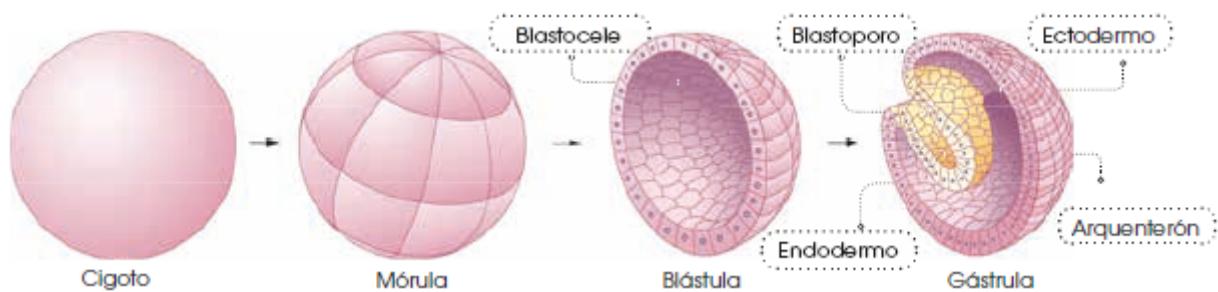
Por su parte, la reproducción sexual es más compleja; en esta intervienen dos individuos de la misma especie y de sexos opuestos, que previamente se han encontrado. Por tanto, implica un mayor gasto de energía y de tiempo.

En este caso, la población crece muy despacio, pero en cada generación se producen nuevas combinaciones del material hereditario que aumentan las posibilidades de adaptación de los individuos a distintos ambientes.

## **16.3. Desarrollo embrionario animal**

Una vez que se ha llevado a cabo la fecundación, el cigoto inicia una serie de divisiones mitóticas y de posteriores diferenciaciones celulares hasta constituir un organismo

pluricelular similar a sus progenitores.



En las primeras fases, después de la fecundación, las sustancias contenidas en el citoplasma del óvulo fecundado nutren a las células descendientes de este, hasta el momento en que se implanten en la estructura encargada de proteger y alimentar al embrión.

Por esta razón, en la mayoría de las especies el óvulo contiene una gran cantidad de sustancias nutritivas y es de un tamaño mucho mayor al espermatozoide.

De acuerdo con el lugar del desarrollo del embrión, se presentan las siguientes clasificaciones:

### Ovíparos

- El desarrollo embrionario se produce en el interior de un huevo gracias a las sustancias nutritivas que contiene y que forman el vitelo nutritivo. Estas sustancias nutren al embrión durante su desarrollo.
- En el caso de los animales acuáticos, para evitar que los huevos sean desplazados por el agua, estos poseen mecanismos de flotación, o bien, filamentos. Los huevos depositados en el medio terrestre están recubiertos de una envoltura protectora para evitar su desecación.
- Son ovíparos los insectos, algunos peces, los anfibios, algunos reptiles, las aves y un único mamífero: el ornitorrinco.

### Vivíparos

- El embrión se desarrolla en el interior del útero materno, donde la placenta le proporciona protección y alimento. La placenta es un tejido formado durante el embarazo y sirve para intercambiar nutrientes y material de desecho entre la sangre materna y la fetal.
- Son vivíparos ciertos reptiles, algunos peces cartilaginosos y todos los mamíferos con excepción del ornitorrinco.

### Ovovivíparos

- El desarrollo embrionario se produce dentro de un huevo, que a su vez es protegido en el cuerpo de la madre.

- Son ovovivíparos algunos peces y algunos reptiles como la culebra.

Existen algunos ovíparos, como los insectos y los anfibios, cuyos huevos no contienen suficiente vitelo nutritivo para alimentar al embrión durante todo el proceso de desarrollo. Por ello, el embrión abandona el huevo antes de completar dicho proceso y nace en estado larvario. La larva se alimenta de sustancias del medio para seguir su proceso de metamorfosis hasta convertirse en adulto.

### **16.3.1. Ciclos biológicos**

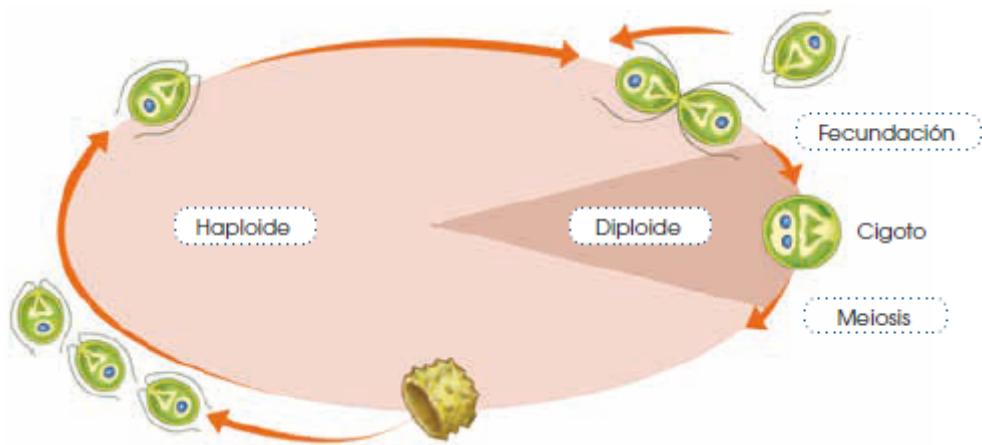
Un ciclo biológico es el conjunto de acontecimientos que tienen lugar en un organismo desde la formación del cigoto hasta que se vuelve a reproducir. Los ciclos biológicos implican, excepto en la mayoría de los animales, estrategias dobles de reproducción. Es decir que, en su ciclo biológico, el organismo alterna la reproducción sexual con la asexual.

En la reproducción sexual intervienen siempre dos procesos fundamentales, la meiosis y la fecundación. La meiosis reduce a la mitad  $n$  el número de cromosomas y la fecundación reúne nuevamente el número de cromosomas diploide  $2n$ . Ello implica que durante el ciclo biológico se presenten tanto células haploides como diploides.

La dotación cromosómica de los individuos adultos, y el momento en el que tienen lugar la meiosis y la fecundación, distinguen tres tipos de ciclo biológico:

- Ciclo haplonte: El organismo adulto está constituido por células haploides y solo el cigoto es diploide. La meiosis ocurre después de la fecundación, una vez formado el cigoto, por ello se denomina meiosis zigótica.
- Ciclo diplonte: El individuo adulto está constituido por células diploides y solo realiza la meiosis para formar gametos haploides destinados a participar en la fecundación. Es una meiosis gametogénica.
- Ciclo diplo-haplonte: La especie presenta, en su ciclo de vida, dos individuos adultos morfológicamente diferentes, uno haploide y otro diploide. La meiosis se da en el individuo diploide para generar las esporas. Se trata por tanto de una meiosis esporogénica.

#### **Ciclo haplonte del alga *Chlamydomonas***

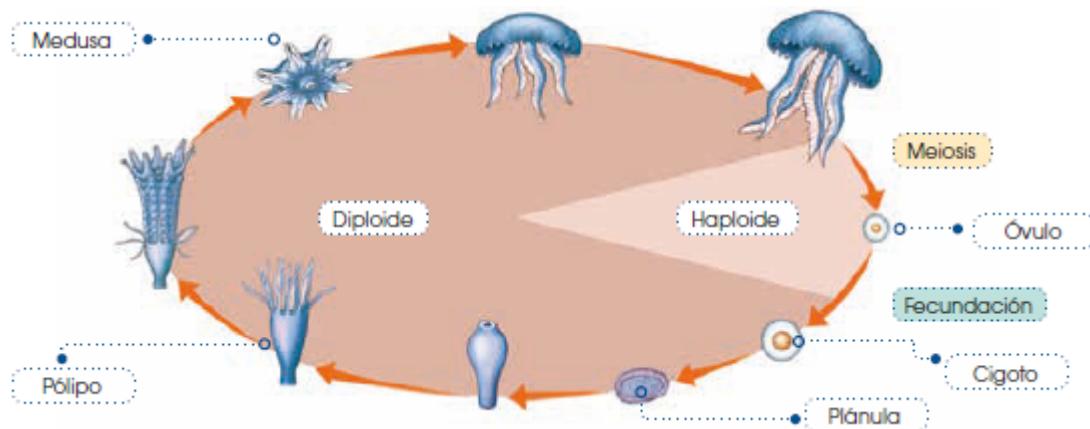


- El organismo es haploide y se reproduce asexualmente por divisiones mitóticas.
- En ocasiones, dos células se unen y se produce la fecundación.
- El cigoto diploide presenta una cubierta muy gruesa que le permite sobrevivir si las condiciones no son favorables.
- En este cigoto tiene lugar la meiosis y se originan cuatro células haploides, que constituyen cuatro individuos adultos y cierran el ciclo.

Presentan este tipo de ciclo los protoctistas, algunas algas y algunos hongos.

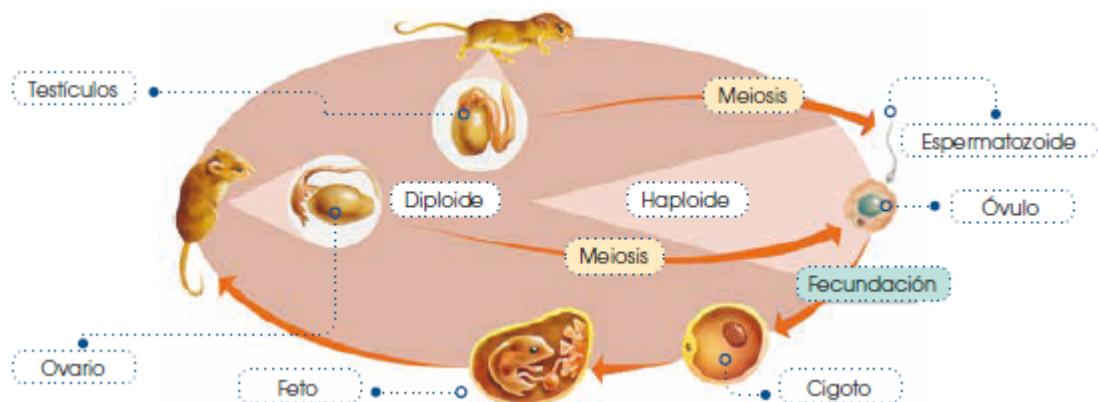
### **Ciclo diplonte del Cnidario *Aurelia***

- El pólipo es un organismo diploide que se reproduce asexualmente alternando la gemación y la escisión, y da lugar a medusas que se apilan encima de él. Una vez que se desprenden, crecen hasta convertirse en adultas.
- Las medusas adultas, según sean hembra o macho, producen por meiosis los gametos haploides, óvulos y espermatozoides y los liberan en el agua.
- La fecundación origina un cigoto diploide, del que se desarrolla una larva denominada plánula.
- La plánula, tras sufrir una serie de cambios, se transforma en un pólipo. Este ciclo se da en algas, hongos y animales invertebrados.



El ciclo que mostramos a continuación es un ciclo diplonte como el anterior, pero existe una gran diferencia entre ambos: en el primero, se produce una alternancia entre la reproducción sexual y asexual; mientras que, en el segundo, solo tiene lugar la reproducción sexual:

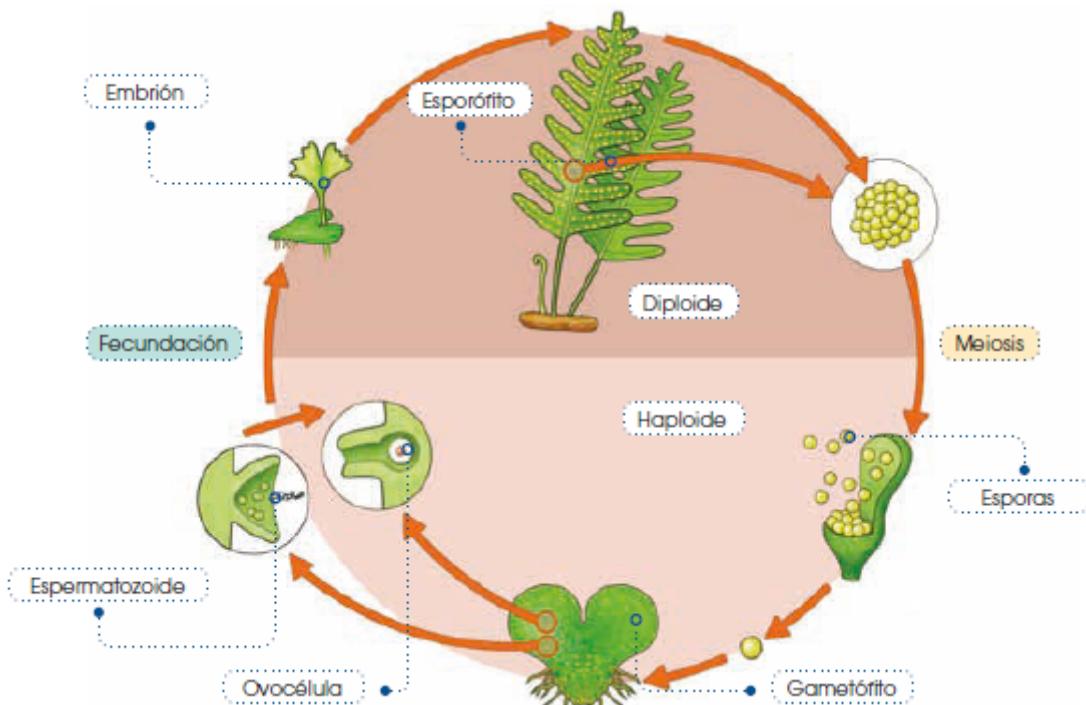
#### Ciclo diplonte del mamífero *Mus Musculus*



- El organismo es diploide, cuando este alcanza la madurez sexual tiene lugar la meiosis y produce los gametos haploides.
- Tras la fecundación, el cigoto diploide origina un ratón hembra o macho, que se reproducirá sexualmente cuando sea adulto.

Esto se da en animales invertebrados y vertebrados.

#### Ciclo diplo-haplonte del helecho *Pteridium aquilinum*



- Existen dos tipos de individuos adultos: el gametófito y el esporófito.
- El gametófito es haploide y produce gametos por mitosis en el gametangio.
- Durante la fecundación, dos gametos procedentes de dos gametófitos diferentes se fusionarán y dan origen a un cigoto diploide.
  - Al crecer, el cigoto dará lugar al esporófito, que es diploide y produce esporas haploides mediante la meiosis esporogénica.
  - Las esporas son estructuras de dispersión que, al germinar y crecer, darán lugar a un nuevo gametófito.

Existen ejemplos de este tipo de ciclo en algas, plantas y hongos.

Gametangio masculino - Plantas fanerógamas -

Gametangio masculino Anteridio Grano de polen

Gameto masculino Anterozoides Célula espermática

Gametangio femenino Arqueonio Saco embrionario

Gameto femenino Ovocélula Ovocélula

### 16.3.2. Fecundación

Es la fusión del gameto femenino con el gameto masculino y da lugar a la célula huevo o cigoto, el cual es diploide debido a la fusión de los dos núcleos haploides.

La fecundación se denomina cruzada cuando, de dos individuos distintos, se unen un gameto femenino y uno masculino.

Los organismos hermafroditas poseen mecanismos que evitan la autofecundación para producir la fecundación cruzada, como sucede en los siguientes casos:

- Los órganos productores de gametos maduran en momentos distintos. Por ejemplo, en los lirios, los granos de polen maduran antes que los sacos embrionarios.
- En otros casos, la situación de los órganos sexuales impide la autofecundación. Así ocurre en algunos anélidos que tienen los órganos reproductores masculinos y femeninos en segmentos sucesivos.

En los animales se distingue entre fecundación externa o interna, según el lugar donde se produzca la unión de los gametos masculinos y los femeninos.

- En la fecundación externa, óvulos y espermatozoides son liberados en el agua y se requiere la formación de miles de gametos para asegurar que unos pocos se fecunden. Es un tipo de fecundación propio de invertebrados acuáticos y de peces.

Los anfibios, a pesar de presentar fecundación externa, realizan acoplamiento, para favorecer la sincronización en la expulsión de los gametos; de esta forma, se asegura el mayor número posible de fecundaciones.

- La fecundación interna supone la fusión de los gametos en el interior del cuerpo de un individuo progenitor, frecuentemente la hembra.

En este caso el macho deposita los espermatozoides en las vías genitales de la hembra, proceso que tiene lugar durante la cópula.

La fecundación interna es el recurso más utilizado por los animales adaptados al medio terrestre, donde la falta de agua no posibilita la dispersión ni el encuentro de los gametos y provoca su desecación.

En algunos moluscos y artrópodos no se produce la cópula y el macho deposita sus espermatozoides en un espermatóforo, el que es recogido por la hembra e introducido en su cuerpo.

La fecundación interna tiene más ventajas que la fecundación externa. Estas son:

- La producción de pocos gametos, en comparación con los que se producen en la fecundación externa, supone un ahorro de energía.
- La supervivencia de estos gametos es mayor, ya que no están expuestos a condiciones ambientales desfavorables o depredadoras.
- Las probabilidades de encuentro de los gametos y, por tanto, de que se produzca la fecundación son muy altas.

### 16.3.3. La función de la reproducción

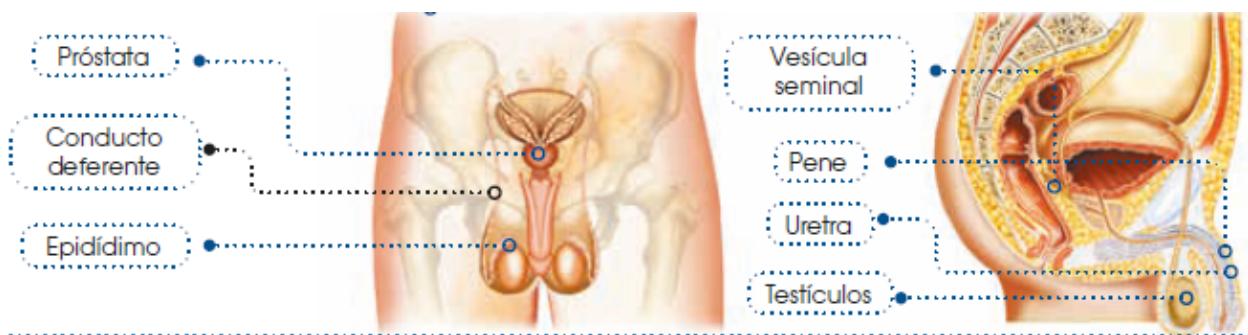
La función de reproducción permite a los seres vivos obtener nuevos individuos similares a ellos. En la especie humana, la reproducción tiene lugar a partir de la unión de una célula femenina llamada óvulo y de una célula masculina llamada espermatozoide.

Los óvulos son células esféricas mucho mayores que los espermatozoides, que tienen forma alargada. Como veremos, la unión de ambos se denomina fecundación, como resultado de esta se forma una nueva célula: el cigoto o célula huevo, a partir de la cual se desarrolla el nuevo individuo.

La fecundación y el desarrollo del nuevo ser tienen lugar en el interior del cuerpo de la madre y es por ello que el aparato reproductor del hombre y el de la mujer son distintos.

#### El aparato reproductor masculino

En la ilustración podemos ver los principales componentes del aparato reproductor masculino.



- **Testículos:** Son dos órganos situados fuera de la cavidad abdominal y recubiertos por el escroto. En su interior se encuentran los túbulos seminíferos, donde se forman los espermatozoides.
- **Epidídimo:** Son dos estructuras situadas en la parte superior de los testículos que intervienen en la maduración de los espermatozoides.
- **Conductos deferentes:** Son los conductos por los cuales los espermatozoides van a la uretra.
- **Vesículas seminales:** Son dos pequeños órganos situados encima de la próstata que producen secreciones. Estas secreciones nutren a los espermatozoides y, junto a ellos, constituyen el semen.
- **Próstata:** Es un órgano situado debajo de la vejiga, segregando sustancias para nutrir a los espermatozoides.
- **Uretra:** Es el conducto que recorre el interior del pene, por el cual los espermatozoides salen al exterior. También forma parte del sistema excretor.

- Pene: Es el órgano externo que en su extremo posee un engrosamiento denominado glande. El prepucio es el repliegue de piel que recubre el glande.

### **La formación de los espermatozoides**

La formación de los espermatozoides tiene lugar en los túbulos seminíferos. En estos túbulos se encuentran las células precursoras de los espermatozoides, que se transforman dando lugar a estos.

Una vez formados, los espermatozoides salen de los testículos hacia el epidídimo, donde maduran.

Posteriormente pasan a los conductos deferentes, en los que se desplazan y siguen avanzando hasta la uretra.

En estos conductos, los espermatozoides acaban de madurar.

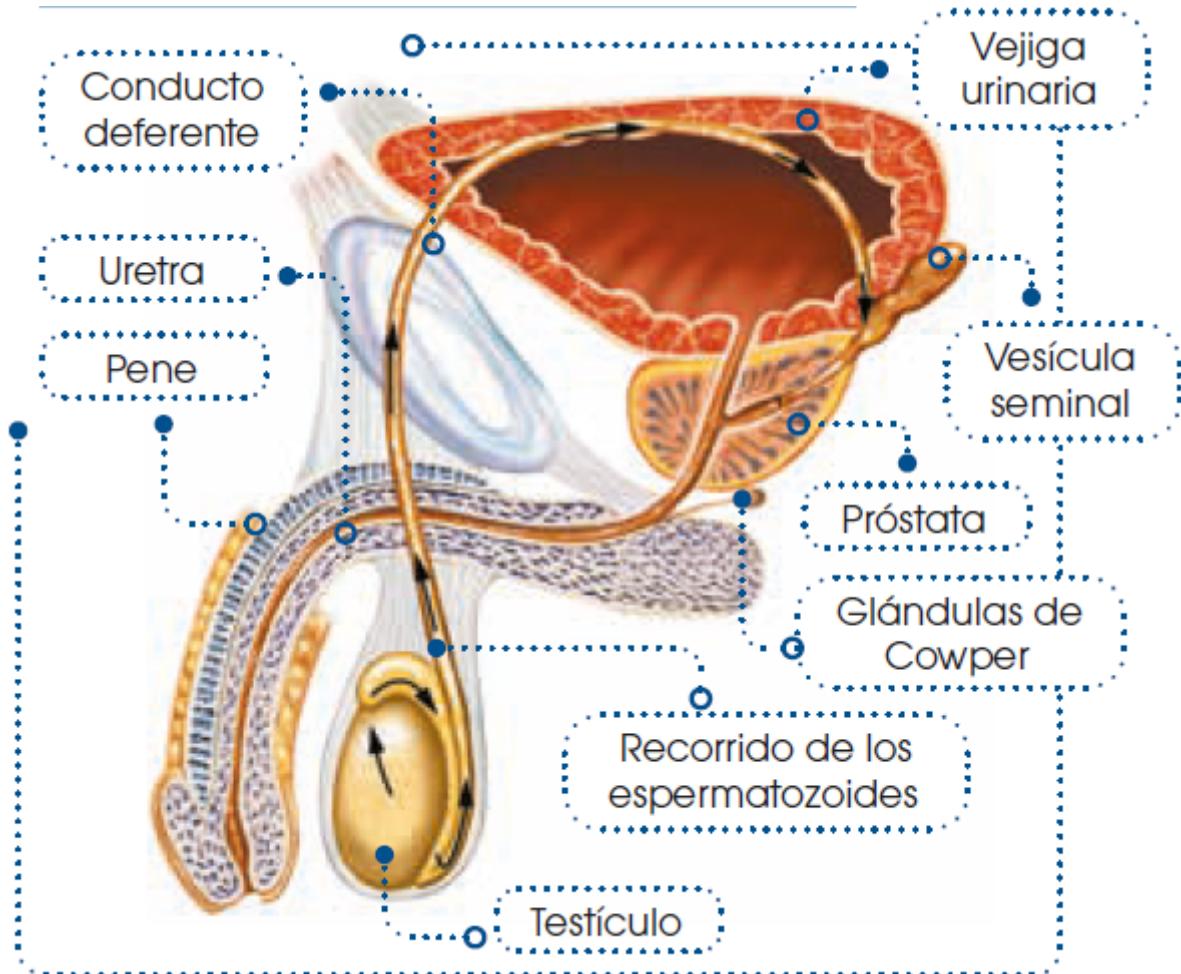
Por su parte, las vesículas seminales y la próstata producen, respectivamente, el líquido seminal y el prostático.

Durante la fase previa a la eyaculación, también intervienen las denominadas glándulas de Cowper. Estas secretan un líquido que se vierte a la uretra y que tiene la función de limpiarla y rectificar su pH para adecuarlo al paso de los espermatozoides. Este líquido también puede transportar espermatozoides, aunque en un número reducido.

Cuando se produce la eyaculación, los espermatozoides salen del sistema reproductor y estos son liberados junto con el líquido seminal y el prostático. Esta mezcla constituye el semen, un líquido blanquecino que se expulsa a través de la uretra.

En cada eyaculación se arrojan cientos de millones de espermatozoides.

La formación de espermatozoides se inicia aproximadamente cuando se alcanza la edad entre 14 y 16 años. A partir de los 50 años, la cantidad de espermatozoides que se producen empieza a disminuir.



### Las hormonas masculinas

En los testículos también se sintetiza la testosterona, hormona necesaria para la formación de los espermatozoides, que origina la diferenciación entre el aparato reproductor masculino y el femenino, y determina las características físicas del hombre adulto.

El líquido seminal contiene otras hormonas: las prostaglandinas, que se sintetizan en las vesículas seminales. Su función es la de estimular las contracciones del útero después de una relación sexual para facilitar el avance de los espermatozoides a través del aparato reproductor femenino.

### El aparato reproductor femenino

A continuación veremos las partes del aparato reproductor femenino.

- Ovarios: Son dos órganos situados en la cavidad pélvica, encargados de la producción de óvulos.
- Trompas de Falopio: Son dos conductos, cada uno de los cuales comunica con un ovario y con el útero. Se encargan de recoger los óvulos liberados por los ovarios y conducirlos al útero.

- Útero o matriz: Es un órgano muscular que puede ensancharse para alojar al feto en caso de embarazo. Una de las capas que lo constituyen es el endometrio, capa mucosa con muchos vasos sanguíneos que se regenera periódicamente y cuya función es proteger y nutrir al óvulo fecundado.
- Vagina: Es el conducto que comunica el útero con el exterior, sus paredes son musculosas y elásticas.

- Vulva: Es la parte exterior del sistema reproductor femenino y consta del monte de Venus, los labios mayores, los labios menores y el clítoris, pequeño órgano eréctil.

Entre los labios menores y la pared vaginal se encuentran las glándulas de Bartolino que se encargan de secretar un líquido lubricante antes del coito.

#### Glándulas mamarias

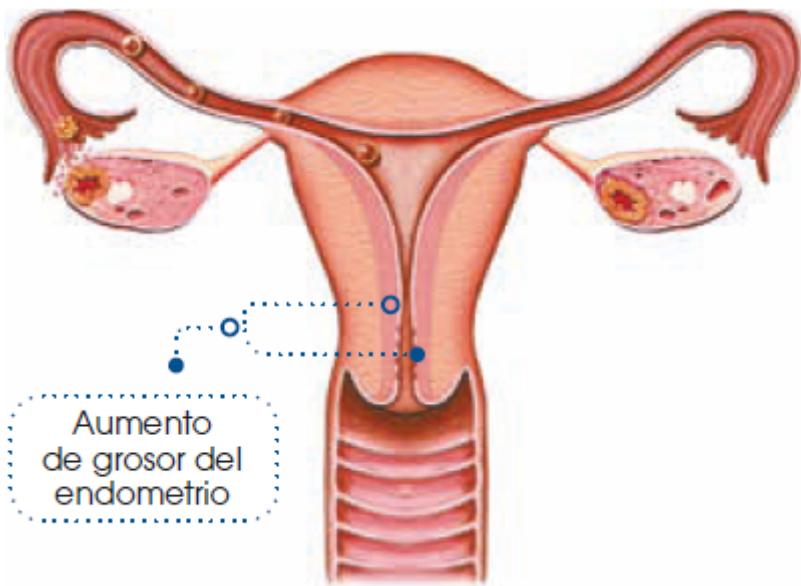
Estas glándulas tienen la función de producir y segregar leche para alimentar al recién nacido, por este motivo puede considerarse que forman parte del sistema reproductor femenino.

#### La formación de óvulos

Las células precursoras de los óvulos se encuentran en los ovarios de la mujer desde su nacimiento. Estas células precursoras interrumpen su desarrollo durante aproximadamente 12 años, momento en el que comienza la maduración del aparato reproductor femenino. A partir de este momento tienen lugar, de forma cíclica, la ovulación y la menstruación.

- Ovulación: Una de las células precursoras madura hasta dar lugar a un óvulo, que sale del ovario y es recogido por la trompa de Falopio. Este proceso recibe el nombre de ovulación.

Durante la maduración del óvulo, el endometrio se engrosa con la finalidad de albergar el óvulo fecundado.



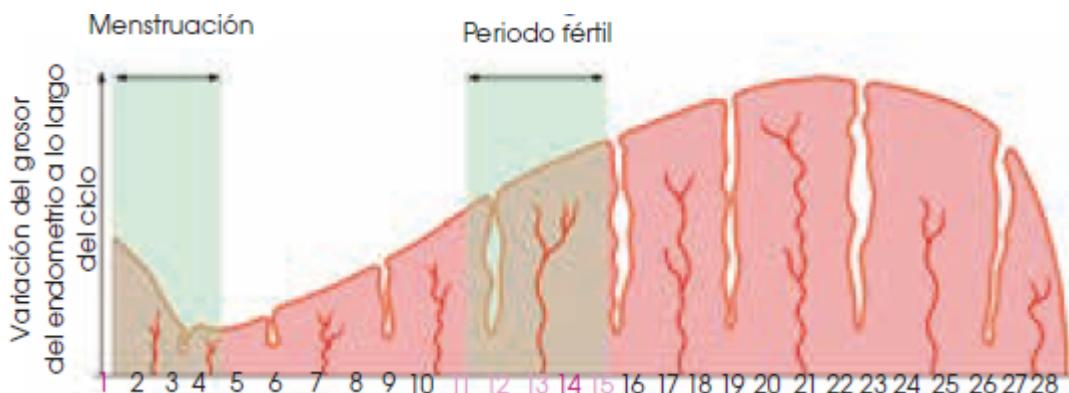
Si no es fecundado, el óvulo tiene una vida muy corta y muere en 24 horas.

La ovulación determina el ciclo ovárico, que es el tiempo transcurrido entre la maduración de un óvulo y la del siguiente. La duración media del ciclo ovárico es de 28 días.

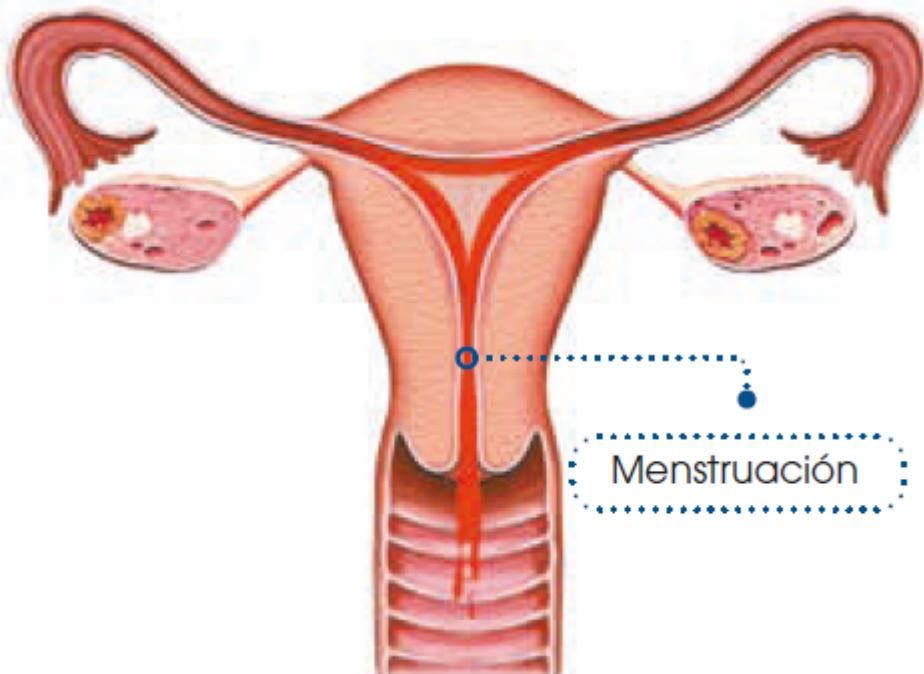
- Menstruación: Si no se produce la fecundación, unos 14 días después de la liberación del óvulo, el endometrio se desprende. Esto provoca una hemorragia denominada menstruación, la que dura aproximadamente 4 días y consiste en la expulsión por la vagina de sangre y otros componentes que formaban el endometrio. La expulsión es más intensa en los primeros días y poco a poco se detiene.

La menstruación determina el ciclo endometrial, que es el tiempo que transcurre entre el inicio de una menstruación y el inicio de la siguiente. La menstruación se origina al rededor de 14 días después de la ovulación.

En el esquema se muestra la interrelación entre los ciclos ovárico y endometrial teniendo en cuenta una duración de 28 días.



**Figura 16.1.:** La interrelación de ambos ciclos determina el período fértil en las mujeres, que es el intervalo de días en los que la probabilidad de embarazo es elevada.



Este se calcula teniendo en cuenta que, por un lado, el óvulo liberado sobrevive 24 horas y, por otro, que los espermatozoides sobreviven hasta 72 horas en el aparato reproductor femenino. Por tanto, el período fértil está comprendido entre tres días antes y un día después de la ovulación.

La edad fértil en las mujeres se inicia con la primera menstruación o menarquia a partir de los 12 o 14 años. Aproximadamente entre los 45 y los 55 años, los ovarios dejan de madurar óvulos, cesan las menstruaciones y comienza el período denominado menopausia.

### Las hormonas femeninas

En los ovarios se sintetizan los estrógenos, que son los encargados de proseguir el proceso de maduración de los óvulos y de regenerar el endometrio después de la menstruación.

También se sintetiza la progesterona, que prepara el endometrio para la implantación del óvulo. Si no se produce la fecundación, la síntesis de esta hormona se detiene.

## 16.4. Fecundación, embarazo y parto en los seres humanos

La fecundación, el embarazo y el parto son tres procesos relacionados con la función de reproducción que tienen lugar en el interior del cuerpo de la mujer.

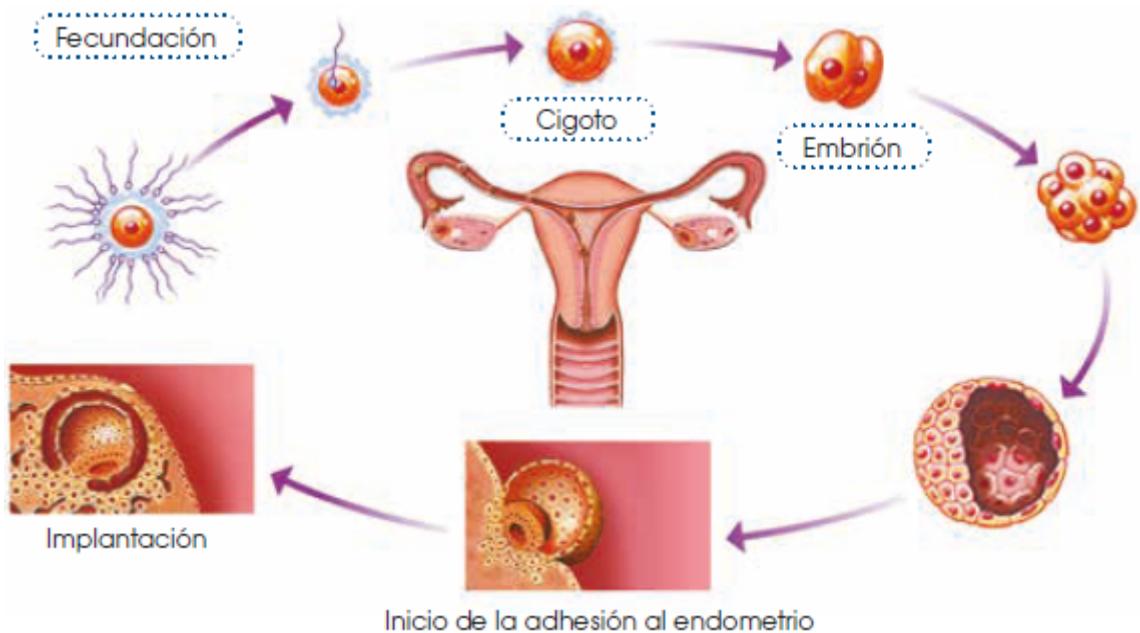
- La fecundación es la unión de un óvulo y de un espermatozoide en el interior del sistema reproductor femenino.

La unión de las dos células es posible si, durante el período fértil de la mujer, se realiza el coito, que consiste en la introducción del pene erecto en el interior de la vagina, y la eyaculación, es decir, la expulsión del semen.

Veamos qué ocurre a partir del momento que tiene lugar la eyaculación.

En una eyaculación se liberan entre 200 y 300 millones de espermatozoides que quedan depositados en la entrada del útero de la mujer. A partir de este momento, los espermatozoides avanzan hacia las trompas de Falopio gracias a los movimientos de su cola.

Unas decenas de espermatozoides consiguen llegar a las trompas de Falopio. Si en ese momento hay en ellas un óvulo maduro, se puede producir la fecundación entre este óvulo y solo uno de los espermatozoides. Como consecuencia de esta unión se formará la célula huevo o cigoto. A partir de este momento se inicia el embarazo.

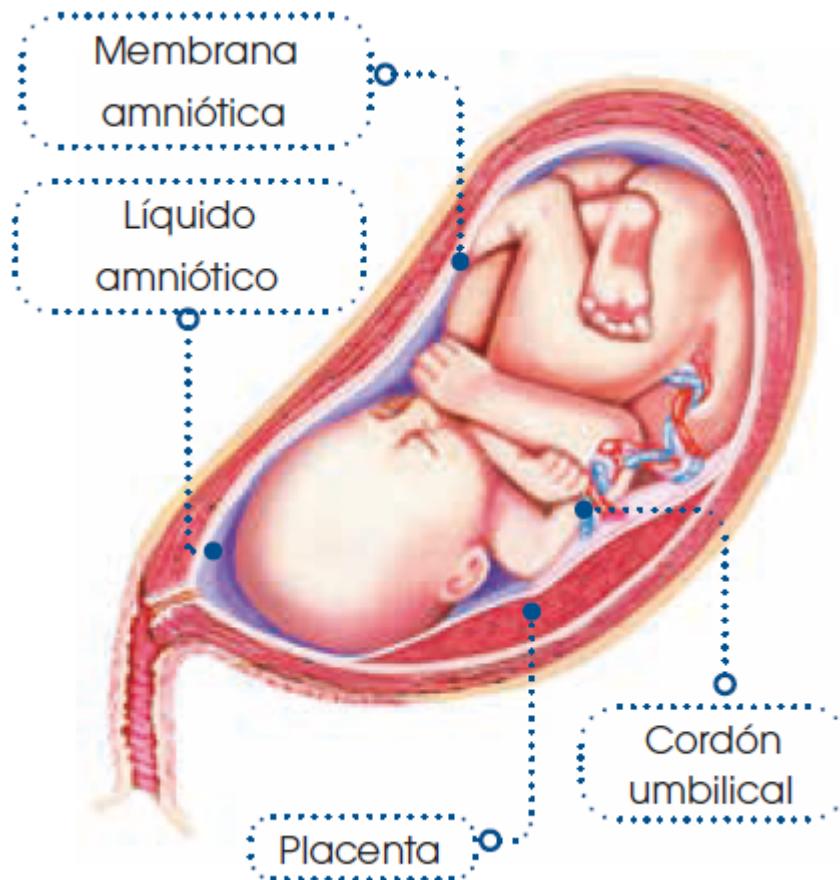


Cuando el cigoto se divide por primera vez, da lugar al embrión que se desplaza desde las trompas de Falopio hacia el útero, mientras realiza sucesivas divisiones celulares. Cuando el embrión llega al útero se produce la implantación; es decir, el embrión se adhiere al endometrio, donde se desarrollará para formar un nuevo ser. La implantación tiene lugar 7 u 8 días después de la fecundación.

A partir de la implantación del embrión en el útero empiezan a desarrollarse la cavidad amniótica, la placenta y el cordón umbilical.

- **Cavidad amniótica:** Es la cavidad que contiene el embrión. Está constituida por la membrana amniótica y el líquido amniótico. Esta cavidad mantiene hidratado al embrión, lo protege de los golpes y de los posibles cambios de temperatura, a la vez que amortigua los movimientos del cuerpo de la madre.

- Placenta: Es un órgano situado en el exterior de la membrana amniótica y su función es comunicar el sistema circulatorio de la madre y el del embrión. También actúa como filtro de microorganismos o de sustancias nocivas.
- Cordón umbilical: Es un tubo largo y flexible que une el ombligo del nuevo ser con la placenta. Contiene en su interior dos arterias y una vena. El embrión recibe a través de estas arterias los nutrientes y el oxígeno que contiene la sangre de la madre. Las sustancias tóxicas, como el dióxido de carbono, pasan a través de la vena hacia la placenta, donde la sangre de la madre las recogerá para ser eliminadas.



Hasta el último tramo del primer trimestre hablamos de embrión. Cuando se empiezan a diferenciar las principales estructuras anatómicas, el embrión pasa a denominarse feto hasta el final del embarazo.

A continuación, veremos cómo se desarrolla el embrión y el feto a lo largo del embarazo.

#### 1. Primer trimestre:

Se empiezan a diferenciar la mayor parte de los órganos. Por ejemplo, se forman el sistema nervioso, el corazón, los dedos de manos y pies, etcétera. Al final del trimestre el embrión pesa unos 20 g y mide unos 10 cm, tiene aspecto humano y empieza a moverse.

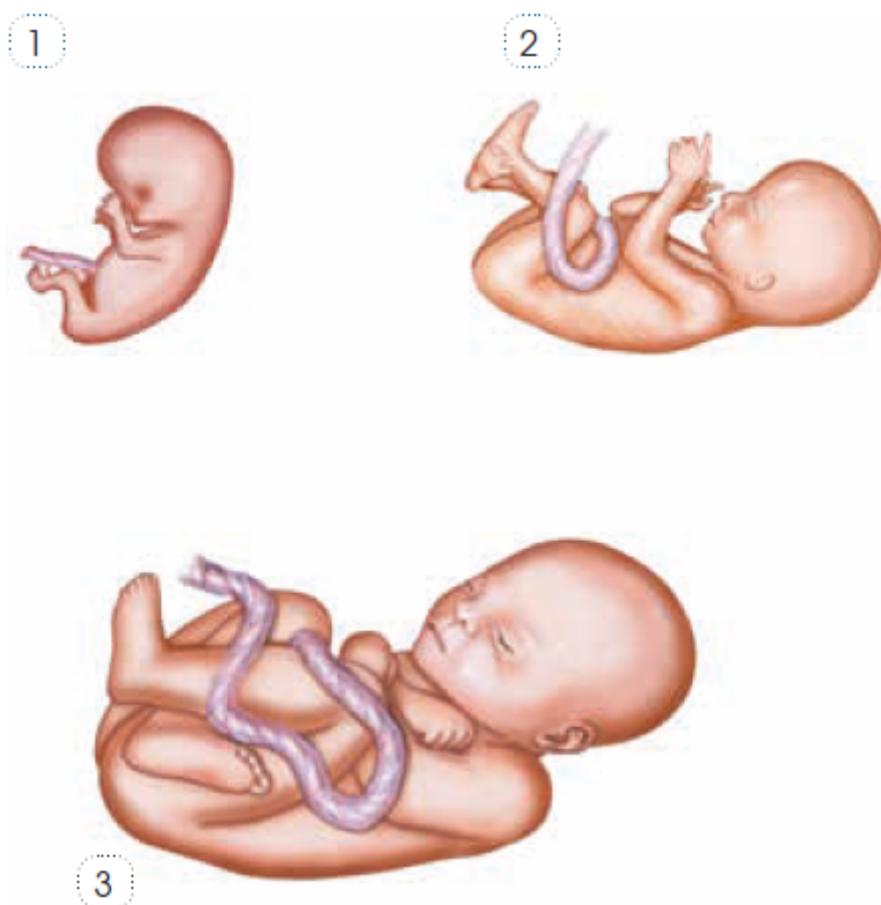
## 2. Segundo trimestre:

El feto ya tiene todos los órganos desarrollados excepto los pulmones, que aún no están preparados para respirar. Se mueve mucho y se chupa el dedo, la madre puede percibir los movimientos.

Al final del trimestre pesa aproximadamente 900 g y mide unos 32 cm.

## 3. Tercer trimestre:

Los pulmones se preparan para respirar. Debido al crecimiento del feto, este ocupa todo el espacio disponible en el útero y se mueve muy poco. Hacia el final del embarazo, se sitúa cabeza abajo y se encaja en la pelvis de la madre. En el momento de nacer, el peso medio es de 3-3.5 kg y mide unos 50 cm.



La ecografía es una técnica muy utilizada en la actualidad para llevar a cabo un control del proceso del embarazo. A lo largo del embarazo, se recomienda un mínimo de tres ecografías. La ecografía permite determinar la madurez del feto y observar los latidos del corazón y sus movimientos.

Cuando han transcurrido las 40 semanas de embarazo, tiene lugar el parto, que es la salida al exterior del feto y de las membranas que lo rodean. Las señales que indican el inicio del parto son:

- Rotura de la membrana amniótica: La rotura de esta membrana libera el líquido amniótico, a este hecho se le conoce comúnmente como romper aguas.

- Inicio de las contracciones uterinas: Al principio son contracciones suaves y ligeramente dolorosas, pero, al transcurrir el tiempo, a se van haciendo más frecuentes e intensas.

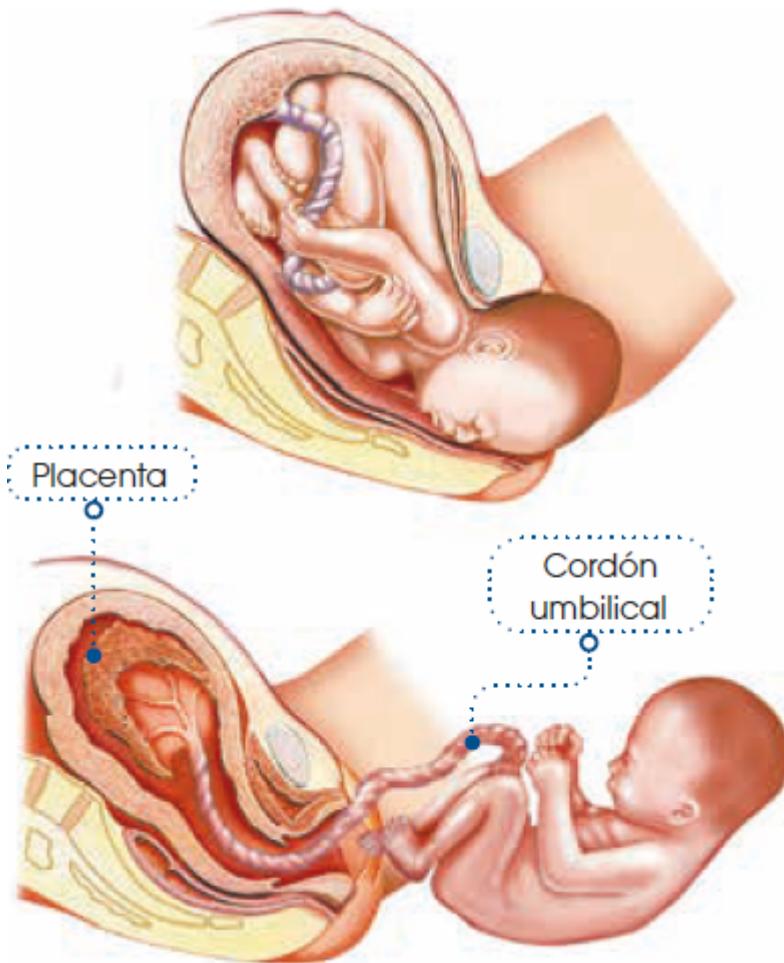
A partir de este momento tienen lugar tres fases: la dilatación, la expulsión y el alumbramiento.

- Dilatación: Debido a las contracciones uterinas, cada vez más frecuentes, se va ensanchando el cuello del útero. Cuando este alcanza los 10 cm de diámetro, la fase termina.

- Expulsión: Prosiguen las contracciones uterinas y, normalmente, entre tres y cinco horas después comienzan los dolores de expulsión, que se producen cuando la cabeza del feto presiona sobre la vagina para salir. En el momento del nacimiento, primero aparece la cabeza, luego un hombro y, rápidamente, el resto del cuerpo.

En ese momento se pinza el cordón umbilical para evitar hemorragias y, después, se corta.

- Alumbramiento: Consiste en la expulsión de la placenta, tiene lugar minutos después de la salida del feto.



#### Las hormonas durante el embarazo y el parto

En el embarazo, la placenta segregá estrógenos y progesterona. Los estrógenos favorecen el crecimiento del útero y el desarrollo de las glándulas mamarias. La progesterona mantiene la consistencia de las paredes del útero y evita que se produzcan contracciones.

En el parto, las glándulas suprarrenales del feto segregan cortisol que provoca que aumente la formación de estrógenos y que disminuya la síntesis de progesterona. Por esto, empiezan las primeras contracciones uterinas y el hipotálamo de la madre segregá oxitocina, que estimula las contracciones y favorece la recuperación del tamaño del útero y estimula las glándulas mamarias.

#### 16.4.1. Síntomas del embarazo

El cuerpo de la mujer pasa por varios cambios a medida que el bebé crece y se desarrolla. Las hormonas que interactúan en la mujer también cambian. A lo largo de esta etapa, estas modificaciones generalmente van acompañadas de dolores y molestias, además de que podrían presentar síntomas únicos o cambiantes.

Aun así, muchas mujeres embarazadas dicen sentirse más saludables.

## Fatiga

Durante el embarazo la mujer va a estar mucho más cansada e inactiva. Sin embargo, ellas tienden a estar cansadas los primeros meses y se reactivan en la etapa final. Una gran ayuda para contrarrestar el cansancio es una dieta balanceada, ejercicios y descanso, también ayuda a que se sienta menos cansada. Otra herramienta útil para evitar la fatiga es el tomar siestas cortas o recesos para descansar a lo largo del día durante todos los días.

## Problemas con la micción

Al principio del embarazo, es muy probable que vaya más veces al baño.

A medida que su útero crece y se eleva en el abdomen, la necesidad de orinar puede disminuir. Sin embargo, seguirá orinando más durante todo el embarazo. Esto significa que la mujer tiene la necesidad de beber más agua y sentirse mucho más sedienta que cuando no estaba embarazada.

En las semanas finales del embarazo, el bebé va descendiendo a la pelvis. La mujer tendrá que orinar mucho, pero el volumen será bastante reducido ya que por la presión que el bebé ejerce en la vejiga la mujer pierde la cantidad de contención de líquido.

**Acidez gástrica** A lo largo del embarazo, los alimentos que consume la madre permanecen un tiempo más prolongado a lo habitual en los intestinos y en el estómago. Esto le podría causar acidez gástrica; sin embargo, existen varias formas de contrarrestarla:

- Consumir comidas en porciones pequeñas.
- Evitar alimentos picantes y grasosos.
- Antes de acostarse, evitar ingerir mucho líquido.
- Despues de comer, evitar hacer ejercicio por al menos dos horas. Tratar de no acostarse y descansar después de la comida, esperar una hora mínimo.

## Hinchazón

La hinchazón es una molestia muy común, pero hay formas de tratarla:

- Hacer ejercicios simples: levantando las piernas y apoyándolas en el vientre para ayudar a la circulación.
- Acostarse de un costado en la cama.
- Es recomendable usar medias de compresión o de descanso.
- Reducir de la dieta los alimentos salados, ya que la sal funciona como una esponja y ayuda a que el cuerpo retenga más líquidos.

- Evitar hacer demasiado esfuerzo durante las defecaciones. Esto puede provocar hemorroides muy dolorosas.

Generalmente, la hinchazón en las piernas viene también acompañada de dolores de cabeza o hipertensión arterial que puede causar una complicación médica grave y de cuidado que se llama preclampsia.

#### **16.4.2. Lactancia materna**

En la última fase del embarazo las mamas se preparan para segregar leche. Al nacer el niño, los acinos ya tienen preparada una primera secreción denominada calostro. Este es el primer alimento del recién nacido; contiene gran cantidad de proteínas y anticuerpos que le servirán de defensa. La composición de la leche, posteriormente, varía, ya que contiene más grasas y glúcidos.

Se recomienda que el recién nacido se alimente de leche materna, por lo menos hasta los 4 meses de edad. En ocasiones, cuando la lactancia materna no es suficiente para la nutrición del bebé, se complementa con leches maternizadas. De forma progresiva, se introducirán otros alimentos.

Además de los síntomas ya mencionados, que resultan ser los más comunes. Existen otros que también se pueden presentar, estos son: Flujo vaginal, estreñimiento, sangrados nasales y de las encías, venas varicosas y hemorroides y problemas respiratorios.

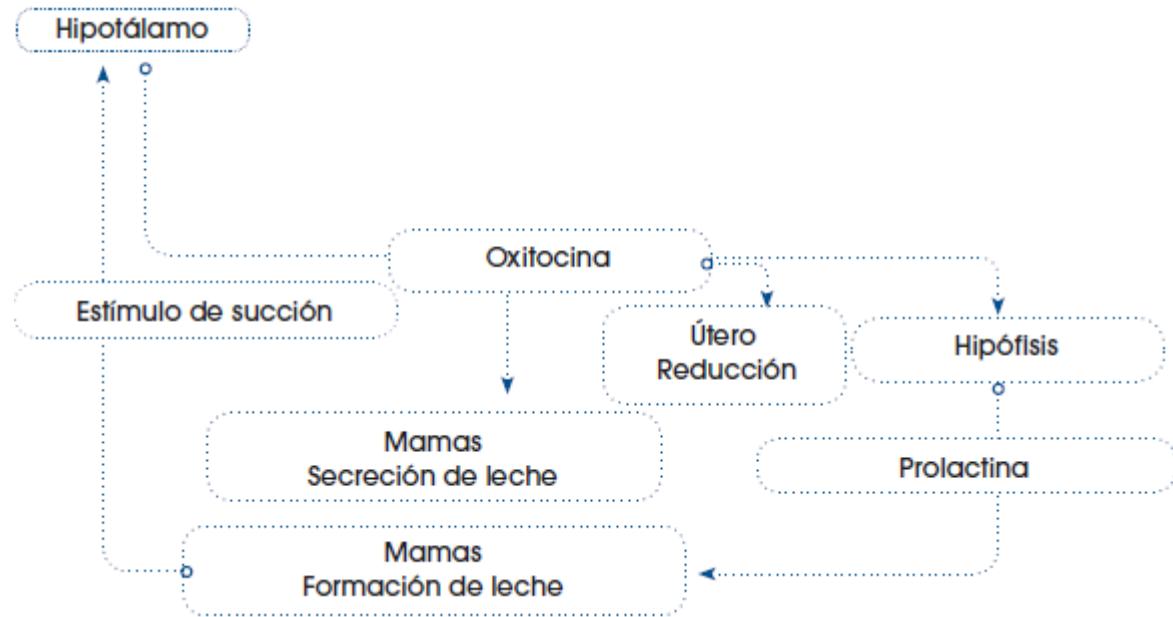
#### **Mecanismo y regulación hormonal de la lactancia**

El mecanismo de la lactancia se basa en la succión que efectúa el recién nacido en el pezón materno. El reflejo de succión es un comportamiento innato en el ser humano.

- El estímulo de la succión se transmite al sistema nervioso central, donde se procesa, iniciando la actividad del hipotálamo. Este segregá la hormona oxitocina, que provoca la contracción de fibras musculares que rodean el tejido glandular de las mamas y producen la salida de la leche.

Al mismo tiempo, la oxitocina origina una reducción del tamaño del útero, que había aumentado durante el embarazo.

- La hipófisis, activada por neurohormonas del hipotálamo, produce hormona prolactina, responsable de la formación de leche en los acinos mamarios.



La lactancia está controlada por el sistema nervioso central. Debido a ello, el estado de ánimo de la madre influye directamente en el proceso, por lo que es recomendable dar de mamar en las condiciones más tranquilas posibles.

#### 16.4.3. Ventajas de la leche materna

La leche materna es la mejor fuente de alimento y protección para el bebé, como se mencionó, le brinda defensas y nutrición hasta que el bebé desarrolle anticuerpos que lo protejan; además que calma la sed incluso en climas muy cálidos.

Cuando al niño se le da, aguas, jugos o tés durante los primeros 6 meses se está aumentando el riesgo de que el niño o niña sufra de diarreas u otras infecciones que no sucede con la leche materna.

La leche materna tiene muchos micronutrientes que son necesarios a lo largo del crecimiento y desarrollo, entre ellos están:

- Vitaminas, como la A, B, C para que el niño crezca saludable y esté protegido.
- Fósforo y calcio para que tenga huesos sanos y fuertes.
- Hierro para mantener la energía.
- Proteínas para protegerlo contra las enfermedades, para el crecimiento y el desarrollo de la inteligencia.
- Grasas, las grasas de la leche materna protegerán al niño, cuando sea mayor, de padecer enfermedades del corazón y de la circulación. Además, favorecen su inteligencia.

- Azúcares para que tenga energía y para alimentar al cerebro. La leche de la madre es el único alimento que nutre al niño o niña completamente durante los primeros 6 meses de vida y el único alimento que le da protección sostenida y completa durante los primeros 2 años.

Además, la leche también previene enfermedades como:

- Las diarreas y la deshidratación
- Infecciones respiratorias, como la bronquitis y la neumonía
- El estreñimiento
- Los cólicos
- Las alergias
- Las enfermedades de la piel, como los granos y el sarpullido
- El sarampión
- El cólera
- Desnutrición
- La diabetes juvenil
- Deficiencia de micronutrientes

## **Experimento**

### **Tema:**

Observación de la gemación en las levaduras.

### **Investigamos:**

Las levaduras son hongos unicelulares de forma oval. Poseen una organización celular eucariota y tienen un metabolismo heterótrofo. Una especie representativa es la *Saccharomyces cerevisiae*, que se utiliza en el proceso de panificación y en la elaboración de vinos y cervezas.

Consulta su modo de reproducción y dónde podemos encontrar estos organismos.

### **Objetivo:**

Describir las características celulares de la levadura del pan y observar el proceso de reproducción asexual por gemación.

### **Materiales:**

- levadura de panadero • solución de glucosa al 5%
- azul de metileno
- tubo de ensayo de 5 ml
- lanceta
- pipetas Pasteur desechables
- portaobjetos y cubreobjetos

**Proceso:**

1. Depositamos en un tubo de ensayo 1 ml de solución de glucosa al 5%.
2. Añadimos un poco de levadura de panadero utilizando una lanceta y la mezclamos suavemente.
3. Con ayuda de una pipeta Pasteur, depositamos una gota de la mezcla anterior en un portaobjetos que esté bien limpio y desengrasado.
4. Colocamos el cubreobjetos, evitando que queden burbujas de aire, y observamos la muestra en el microscopio, empezando por el objetivo de menor aumento hasta llegar al de 40x.
5. Repetimos el procedimiento anterior, pero ahora fijamos la muestra calentándola ligeramente sobre la llama del mechero de Bunsen.
6. Añadimos unas gotas de azul de metileno y dejamos dos minutos para que el colorante tiña la muestra.
7. Lavamos cuidadosamente el portaobjetos bajo el grifo para eliminar el exceso de colorante. Lo dejamos secar al aire durante unos minutos.
8. Observamos de nuevo el microscopio.
9. Localizamos algunas células en división.
10. Dibujamos la morfología de las células de la levadura del pan y el proceso de gemación a diferentes aumentos.

**Cuestiones:**

11. ¿Qué diferencias observas entre la muestra teñida y la que no lo está?
12. ¿Crees que las células hijas tendrán una dotación genética muy diferente de la de la célula madre? ¿Por qué?
13. Los hongos son organismos heterótrofos. ¿Qué significa esto? ¿Por qué hemos añadido a las levaduras una solución de glucosa?

# 17. Relaciones humanas y salud sexual

## 17.1. La salud y las enfermedades

Desde el principio de su existencia, el ser humano ha luchado contra las enfermedades y los trastornos que le afectan y ha trabajado para conseguir un mayor bienestar físico, mental y social.

Gracias al progreso económico y social, la humanidad dispone cada vez de más medios para luchar contra los problemas de salud, aunque todavía existen muchos retos, como la accesibilidad de los recursos sanitarios a todas las personas por igual.

### 17.1.1. La salud

La OMS vela por la salud a nivel global y según esta organización el concepto de salud es:

*El estado de completo bienestar físico, mental y social, y no solamente la ausencia de afecciones o enfermedades.*

La OMS tiene como objetivo que todos los pueblos puedan gozar del máximo grado de salud posible. Para ello actúa a diferentes niveles, por ejemplo, evitando la extensión de enfermedades entre la población y procurando que los niños de todos los países tengan una buena nutrición.

Según la definición que está en la parte superior, es tan necesario el bienestar mental como el físico, y también influye el entorno en el estado de salud. Así, podemos decir que la salud de las personas depende de los factores siguientes:

- Las características físicas y mentales. Algunas personas son más susceptibles que otras o padecer determinados trastornos; por ejemplo, la predisposición a padecer algunas enfermedades es hereditaria.
- El estilo de vida. Hábitos saludables, como seguir una dieta equilibrada, practicar algún deporte, alternar trabajo y descanso o dormir las horas suficientes, permiten mantener un buen estado de salud.

- El sistema de asistencia sanitaria. Un sistema de asistencia sanitaria eficaz puede prevenir y paliar muchos problemas sanitarios; por ejemplo, el calendario de vacunación de los niños que se sigue en la región, ayuda a evitar y erradicar muchas enfermedades infecciosas.
- El entorno social. La sociedad en que vivimos nos proporciona los medios para desarrollar nuestras capacidades, estudiar, trabajar y, por tanto, alcanzar nuestros objetivos. Pero, en ocasiones, también podemos sentirnos presionados por ella, lo que repercute en la salud; por ejemplo, tener problemas con los estudios suele causar decaimiento.

### **17.1.2. Las enfermedades**

La OMS y los sistemas de asistencia sanitaria de los distintos países trabajan para que todos los seres humanos gocemos de buen a salud.

En los países más desarrollados la infraestructura sanitaria, en general, es buena, pero las enfermedades asociadas a la vida sedentaria son un grave problema; sin embargo, en los países en vías de desarrollo, donde la calidad de vida es inferior, no hay una asistencia sanitaria suficiente para atender a toda la población.

Las enfermedades y los trastornos pueden originarse tanto por causas externas como internas en nuestro organismo. Así, el dolor de cabeza puede tener diferentes orígenes, se puede dar por no dormir las horas suficientes e incluso por la aparición de un tumor.

Para poder llevar a cabo las diferentes funciones vitales es necesario que todos los órganos, sistemas y aparatos trabajen de forma coordinada. Por esta razón, una enfermedad que afecte a un órgano puede tener consecuencias sobre el funcionamiento de todo nuestro organismo. Por ejemplo, el mal funcionamiento de los riñones hace que la sangre no se limpie correctamente, lo que perjudica al resto del cuerpo.

Existen enfermedades asociadas a cada sistema. En esta unidad vamos a estudiar algunas enfermedades y trastornos clasificados según su origen. Los grupos que vamos a describir son:

Enfermedades y trastornos del ser humano

Enfermedades infecciosas: Provocadas por microorganismos y virus

Enfermedades no infecciosas: Los tumores y el cáncer, Las drogodependencias, Los accidentes.



## El estrés

El estrés es un estado de tensión del organismo provocado por un esfuerzo físico, psíquico o emocional excesivo y continuado. Este malestar es muy frecuente en nuestra sociedad y es la causa de numerosos trastornos y enfermedades como depresión, enfermedades cardiovasculares, trastornos del sistema digestivo, etc.

**Enfermedad:** Es la alteración leve o grave del funcionamiento de nuestro organismo.

## Las enfermedades infecciosas

Las enfermedades infecciosas son alteraciones de la salud causadas por microorganismos y virus. Se caracterizan por ser transmisibles, es decir, que pueden pasar de una persona enferma a otra sana.

Los microorganismos son seres vivos microscópicos que pueden vivir en diversos medios, como el agua, el suelo y los seres vivos. Las bacterias, los hongos microscópicos y los protozoos son microorganismos, algunos de ellos son patógenos. Los virus son estructuras microscópicas muy sencillas que necesitan a los seres vivos para poder existir y que causan muchas enfermedades.

## Los microorganismos y virus patógenos

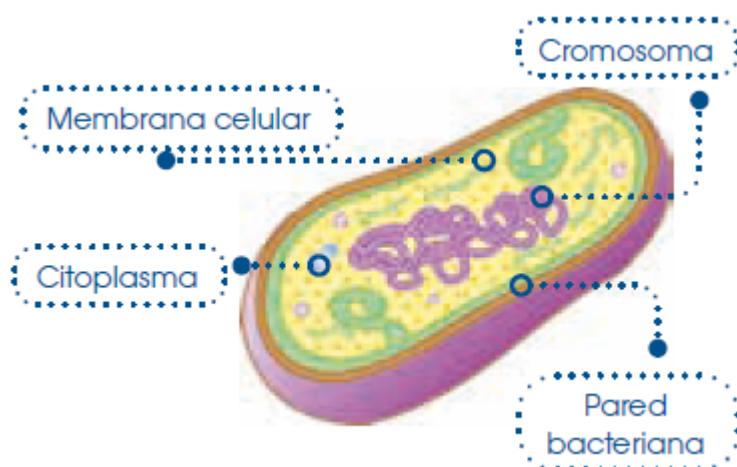
Los microorganismos y virus patógenos obtienen nutrientes y se reproducen a expensas del ser humano, por ello se les llama parásitos; el ser humano, en cambio, sale afectado, por lo que se denomina hospedador. Veamos las características de los siguientes patógenos: bacterias, protozoos, hongos y virus.

- Las bacterias son seres vivos formados por una sola célula de estructura muy sencilla, llamada célula procariota. Estas son sus características:

## Estructura celular

La célula procariota mide entre 1 y 10  $\mu\text{m}$  y es de menor tamaño que la célula eucariota. Lo más destacado de su estructura es:

- No presenta envoltura nuclear.
- Su material genético es un solo cromosoma, formado por una cadena de ADN, que dirige todas las funciones de la célula procariota.
- Presenta una pared bacteriana que envuelve la membrana celular. Está formada por una sustancia llamada mureína que da rigidez a la célula.

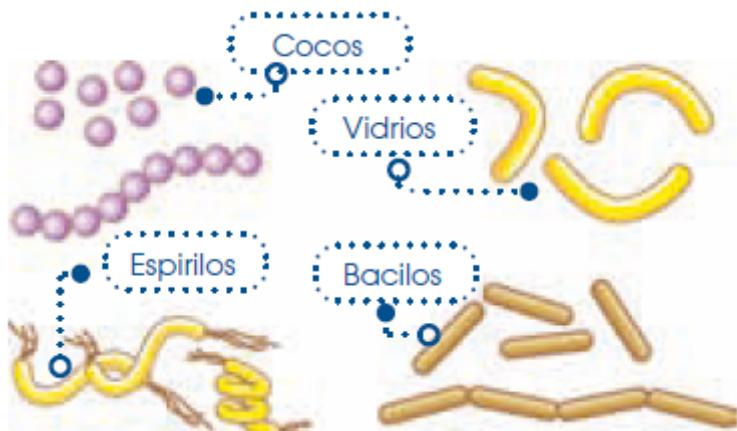


## Forma de las bacterias

Las bacterias pueden presentar diversas formas:

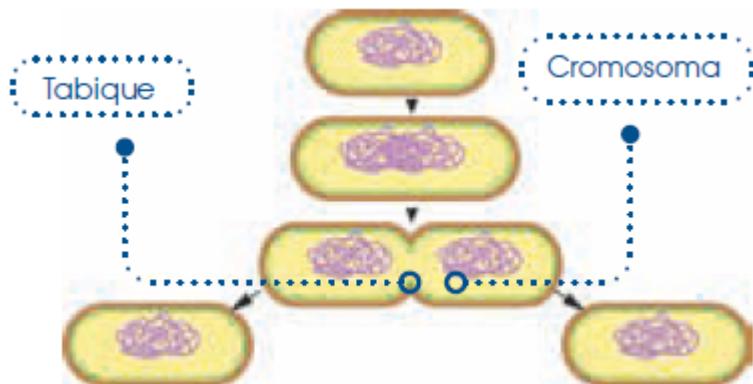
- Bacilos: tienen forma de bastón.
- Cocos: su forma es esférica.
- Espirilos: tienen forma de tirabuzón.
- Vibrios: recuerdan a una coma de ortografía.

En ocasiones, el nombre de la bacteria está asociado a su forma. Este es el caso de la bacteria *Vibrio cholerae*, que produce la enfermedad del cólera.



### Funciones vitales

- Función de nutrición. Algunas bacterias son autótrofas y se nutren de materia inorgánica; otras son heterótrofas y necesitan sustancias orgánicas.
- Función de relación. Las bacterias pueden resistir condiciones adversas, como la sequedad o la falta de nutrientes, formando esporas.
- Función de reproducción. De una célula progenitora se obtienen dos células hijas. El cromosoma se duplica y se forma un tabique de mureína que separa las dos células nuevas.



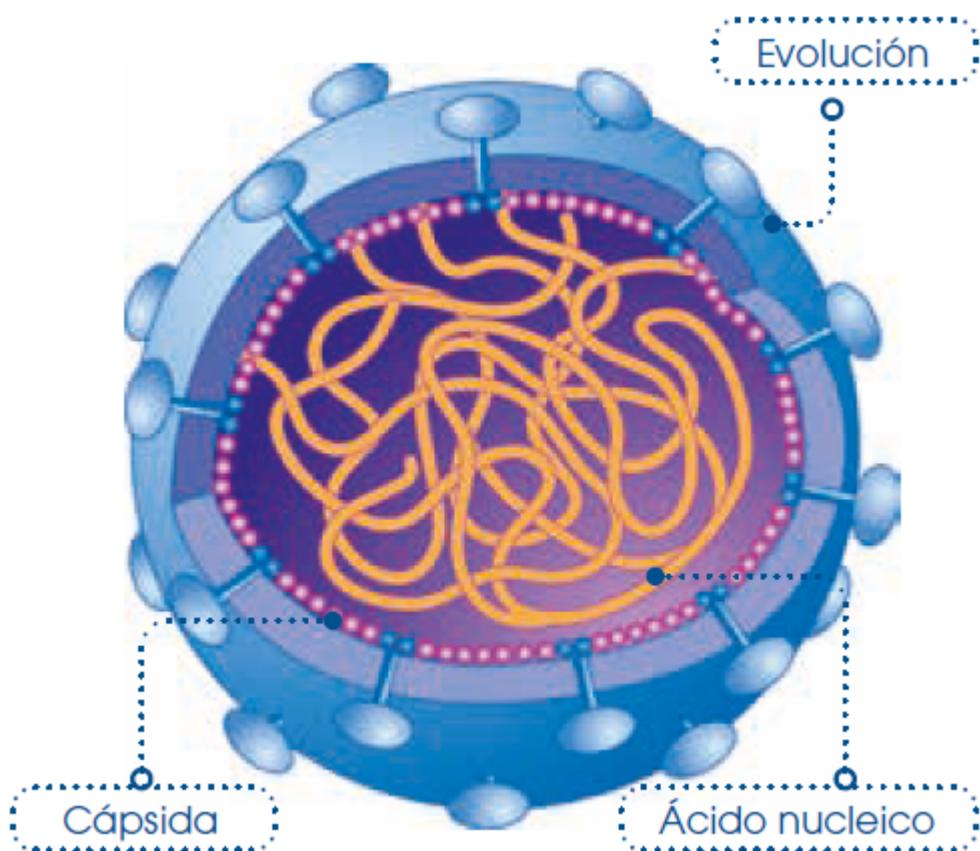
La mayoría de las bacterias son de vida libre, es decir, no necesitan parasitar otra célula para vivir. No obstante, algunas de las que son patógenas causan enfermedades graves como la tuberculosis, la sífilis o el tétanos.

- Los protozoos son organismos unicelulares eucariotas. Algunos poseen cilios o flagelos para desplazarse. Hay especies de protozoos parásitos del ser humano, como *Trypanosoma* sp., que produce la llamada enfermedad del sueño. El protozoo *Plasmodium* sp. provoca la malaria.
- Los hongos son un grupo de organismos eucariotas con representantes unicelulares y pluricelulares. Algunos hongos son parásitos del ser humano y le provocan infecciones

llamadas micosis. Normalmente las micosis afectan a la piel a las mucosas de la boca o de los genitales, y producen fuertes picores.

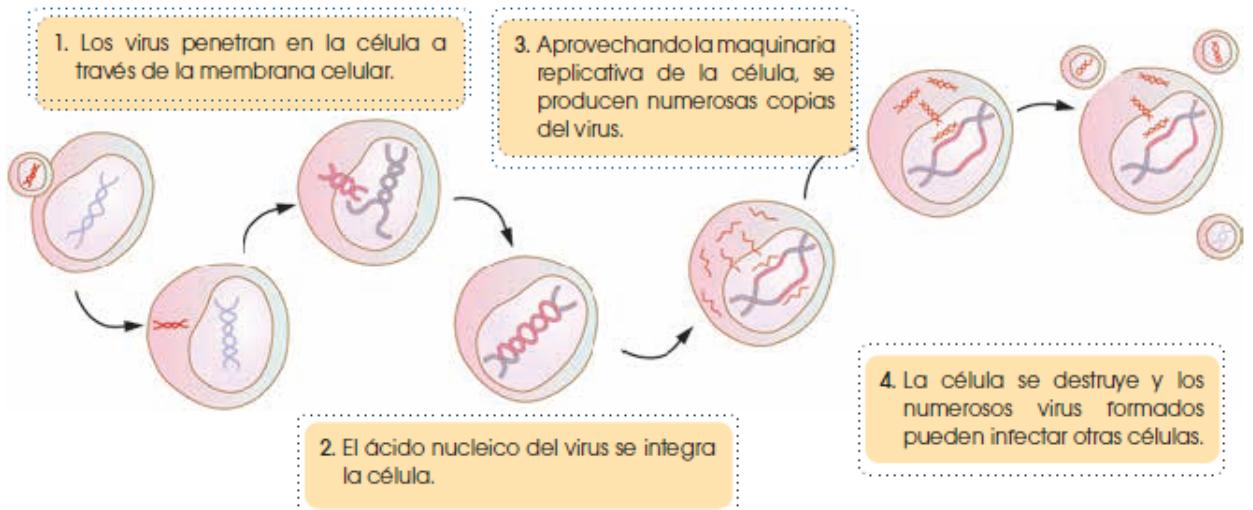
- Los virus tienen una estructura muy sencilla, distinta a la de una célula. En su forma más simple solo poseen una cápsida proteica que envuelve y protege a un ácido nucleico. Algunos de ellos, como es el caso de los virus de la gripe o del VIH, presentan un recubrimiento membranoso llamado envoltura.

El tamaño de los virus es muy pequeño, por ello solo pueden observarse por microscopio electrónico.



Los virus no se consideran propiamente seres vivos, ya que no llevan a cabo las funciones de nutrición y relación. Puede considerarse que se reproducen, ya que se multiplican, pero siempre en el interior de las células, por lo que todos los virus son parásitos obligados de los seres vivos. Hay muchos virus que producen enfermedades al ser humano, como los virus de la gripe.

Este es el proceso mediante el que un virus infecta a una célula:



1. Los virus penetran en la célula a través de la membrana celular.
2. El ácido nucleico del virus se integra la célula.
3. Aprovechando la maquinaria replicativa de la célula, se producen numerosas copias del virus.
4. La célula se destruye y los numerosos virus formados pueden infectar otras células.

### **El proceso de una enfermedad infecciosa**

Las fases de una enfermedad infecciosa, desde que se contrae hasta su curación, son:

- Contagio: Es la transmisión de la enfermedad a una persona sana. Puede producirse de forma directa, a través de la sangre, la saliva u otras secreciones de una persona infectada, o de forma indirecta, si el contagio se produce a través de un elemento transmisor, como el agua.
- Período de incubación: Transcurre desde el momento del contagio hasta que se manifiesta la enfermedad.
- Período de estado: Es el tiempo de duración de la enfermedad. Se manifiestan los síntomas que causan molestias al enfermo.
- Período de resolución: Es la fase de curación y puede tener una duración variada.
- Período de convalecencia: Se han eliminado los agentes patógenos, pero el organismo necesita un tiempo para recuperarse totalmente.

Veamos las características de algunas enfermedades infecciosas:

Agente patógeno

Contagio

Problemas que causa

### Gastroenteritis

Agente patógeno: La bacteria *Salmonella sp.* Contagio: Indirecto, bebiendo agua y comiendo alimentos contaminados. Problemas que causa: Se inflama la mucosa gástrica y la intestinal, por lo que se producen diarreas, vómitos y fiebre.

### Meningitis

Agente patógeno: La bacteria *Neisseria meningitidis*. Contagio: Directo, inhalando gotitas expulsadas por una persona enferma al toser o estornudar. Problemas que causa: Se inflaman las meninges, por lo que se produce fiebre, dolores de cabeza, vómitos y rigidez de nuca.

### Candidiasis

Agente patógeno: El hongo *Candida albicans*. Contagio: Indirecto, a través de prendas de vestir contaminadas. Directo, por relaciones sexuales. Problemas que causa: El hongo se extiende por la piel y las mucosas, y provoca intensos picores.

### Malaria o paludismo

Agente patógeno: El protozoo *Plasmodium vivax*. Contagio: Indirecto, por la picadura de un mosquito. Se producen períodos intermitentes de fiebre alta, las crisis palúdicas. Problemas que causa: El protozoo destruye los eritrocitos y perjudica al hígado.

### Sarampión

Agente patógeno: Virus del grupo *Paramyxovirus*. Contagio: Directo, inhalando gotitas expulsadas por una persona enferma al toser o estornudar. Problemas que causa: En primer lugar, produce una inflamación de las mucosas respiratorias, luego una erupción en la piel y fiebre.

### Gripe

Agente patógeno: Virus del grupo *Orthomyxovirus*. Contagio: Directo, inhalando gotitas expulsadas por una persona enferma al toser o estornudar. Problemas que causa: Afecta principalmente la mucosa respiratoria, produciendo tos, estornudos, mucosidad, fiebre y dolor de cabeza.

## La prevención

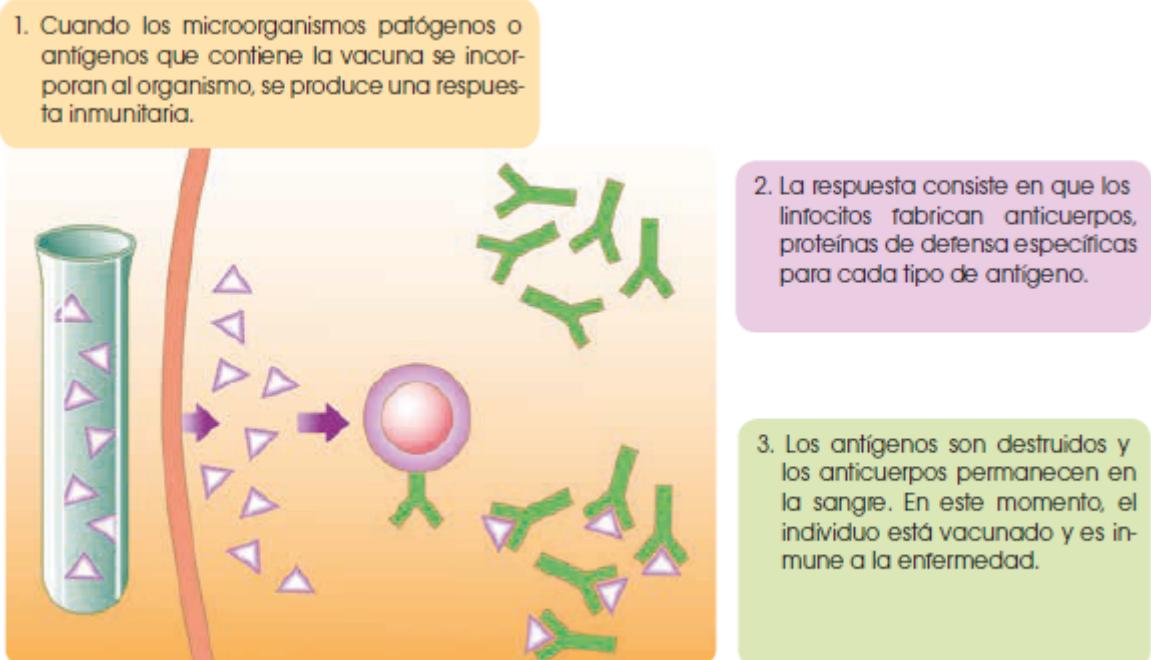
Para evitar el contagio de enfermedades, podemos poner en práctica una serie de medidas de prevención. Algunas de las más habituales son la práctica de hábitos de higiene y la administración de vacunas.

Los hábitos de higiene, como lavarse las manos antes de tomar alimentos y ducharse con frecuencia, tienen la finalidad de impedir el contacto prolongado con agentes patógenos.

También consideramos como un hábito de higiene: evitar el contacto con utensilios que puedan contagiar enfermedades, como vasos y cubiertos usados o toallas utilizadas en la playa o la piscina.

La administración de vacunas es la principal medida preventiva por parte de la asistencia sanitaria pública. Las vacunas son unas sustancias preparadas con los microorganismos patógenos, inactivos o debilitados, causantes de la enfermedad que se quiere evitar, o bien con partes de dichos microorganismos.

Las vacunas proporcionan defensas a las personas sanas para que, en caso de ser infectadas por un agente patógeno, el sistema inmunológico pueda eliminarlo y evitar que se manifieste la enfermedad. A veces, no se impide que la enfermedad se presente, pero lo hace de forma menos agresiva. Veamos el modo de actuación de las vacunas:



1. Cuando los microorganismos patógenos o antígenos que contiene la vacuna se incorporan al organismo, se produce una respuesta inmunitaria.
2. La respuesta consiste en que los linfocitos fabrican anticuerpos, proteínas de defensa específicas para cada tipo de antígeno.
3. Los antígenos son destruidos y los anticuerpos permanecen en la sangre. En este momento, el individuo está vacunado y es inmune a la enfermedad.

A partir de entonces, si el organismo entra en contacto con el patógeno, contra el cual está vacunado, se producirá una respuesta inmediata y los anticuerpos impedirán que se establezca el patógeno y, por tanto, se manifieste la enfermedad. Las vacunas pueden conferir inmunidad durante mucho tiempo o bien, tener efecto permanente.

Se han establecido programas de vacunación para evitar algunas enfermedades, que hace unos años eran corrientes en la infancia, como el sarampión y la parotiditis. También se administran vacunas, ocasionalmente, a personas que han de viajar o que corren el riesgo de contraer una enfermedad.

### **Tratamiento**

Una vez se ha contraído una enfermedad, se aconseja la visita al médico que, cuando diagnostique la dolencia, decidirá cuál es el tratamiento adecuado. El tratamiento más frecuente es la administración de medicamentos. En algunos casos, puede ser necesario como tratamiento el trasplante de órganos, tejidos o células.

- Los medicamentos son un conjunto de varias sustancias. De todas ellas, la responsable de la acción se llama principio activo. La función de los medicamentos es prevenir, aliviar o curar enfermedades o bien, sus síntomas.

Un tipo específico de medicamento son los antibióticos, compuestos que destruyen las bacterias o detienen su crecimiento y que, por tanto, curan ciertas enfermedades infecciosas.

- El trasplante de órganos, tejidos o células es una técnica médica que consiste en sustituir un órgano, tejido o células dañados por otro sano.

Es posible trasplantar órganos, como el corazón, el pulmón, el riñón, el páncreas y el hígado; tejidos, como la médula ósea y la córnea; y células, como las de la glándula suprarrenal y las del cordón umbilical.

El principal problema para realizar con éxito un trasplante es el rechazo inmunitario.

Este puede producirse si los tejidos del órgano transplantado son reconocidos como antígenos por el sistema inmunitario, el cual elabora anticuerpos para destruir el cuerpo extraño. Si esto ocurre, se provocan graves trastornos.

Los órganos utilizados en los trasplantes proceden de otro ser humano, que ha fallecido o de otras personas vivas. En ambos casos, los trasplantes se llevan a cabo gracias a donantes, que manifiestan su voluntad de ceder uno o varios órganos. Este es un acto solidario que permite salvar muchas vidas.

### **La donación de sangre**

La administración de sangre o algunos de sus derivados es un tratamiento que se aplica en numerosas enfermedades.

Aunque existen diversos sustitutivos de la sangre y del plasma sanguíneo, la obtención de sangre humana sigue siendo imprescindible.

### **Enfermedades no infecciosas**

Existe un amplio grupo de enfermedades que no pueden contagiarse, son las enfermedades no infecciosas.

Entre estas enfermedades destacamos las cardiovasculares, es decir, las que afectan al corazón y a los vasos sanguíneos; los tumores; y el cáncer.

Las enfermedades cardiovasculares son la principal causa de muerte en los países de Europa y América del Norte. Aunque, en general, estas dolencias afectan a la población adulta; las causas de los problemas cardiovasculares se deben a malos hábitos de salud que se adquieren en la juventud, por ejemplo, una dieta poco variada con exceso de grasas, una vida sedentaria y el consumo de tabaco.

Una de las enfermedades cardiovasculares, más graves, es el infarto del miocardio.

A continuación, estudiaremos a los tumores y al cáncer, por tratarse de una de las causas más significativas de mortalidad.

### **Los tumores y el cáncer**

Las células que forman parte de los tejidos viven y se reproducen durante un tiempo y, finalmente, mueren.

En ocasiones, algunas células se transforman y los mecanismos que controlan la división celular se modifican. El ritmo de la mitosis se acelera, por encima de los niveles normales, y por este motivo, las células crecen de forma acelerada, desorganizada e incontrolada, invadiendo el espacio de otras células, por lo que se forma un tumor:

- Un tumor es un tejido formado por células que proliferan de un modo incontrolado.

Cuando las células del tumor invaden a otros tejidos sanos se trata de un tumor maligno o cáncer.

La extensión de las células cancerosas a otras zonas del organismo se conoce como metástasis. Esta proliferación celular es la que, a menudo, pone en peligro la vida del individuo que la padece.

Hablamos de distintos tipos de cáncer según la localización del tumor en el cuerpo.

No todos los tumores son malignos. Algunos son simples verrugas o quistes y no causan problemas de salud, aunque suelen extirparse por motivos estéticos o para prevenir una posible malignización en el futuro.

Los tumores malignos, como el cáncer de pulmón, el cáncer de piel y el de mama, pueden ser muy graves y de difícil curación, incluso pueden causar la muerte. Sin embargo, en la actualidad, muchos tipos de cáncer pueden curarse.

Algunos tumores malignos son de origen hereditario. Además, existen diversos factores que influyen en el desarrollo del cáncer. Estos factores se denominan agentes carcinógenos, y algunos de ellos son: componentes del humo del tabaco, diferentes tipos de radiación, un exceso de grasa en la dieta, el alcohol, etc.

---

Existe un grupo de enfermedades relacionado con ciertas anomalías del sistema inmunitario. Según las características de la situación anómala, hablamos de:

- Alergias: El sistema inmune reconoce como antígenos a moléculas, que en un principio, son inofensivas para el organismo como el polen o ciertos alimentos.
  - Autoinmunidad: Se da cuando los linfocitos sintetizan anticuerpos contra las células del organismo, llegando a destruir los tejidos propios. La esclerosis múltiple es una enfermedad autoinmune.
  - Inmunodeficiencias: Alteración del sistema inmunitario que da lugar a una respuesta insuficiente frente el ataque de los agentes patógenos.
- 

Vamos a conocer las características de estos agentes carcinógenos:

El tabaco: El consumo de tabaco es el factor que más influye en la aparición del cáncer de pulmón y otros tumores malignos del sistema respiratorio. Al fumar un cigarrillo, se aspiran numerosas sustancias, entre las que se hallan los alquitranes, que provocan alteraciones en el ADN de las células. Cuantos más cigarrillos se fumen y más temprana sea la edad de inicio del fumador, mayor es el riesgo de contraer cáncer.

Los rayos solares: Una exposición excesiva a los rayos solares influye en la aparición del cáncer de piel. Las radiaciones ultravioleta del Sol pueden alterar el ADN de las células, lo que favorece una reproducción celular descontrolada.

Una dieta desequilibrada: Una dieta rica en grasas y pobre en frutas y hortalizas favorece el desarrollo de cáncer de colon y de recto. Las grasas, tomadas en exceso, producen sustancias que pueden dañar el intestino. Por otro lado, si no se consume suficiente fibra vegetal, se favorece el estreñimiento y la acción nociva de las grasas. Un consumo de alcohol excesivo puede favorecer el desarrollo del cáncer de hígado o de páncreas.

Un estilo de vida saludable, evitando los agentes carcinógenos, reduce la probabilidad de formación de tumores malignos. Si se desarrolla el tumor, un paso importante para su curación es su detección en las primeras fases.

Existen distintos tratamientos para curar el cáncer, como una intervención quirúrgica, la radioterapia y la quimioterapia. En muchos casos se combinan estos tratamientos para aumentar el efecto terapéutico.

La intervención quirúrgica consiste en la eliminación del tumor mediante su extracción.

La radioterapia es un tratamiento con radiaciones, que incide sobre las células, alterando su ADN y destruyéndolas. Este tratamiento, al mismo tiempo que elimina células enfermas, puede afectar a células sanas y provocar efectos secundarios como reacciones en la piel, cansancio y más.

La quimioterapia es un tratamiento en el que se emplea una gran variedad de fármacos que destruyen las células cancerosas. Para cada tipo de tumor, se administra una determinada combinación de fármacos. En este caso, también pueden verse afectadas células sanas y presentarse alteraciones del sistema digestivo, alteraciones del sistema inmunitario, en otros.

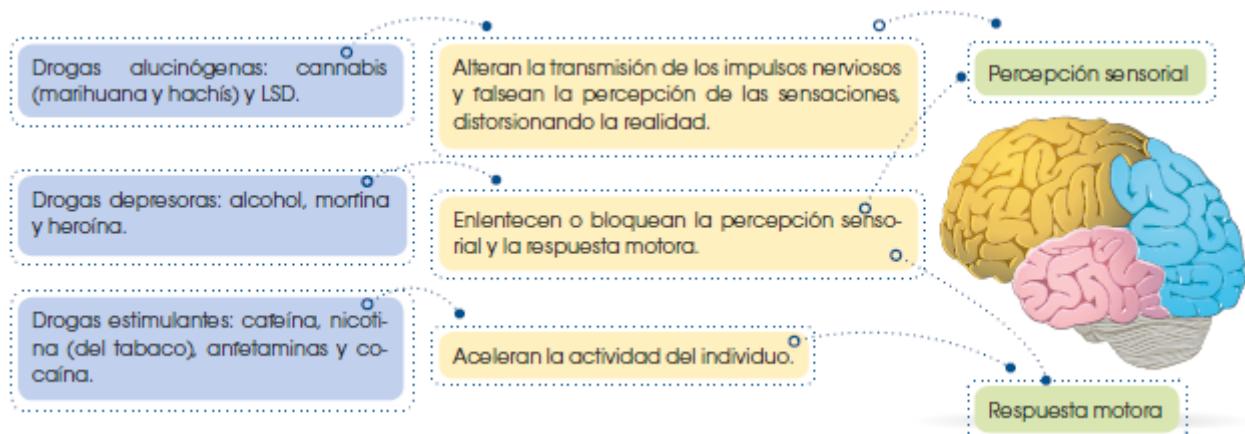
### 17.1.3. Drogodependencias

El consumo de drogas causa alteraciones en el sistema nervioso, que pueden ser transitorias, es decir, desaparecer al cabo de un tiempo, o crónicas, y producir trastornos de forma permanente.

Las drogas son sustancias que actúan sobre el sistema nervioso alterando el comportamiento y los procesos del pensamiento.

Las drogas actúan sobre el sistema nervioso del mismo modo que los neurotransmisores, pasan de una neurona a otra a través de las sinapsis.

Las drogas pueden tener diferentes efectos sobre el sistema nervioso central. Según estos efectos, pueden ser alucinógenas, depresoras o estimulantes.



Drogas alucinógenas: cannabis (marihuana y hachís) y LSD. Alteran la transmisión de los impulsos nerviosos y falsean la percepción de las sensaciones, distorsionando la realidad. Percepción sensorial

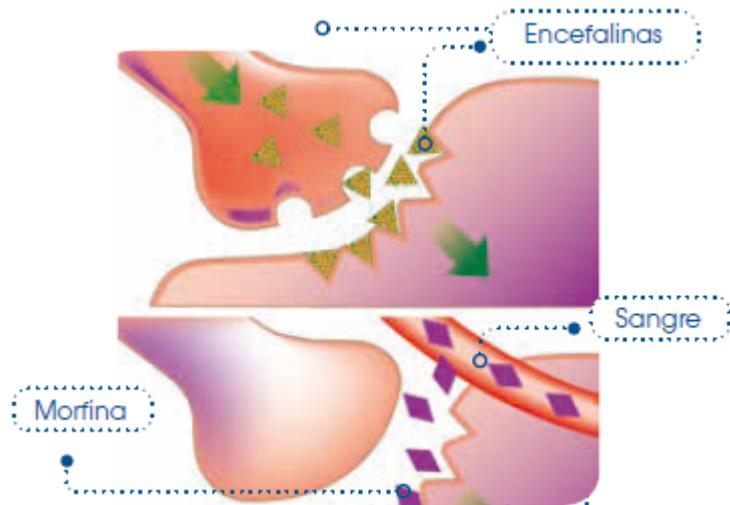
Drogas depresoras: alcohol, morfina y heroína. Enlentecen o bloquean la percepción sensorial y la respuesta motora. Percepción sensorial y Respuesta motora.

Drogas estimulantes: cafeína, nicotina (del tabaco), anfetaminas y cocaína. Aceleran la actividad del individuo. Respuesta motora.

Los efectos de las drogas pueden producirse aunque se trate de un consumo ocasional o esporádico. Cabe la posibilidad de que un consumo ocasional no conlleve la necesidad de volver a consumir, pero también es peligroso. Por ejemplo, un consumo excesivo de alcohol en una fiesta puede ser un hecho esporádico, pero puede provocar un estado de coma.

Cuando se siente la necesidad de volver a consumir una droga, se habla de adicción o drogodependencia. La adicción se define como un estado de dependencia respecto a una sustancia, que escapa al control de la voluntad. Cuando los efectos de la droga desaparecen se siente la necesidad de volver a consumir. El consumo repetido de una droga conduce a la adicción.

La adicción produce dos tipos de trastornos, la dependencia y la tolerancia.



**Figura 17.1.:** Las drogas funcionan como los neurotransmisores, uniéndose a las células nerviosas. En el ejemplo, vemos cómo los neurotransmisores o encefalinas tienen similitudes con la morfina.

- La dependencia puede ser física o psíquica. La dependencia física se produce porque el cuerpo se acostumbra al efecto de una droga y, si cesa el consumo, se producen graves alteraciones conocidas como síndrome de abstinencia.

La dependencia psíquica es la sensación de mejora en el estado de ánimo cuando se consume la droga, que empuja al adicto a volverla a consumir.

- La tolerancia es el proceso de adaptación del organismo a una droga. El sistema nervioso se vuelve menos sensible, debido a que las neuronas están a menudo bajo los efectos

de la droga. El cuerpo se habitúa a una determinada dosis y ya no se consigue el efecto deseado por el consumidor. Cada vez se consumen dosis más altas para conseguir dicho efecto.

Además de graves problemas de salud, la adicción a una droga conlleva problemas familiares y sociales por la aparición de comportamientos agresivos, fracaso escolar, pérdida de memoria, problemas laborables, accidentes de tráfico, comportamientos delictivos, etcétera.

### **Las drogas**

En nuestra sociedad, las drogas más accesibles son el tabaco y el alcohol. Podemos comprar cigarrillos y bebidas alcohólicas en muchos establecimientos, como bares y restaurantes. Además, muchas personas comienzan a fumar o a beber por la influencia del ambiente que les rodea. No por ser permitidas, estas drogas son menos perjudiciales.

Otras drogas no legales, también frecuentes en nuestra sociedad, son el cannabis, la cocaína y las anfetaminas.

Veamos cuáles son las características y los efectos de cada una.

### **Tabaco**

Contiene nicotina, una droga estimulante del sistema nervioso. Además, los alquitranes, gases como el monóxido de carbono y numerosas sustancias irritantes provocan enfermedades como la bronquitis crónica, el infarto y el cáncer de pulmón.

Cuando baja la concentración de nicotina en la sangre, los fumadores sienten desasosiego y necesidad de fumar.

### **Alcohol**

Es una droga depresora. Los efectos que produce una misma cantidad de alcohol varían según la edad, el peso y el sexo de las personas. La intoxicación aguda se produce si se toma mucho alcohol en un corto intervalo de tiempo; esta intoxicación puede llevar al coma etílico e incluso a la muerte. El alcohólico sufre una transformación del carácter y se vuelve irritable. Si deja de beber sufre el síndrome de abstinencia que provoca náuseas, vómitos y temblores.

También puede tener alucinaciones.

### **Cannabis**

Ya sea en forma de marihuana o de hachís, se trata de una droga alucinógena que provoca bronquitis, hipertensión, taquicardia, así como alteraciones sensoriales, descoordinación de movimientos y reacciones de pánico y ansiedad.

### **Cocaína**

Es una droga estimulante que provoca pérdida de apetito, insomnio, infarto, perforación del tabique nasal y graves trastornos psíquicos como la depresión.

### **Anfetaminas**

Son drogas estimulantes que constituyen el principal componente de las denominadas drogas de síntesis. Los efectos pueden ser convulsiones, arritmia, aumento de la temperatura, hemorragias cerebrales, crisis de ansiedad y trastornos depresivos.

### **El consumo de drogas y la desintoxicación**

Consumir drogas una vez no significa ser adicto, pero la repetición en el consumo predispone a la adicción. El consumo de drogas suele iniciarse durante la adolescencia, normalmente, debido a la presión del grupo de amistades o a una baja autoestima.

No todas las personas son susceptibles a iniciarse en el consumo de drogas, existen diversos factores que pueden predisponer a este. Estos factores son el ambiente, la personalidad y el tipo de droga que se consume.

---

#### Ambiente

La familia y los amigos influyen en nuestras actitudes. Muchas veces, bebemos alcohol, fumamos tabaco o hachís para reforzar el sentimiento de grupo, vencer el aburrimiento o evadir problemas.

La publicidad de bebidas alcohólicas y de tabaco es nociva porque relaciona el consumo de estas sustancias con el éxito personal y social.

#### Tipo de droga

La facilidad de disponer de la droga, así como el carisma que rodea a las personas que la consumen, influye en su consumo.

En el caso de drogas legales, como el tabaco y el alcohol, también influye su presentación en el mercado; es decir, envoltorios atractivos, fuertes campañas de publicidad y más.

#### Personalidad

Las deficiencias afectivas, la inseguridad, entre otros pueden hacer que una persona sea más vulnerable a caer en el consumo de estas sustancias. Consumir drogas por el deseo de sentir nuevas sensaciones o para huir de los problemas conlleva que, a la larga, las sensaciones sean desagradables y perjudiciales, y que los problemas no se solucionen, sino que, por el contrario, se agraven.

---

El consumo de drogas no lleva al éxito personal y social, sino todo lo contrario, desestabiliza la personalidad y conduce a la marginación social.

La adicción a las drogas es una enfermedad y para su curación es necesario tomar conciencia del problema, desear curarse y aceptar la ayuda necesaria. Para las personas que desean curar su adicción existen tratamientos de desintoxicación.

### **Los accidentes**

Los accidentes no son enfermedades, pero producen trastornos y dolencias que afectan a la salud de las personas y, en ocasiones, son causa de muerte.

Los accidentes pueden clasificarse en tres grupos, según el lugar donde ocurren: accidentes domésticos, que se producen en las casas; accidentes laborales, que se producen en el puesto de trabajo, y accidentes de tránsito.

Accidentes domésticos Niños entre 1 y 6 años Quemaduras, caídas, intoxicaciones y asfixia Falta de cuidado y vigilancia por parte de los adultos.

Accidentes laborales Adultos menores de 65 años Golpes, sobreesfuerzos y caídas Falta de medidas de seguridad (cascos, gafas) y exceso de trabajo.

Accidentes de tránsito Jóvenes entre 18 y 30 años Fracturas, heridas y contusiones Exceso de velocidad, consumo de drogas y no respetar las normas de tránsito.

Tipo de accidentes	Edad de la población más afectada	Problemas que causan	Causas
Accidentes domésticos	Niños entre 1 y 6 años	Quemaduras, caídas, intoxicaciones y asfixia	Falta de cuidado y vigilancia por parte de los adultos.
Accidentes laborales	Adultos menores de 65 años	Golpes, sobreesfuerzos y caídas	Falta de medidas de seguridad (cascos, gafas) y exceso de trabajo.
Accidentes de tránsito	Jóvenes entre 18 y 30 años	Fracturas, heridas y contusiones	Exceso de velocidad, consumo de drogas y no respetar las normas de tránsito.

Los accidentes más comunes son los domésticos y los laborales, pero los accidentes de tránsito son los de mayor gravedad, ya que provocan que se presentan más fallecimientos, especialmente entre los jóvenes.

Los accidentes pueden causar problemas de salud como intoxicaciones y heridas. Las lesiones producidas por golpes reciben el nombre general de traumatismos.

Algunos de estos traumatismos son lesiones como fracturas y esguinces, que vimos anteriormente. A veces, los traumatismos son muy violentos y pueden afectar a órganos

internos, como el encéfalo o la médula espinal. En estos casos, el accidente puede tener graves consecuencias, y llegar a causar la muerte o la parálisis permanente de la persona accidentada.

### **Prevención de los accidentes**

Muchos accidentes pueden evitarse si las personas respetan unas normas básicas de seguridad. Veamos algunas de ellas.

En casa:

- Las sustancias tóxicas y los medicamentos deben estar fuera del alcance de los niños.
- Hay que tener precaución con los recipientes que están en el fuego y en el uso de los aparatos eléctricos.

En el trabajo:

- Las personas deben conocer los riesgos de su trabajo.
- Han de usarse medidas de seguridad, como arneses y cascos, en caso de peligro de caídas.

En la vía pública:

- Deben respetarse los pasos de peatones, los semáforos y las señales de tráfico.
- Ha de utilizarse el cinturón en el vehículo y el casco en las motocicletas y bicicletas.

### **Primeros auxilios**

En el caso de un accidente puede ser vital prestar primeros auxilios al accidentado, mientras se espera ayuda médica.

Los primeros auxilios son el conjunto de técnicas que se prestan a una persona accidentada hasta la llegada de la asistencia médica.

Hay que estar preparado para poder prestar primeros auxilios. Se debe actuar con rapidez, pero sabiendo qué se debe hacer y qué no. Antes de aplicarlos, debemos tener la seguridad de que tanto la persona accidentada como nosotros estamos fuera de todo peligro, y avisar a los servicios de emergencia.

Algunas técnicas sencillas de primeros auxilios son:

- **Parar hemorragias:**
- Si la hemorragia se localiza en una extremidad, debemos elevarla.

- Presionar la herida con una gasa unos minutos.
- En el caso de que la hemorragia no cese, presionar los puntos de compresión arterial, como se muestra en el dibujo.

- **Curar heridas:**

- Lavarse bien las manos.
- Limpiar la herida con una gasa estéril y antiséptico, como la povidona yodada.
- Dejar al aire la herida si no hay riesgo de infección.
- No utilizar: algodón, pomadas, alcohol.

- **Tratar contusiones:**

- Inmovilizar la zona afectada.
- Aplicar compresas frías o hielo.
- No dar masajes ni calor, ni pinchar los hematomas.

- **Tratar quemaduras:**

- Enfriar la quemadura con agua durante 10 minutos. En caso de no desaparecer el dolor lavar más tiempo. Si la quemadura es producida por un producto químico lavar durante 15 o 20 minutos.

- Cubrir la zona afectada con apósitos.
- No pinchar las ampollas que puedan aparecer.

## **El botiquín**

Es el material imprescindible de primeros auxilios y se debe disponer de uno en el centro escolar, en el centro de trabajo, en casa, en el auto, etc.

## **Sistemas de salud en Ecuador**

El Seguro Social Ecuatoriano surge en marzo de 1928, en el Gobierno de Isidro Ayora. En la Constitución de 2008 se estableció un nuevo Sistema de Inclusión y Equidad Social, dentro del cual está incluida la sección de salud.

El sistema de provisión de los servicios de la salud se caracteriza principalmente por la fragmentación y la segmentación. Cada institución dentro del sistema de salud mantiene un esquema de organización muy estricto mediante una gestión y control de financiamientos muy efectivos.

Existen determinantes muy importantes dentro de este sistema. Estos incluyen los políticos, económicos, sociales y medioambientales.

Los determinantes políticos están directamente asociados con los problemas en la gobernabilidad, violencia social e incremento de la corrupción, lo que genera una inestabilidad administrativa y por ende la gestión pública se ve truncada. Este determinante va de la mano con los determinantes económicos y probablemente sean los más importantes para mantener una continuidad en los sistemas de salud del país.

En los determinantes económicos, probablemente, los factores que más afectan al sistema de salud son el desempleo y la pobreza. Cuando inicio la dolarización en Ecuador fue un período de cambios y de mucho desempleo inicialmente; sin embargo, las condiciones fueron mejorando a futuro. Disminuyó el desempleo y, por lo tanto, hubo una mayor aportación frente al ámbito de la salud.

Dentro de los determinantes sociales, los principales problemas que afectan al sector de la salud son los altos niveles de pobreza en el país y el aumento significativo de indigentes y la falta de educación. En la última década, comenzaron a disminuir los niveles de pobreza y extrema pobreza de una manera significativa y esto se debe a que, a partir de esos años, comienza una gran inversión petrolera en el país, además de un crecimiento en las remesas de los inmigrantes, lo que ha ayudado a tener más ingresos al país y, por lo tanto, una mayor aportación al Instituto Ecuatoriano de Seguridad Social (IESS).

Los retos y desafíos del sistema de salud ecuatoriano a futuro incluyen el aumento de los costos del sistema de salud, el envejecimiento de la población, el cambio del perfil epidemiológico, un modelo de atención centrado en la curación, cambios culturales y sociales, presencia de nuevas tecnologías, entre otros.

Además, es muy importante tomar en cuenta que los sistemas de salud van cambiando conforme las necesidades de la población; sin embargo, debe existir una línea base concreta y establecida para mantener una buena gestión y que en un futuro todos tengan acceso a un sistema de calidad.

## 17.2. La sexualidad

La sexualidad hace referencia a las características físicas y psicológicas, propias de cada sexo; al comportamiento relacionado con la atracción entre dos personas; y a las relaciones sexuales.

La sexualidad está presente durante toda la vida del ser humano; sin embargo, se manifiesta principalmente a partir de la pubertad.

En las personas, las relaciones sexuales no tienen como único fin la reproducción, ya que en ellas intervienen una serie de factores psíquicos y emocionales que complementan a los puramente biológicos. Estas son una forma de comunicación entre dos personas que expresan sus sentimientos.

La relación sexual no es únicamente el coito; el cariño y la ternura son también necesarios para disfrutar de este, de una forma más completa. Además, son imprescindibles el acuerdo, la complicidad y el respeto mutuo, ya que nunca puede llevarse a cabo una acción en contra de la voluntad de la otra persona.

Como es conocido, las relaciones sexuales pueden conducir a un embarazo, existen diversas acciones destinadas a incrementar las posibilidades de tener un hijo o, bien, a evitar un embarazo. En el primer caso hablamos de técnicas de reproducción asistida y, en el segundo, de métodos anticonceptivos.

En este apartado explicaremos: los principales cambios que tienen lugar en la pubertad, algunas técnicas de reproducción asistida y los métodos anticonceptivos.

### **La pubertad**

La pubertad es una etapa de la vida que comprende un período entre los 10 y los 18 a 20 años aproximadamente; en él tiene lugar: el desarrollo del sistema reproductor, se completa el crecimiento y se adquieren las características físicas propias de cada sexo.

Los principales cambios físicos que tienen lugar en esta etapa son distintos entre adolescentes.

---

#### **Cambios físicos en las chicas**

- Aumento del peso y la talla.
- Aparece vello en el pubis y las axilas.
- Se ensancha la pelvis.
- Aumenta el tejido adiposo en caderas y pechos.
- Maduración de los óvulos y las menstruaciones.

#### **Cambios físicos en los chicos**

- Aumento del peso y la talla.
- Aparece vello en el cuerpo: cara, axilas y pubis.
- La voz se hace más grave.

- Se ensancha la espalda y aumenta la musculatura.
- Producción de espermatozoides y primeras eyaculaciones.

### **Cambios psicológicos**

En la pubertad también se producen cambios que repercuten en la personalidad y en las relaciones con los demás, como:

- Necesidad de independencia respecto al entorno familiar próximo. Se busca soledad e intimidad.
- Valoración de la amistad. Se necesita sentir afecto de las personas, normalmente de la misma edad.
- Aparecen sentimientos intensos relacionados con el amor.
- Se siente interés por las cuestiones relacionadas con el sexo.
- Nacen inquietudes sobre temas trascendentales: el sentido de la vida, la justicia, la libertad, etcétera.
- Se crean ideales sobre temas sociales, políticos, entre otros.

La heterosexualidad es la orientación sexual en la que las personas se sienten atraídas por otras del sexo opuesto. La homosexualidad es la orientación sexual en la que las personas se sienten atraídas por otras del mismo sexo.

Existen también otros tipos de orientaciones sexuales como la bisexualidad, transexualidad, asexualidad, transgénero entre otras menos comunes.

Entre los 16 y 18 años, la mayoría de los adolescentes suele haber completado el desarrollo del sistema reproductor. A partir de esa edad, una persona está físicamente capacitada para tener hijos. Sin embargo, según la Organización Mundial de la Salud (OMS) se considera que la mejor edad para tener descendencia es entre los 25 y los 35 años.

Se considera peligroso un embarazo antes de los 16 años, ya que el cuerpo no ha completado su desarrollo, y antes de los 20 tampoco es recomendable.

A veces, los cambios que tienen lugar durante la pubertad se viven como pequeñas crisis por parte de los adolescentes y por parte de sus familias y amigos. El afecto ayuda a superar la inseguridad y los miedos de esta etapa.

### **Las técnicas de reproducción asistida**

Actualmente existen diversas técnicas para incrementar las posibilidades de tener hijos.

Según diversos estudios, entre un 12 y un 15% de las parejas en edad reproductiva presentan algún problema de esterilidad; es decir, no consiguen el embarazo. Los factores que causan esterilidad son numerosos y pueden alterar tanto el funcionamiento del sistema reproductor masculino como el femenino.

Las técnicas más habituales son la inseminación artificial y la fecundación in vitro.

- Inseminación artificial. Consiste en depositar el semen, extraído con anterioridad, en las trompas de Falopio de la mujer.

Esta técnica es útil cuando los espermatozoides no tienen suficiente movilidad para desplazarse hasta las trompas de Falopio o cuando existen problemas en la cantidad de estas células.

- Fecundación in vitro. Consiste en favorecer la unión de óvulos y espermatozoides.

Mediante el tratamiento con hormonas se induce una ovulación múltiple a la futura madre y se obtienen los óvulos mediante una pequeña intervención quirúrgica.

También se adquiere semen, del cual se extraen los espermatozoides y se ponen en contacto con los óvulos en un recipiente, donde se produce la fecundación. El embrión que se obtiene se transfiere al útero para su implantación y que continúe el embarazo.

Esta técnica se utiliza cuando existen obstrucciones en las trompas de Falopio o en los epidídimos.

### **17.2.1. Métodos anticonceptivos**

Para evitar un embarazo existen diversos métodos. Los más utilizados son los siguientes.

#### **Preservativo o condón**

Consiste en un funda de látex que se ajusta al pene en erección y que, cuando se produce la eyaculación, retiene el semen. De este modo, el preservativo impide que los espermatozoides alcancen el útero y las trompas de Falopio. Este debe colocarse antes de la penetración.

Para conseguir mayor efectividad se pueden usar, junto con el preservativo, sustancias espermicidas que matan los espermatozoides.

La efectividad de este método es del 88 - 97%.

El preservativo o condón es el único método anticonceptivo que es efectivo para la prevención de las infecciones de transmisión sexual (sida, gonococia, candidiasis, etc.).

## **Anovulatorios**

Son preparados de hormonas, como los estrógenos y la progesterona, que impiden la maduración y la salida de los óvulos hacia las trompas de Falopio. Se administran mediante inyección, parches o en forma de comprimidos, en este último caso se conocen como píldoras.

La efectividad de este método es del 99%.

## **Diu (dispositivo intrauterino)**

Se trata de un pequeño objeto que lleva enrollado un filamento de cobre y es colocado por el ginecólogo, en el interior de la cavidad uterina. De este modo, altera la pared del endometrio e impide la implantación del embrión.

La efectividad de este método es del 98%.

## **Esterilización**

Es el caso de la ligadura de trompas en las mujeres y la vasectomía en los hombres.

Estos métodos consisten en una pequeña intervención quirúrgica que corta la comunicación entre los órganos productores de las células sexuales y el resto del sistema reproductor. Estos métodos se consideran irreversibles.

La efectividad de este método es del 100%.

Existe un método, llamado método Ogino o del ritmo, que actualmente no se considera efectivo como anticonceptivo. Dicho método se basa en el cálculo del período fértil de cada mujer para saber en qué días no deben mantenerse relaciones sexuales.

Este método requiere estudiar el ciclo menstrual al menos un año para que un médico especialista pueda determinar los días fértiles con la máxima precisión. Para hacerlo, debe detectarse el día exacto de la ovulación.

El control de la temperatura corporal, que aumenta ligeramente el día de la ovulación, es un sistema complementario para detectarlo. No obstante, esta fecha puede variar en función de enfermedades, uso de medicamentos, estrés, entre otros. Este método se utiliza para determinar los días fértiles en caso de querer quedarse embarazada y no como anticonceptivo.

Dentro de los jóvenes adolescentes los métodos anticonceptivos más comunes son el condón y los antiovulatorios gracias a su fácil utilización como medida temporal, sin embargo, el condón no tiene un alto índice de efectividad debido a su mala utilización y los métodos de control de ciclo menstrual y método Ogino son los menos usados ya que se debe conocer los ciclos menstruales de su pareja y entre jóvenes es muy difícil que se cree una conciencia sexual responsable.

## **17.2.2. Salud sexual**

Unos de los principales problemas de salud relacionados con la sexualidad son las infecciones de transmisión sexual (ETS), enfermedades que tienen como principal vía de contagio las relaciones sexuales. Estas enfermedades pueden prevenirse utilizando el preservativo.

A pesar de los avances médicos, en los últimos años ha aumentado la frecuencia de las ETS. En la actualidad, se considera que en nuestro país una de cada 20 personas sufre alguna enfermedad de este tipo.

Algunas de las ETS más frecuentes son la gonococia, la candidiasis, el herpes genital y el sida. Esta última, debido a que es una de las enfermedades infecciosas más graves, se tratará más extensamente.

### **La gonococia**

La causa una bacteria y es la ETS más frecuente del mundo. En las mujeres afecta a la vagina, que segregá una mucosidad amarillo-verdosa; en los hombres, la parte infectada es la uretra y los síntomas son necesidad frecuente de orinar, dolor y secreción amarillo-verdosa a través del pene.

### **La candidiasis**

La produce un hongo y los síntomas son la aparición de placas enrojecidas de extensión variable en la piel y de mucosas. Causa escozor intenso y en algunos casos dolor.

### **El herpes genital**

Lo causa un virus y los síntomas son la aparición de vesículas en los genitales, las cuales pueden extenderse y ulcerarse; dolores y picores intensos; además de fiebre y dolor de cabeza.

### **Sida o síndrome de inmunodeficiencia adquirida**

La causa el virus de la inmunodeficiencia humana o VIH, que ataca el sistema inmunitario humano. Este virus puede contagiarse por tres vías distintas: vía sanguínea, que se da por contacto directo con sangre contaminada; vía sexual, causado por secreciones vaginales o semen infectados en contacto con las mucosas de los órganos genitales; y vía materno-filial, se produce si la madre está infectada, ya que puede transmitir el virus a través de la placenta.

Los síntomas en los primeros días pueden ser unas molestias parecidas a un resfriado.

Al cabo de unos meses, en la sangre, se detectan anticuerpos que son sustancias fabricadas por el propio organismo para combatir el virus. A partir de ese momento, se dice que las personas afectadas son portadoras del sida, lo cual implica que tienen la capacidad de transmitir el virus, aunque quizás estas nunca presenten sida o tarden años en desarrollarlo.

La aparición de la enfermedad se caracteriza por la destrucción del sistema inmunitario, además de graves alteraciones en el funcionamiento de los sistemas digestivo y nervioso.

En la actualidad, existen muchos tratamientos que disminuyen los síntomas de esta enfermedad, aunque por el momento ninguno de ellos la cura. Por este motivo, la única medida eficaz es la prevención. Para evitar el contagio es necesario no compartir hojas de afeitar, cepillos de dientes, jeringuillas, etcétera; y utilizar el preservativo cuando se mantengan relaciones sexuales.

Las mujeres portadoras o enfermas deben evitar tener hijos y si los tienen, no han de amamantarlos.

### **Salud reproductiva**

Cuando hablamos de salud reproductiva nos referimos a un estado general de bienestar físico, mental y social en los aspectos relacionados con el sistema reproductivo. Una vida con una buena calidad reproductiva involucra una vida sexual satisfactoria y sin peligros para procrear. Sin embargo, el hombre y la mujer tienen el derecho y el deber de obtener información acerca de métodos asequibles y seguros de planificación familiar, así como de métodos, como la regulación de la fecundidad, que no estén prohibidos por la ley.

- **Planes de manejo de la salud reproductiva**

La planificación familiar consiste en el deseo y esfuerzo de las parejas por tener un número deseado de hijos y por regular esos nacimientos. La planificación se logra a través de la abstinencia, la anticoncepción, tratamientos de infertilidad y la esterilización tanto en el hombre como en la mujer.

- **Planes de manejo de la salud reproductiva mundial**

A nivel global, la Organización Mundial de la Salud (OMS) se encarga de la elaboración, coordinación y desarrollo de acciones sanitarias que van de la mano con la ONU. En este ente se han desarrollado planes para el bienestar. Una temática central es el manejo de la salud reproductiva.

La OMS ha creado planes como la Estrategia mundial de prevención y control de las infecciones de transmisión sexual 2006–2015, que se presentó en la Asamblea Mundial de la Salud. Este proyecto cuenta con cinco ejes: Servicios e intervenciones esenciales de calidad; Obtención de impacto y equidad; Poblaciones y lugares; Innovar para acelerar; y Financiación para la sostenibilidad.

La OMS trabaja para el futuro con la Estrategia Mundial del Sector de la Salud contra las Infecciones de Transmisión Sexual para 2016-2020.

Las metas son: Reducción del 90% de la incidencia de Treponema pallidum, que es un virus que causa enfermedades al ser humano, principalmente la sífilis (con respecto a

2015). Reducción del 90% de la incidencia de *Neisseria gonorrhoeae*, que causa la gonococia (con respecto a 2015). Alcanzar un número menor de 50 casos de sífilis congénita por cada 100 000 nacidos vivos en el 100% de los países. Lograr que en el 80% de los países se haya sometido a tamizaje de la sífilis y del VIH al 95% de las mujeres embarazadas. Que el 85% de las poblaciones claves tendrán acceso a una serie completa de servicios de ETS y VIH, en particular preservativos.

- **Planes de manejo de salud reproductiva en el Ecuador**

El Gobierno Nacional del Ecuador, a través del Ministerio de Salud Pública (MSP), creó la Estrategia Nacional Intersectorial de Planificación Familiar y Prevención del Embarazo en Adolescentes (Enipla), con la cual se ha potencializado el trabajo en el área de la salud reproductiva que antes no tenía un ente que velara por el bienestar de los ciudadanos.

La creación del Enipla tiene el objetivo de garantizar el ejercicio y goce de los derechos sexuales y reproductivos de los ecuatorianos y cuenta con cuatro ejes fundamentales:

- Prevenir el embarazo en adolescentes.
- Disminuir el número de embarazos no planificados.
- Prevenir la mortalidad materna.
- Prevenir la violencia sexual y el embarazo como una de las consecuencias de la misma.

Desde 2011 han aumentado las consultas para la prevención del embarazo no deseado en un 16,18%; de igual manera, las consultas por morbilidad han subido en un 15,36% y las atenciones sobre la planificación familiar en un 9,53%. Existe acceso a 256 servicios amigables e integrales de salud sexual y reproductiva, mediante la implementación de 58 unidades móviles; 2 091 dispensadores de preservativos gratuitos (masculinos y femeninos) en 1 570 unidades del MSP y de 80 unidades de la Red Pública de Salud; también se generó una línea gratuita (1 800 445 566); en la que, según datos que se registran en el Ministerio de Salud Pública, el 34% de las llamadas recibidas fueron de adolescentes y jóvenes a los que se les dio apoyo, asesoría e información.

Además, los ecuatorianos gozan, por el acuerdo ministerial 2490, de servicios de atención integral en salud sexual y reproductiva en mujeres y hombres en edad fértil, para lo cual se garantizó su calidad, junto al acceso a la información y asesoría sobre planificación familiar, anticoncepción oral de emergencia, etcétera.

En el Enipla, 22 014 profesionales en todas las áreas han sido capacitados en salud sexual y reproductiva, planificación familiar, métodos anticonceptivos y anticoncepción oral de emergencia.

Con este proyecto gubernamental se espera frenar los niveles de embarazos y crear una idea de vida reproductiva responsable.

## **Experimento**

**Tema:** Vida saludable.

### **Investigamos:**

Para llevar una vida saludable se necesita principalmente una dieta saludable. Una dieta saludable se basa en la cantidad correcta de alimentos en una proporción adecuada y con una continuidad para que de esta manera se constituya la base del bienestar cotidiano.

Si tenemos un estilo de vida saludable, disfrutaremos de un mayor bienestar mental y físico, dispondremos de más defensas ante las enfermedades infecciosas y se previenen trastornos cardiovasculares.

Realicen un estudio sobre hábitos de salud entre compañeros de aula. Tomen datos y obtengan conclusiones a partir de ellos. Antes de la práctica, consulten con un nutricionista o un profesional en el área de salud acerca de que

### **Objetivo:**

Determinar en un promedio general de los compañeros del aula si se está llevando una vida saludable.

### **Materiales:**

- tablas de encuestas de la cantidad de alumnos que haya en tu aula
- un lápiz
- una hoja a cuadros
- calculadora

### **Proceso:**

1. Formen grupos. Reflexionen sobre estas situaciones:

- Discutir acerca de nuestra dieta diaria y como se podría mejorarla.
  - Lo ideal son 8 horas de sueño para que el cuerpo recupere energía. ¿Dormimos lo necesario para recuperar la energía necesaria?
  - Una vida saludable incluye actividad física cotidiana. ¿Qué tan frecuente realizamos actividad física?
2. Por cada tema, realicen una encuesta. Las respuestas serán anónimas. Cada encuesta deberá tener al menos siete preguntas. Cada grupo debe encuestar al menos a veinte individuos.

3. En las encuestas deben incluir la cantidad y el tipo de alimentos que consumen en un día una persona; de igual manera formulen literales sobre las horas de sueño diarias.

**Cuestiones:**

4. Representa los resultados de las encuestas gráficamente.
5. Simboliza con un gráfico de barras el número de personas que consumen cada alimento y las que no los consumen.
6. Realiza una gráfica de las horas de sueño. En el eje de abscisas, el número de horas y en el de ordenadas, el número de personas que duermen dichas horas.
7. Comenta en clase los resultados y los comentarios hechos por los encuestados.



# **18. Recursos naturales y educación ambiental**

## **18.1. Los recursos del planeta**

### **18.1.1. El agua**

Como ya sabes, el agua es un recurso fundamental para todos los seres vivos. El agua dulce que podemos utilizar los seres humanos es solo un 1% de las aguas continentales y se encuentra principalmente en lagos, ríos y aguas subterráneas.

Esta cantidad de agua es suficiente para satisfacer las necesidades de todos los habitantes del planeta, sin embargo, la distribución del agua no es homogénea ni proporcional a la densidad de población de las diferentes zonas de la Tierra. Es frecuente que zonas muy pobladas padezcan escasez de agua.

Esta distribución desigual del agua está relacionada con las diferencias en la cantidad de precipitaciones de las diversas zonas del planeta y con una gestión poco equitativa de este recurso.

#### **Usos del agua**

El agua es necesaria para el uso doméstico, así como para el desarrollo de las actividades económicas, como la agricultura, la ganadería y la industria.

- Uso doméstico: El agua la utilizamos para beber y cocinar, en la higiene personal, la limpieza del hogar, el riego de las plantas, etc.
- Uso agrícola y ganadero: En agricultura, el agua se utiliza para los regadíos y en la ganadería, para la bebida del ganado y para la limpieza de las naves donde se crían los animales.
- Uso industrial: El agua se utiliza en parte de los procesos de fabricación, como por ejemplo en el caso de la industria papelera y la industria de la alimentación, o bien, para la refrigeración de la maquinaria, lavado de materiales, etc. También se usa agua para obtener energía hidroeléctrica.

Para cada uno de estos usos, las cantidades aproximadas de agua utilizadas en los países desarrollados son las siguientes: el 5% es para uso doméstico; el 70% para uso agrícola, el 3% para el uso ganadero y el 22 % es para el uso industrial. En el consumo del agua se aprecian grandes contrastes entre los países desarrollados y los que están en vías de desarrollo.

Para mantener una buena calidad de vida se calcula que una persona necesita unos 80 litros de agua al día. En la actualidad el gasto diario de un ciudadano medio en un país desarrollado es aproximadamente de unos 200 a 300 litros por persona y día. En muchos países en vías de desarrollo las personas se ven obligadas a subsistir con menos de 25 litros de agua al día.

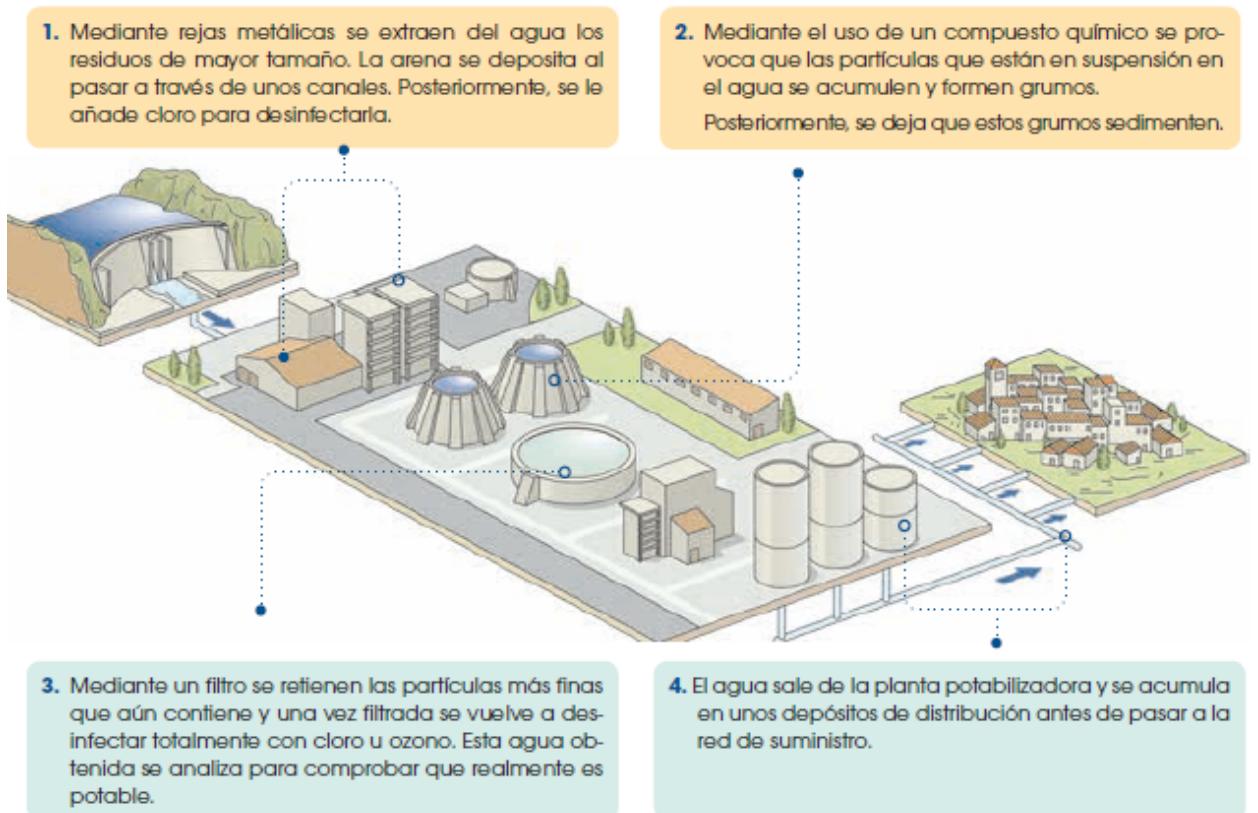
En los países desarrollados se suele utilizar agua potable para usos que no lo precisan, como la limpieza de calles o el riego de zonas verdes. Mientras, los países en vías de desarrollo más pobres no disponen de agua potable ni para beber, debido a la falta de infraestructuras para su potabilización y abastecimiento. A menudo se consume agua contaminada, es decir, agua de baja calidad que puede transmitir graves enfermedades.

#### Describir la importancia de los páramos en la provisión de agua a Ecuador

Así, para el consumo humano debe emplearse agua potable, es decir, el agua debe ser tratada mediante un proceso de potabilización que garantice que no contenga patógenos que transmitan enfermedades.

Este proceso, que veremos a continuación, se lleva a cabo en una planta potabilizadora, una instalación donde entra el agua procedente de un río, embalse y acuífero, y es sometida a un tratamiento fisicoquímico que permite su transformación en agua potable.

1. Mediante rejas metálicas se extraen del agua los residuos de mayor tamaño. La arena se deposita al pasar a través de unos canales. Posteriormente, se le añade cloro para desinfectarla.
2. Mediante el uso de un compuesto químico se provoca que las partículas que están en suspensión en el agua se acumulen y formen grumos. Posteriormente, se deja que estos grumos sedimenten.
3. Mediante un filtro se retienen las partículas más finas que aún contiene y una vez filtrada se vuelve a desinfectar totalmente con cloro u ozono. Esta agua obtenida se analiza para comprobar que realmente es potable.
4. El agua sale de la planta potabilizadora y se acumula en unos depósitos de distribución antes de pasar a la red de suministro.



Cualquier uso del agua modifica su calidad y su disponibilidad para otros usos, y por tanto se provocan una serie de impactos que veremos en el siguiente apartado.

### 18.1.2. Impactos del uso del agua

Los impactos relacionados con la explotación de los recursos hídricos son su contaminación y los provocados por las construcciones destinadas a su utilización, como por ejemplo, las presas y las canalizaciones.

- La contaminación del agua tiene diversos orígenes.

El consumo doméstico provoca la contaminación con materia orgánica que favorece la proliferación de patógenos como bacterias y virus; con detergentes, grasas y productos tóxicos, como la lejía.

El consumo agrícola y ganadero produce la contaminación por pesticidas y abonos, así como por las aguas residuales procedentes de las granjas.

El consumo industrial provoca la contaminación del agua por sustancias químicas muy diversas y materiales sólidos de difícil descomposición.

- Las presas y canalizaciones tienen, entre otras finalidades, la de garantizar las reservas de agua para su distribución, así como evitar daños durante la crecida de los ríos.

Sin embargo, provocan la inundación de grandes superficies de terreno y la variación de la dinámica fluvial. Como consecuencia, se alteran los ecosistemas de las zonas cercanas por las variaciones del caudal, así como:

### **Medidas preventivas y correctoras**

Para seguir disponiendo a largo plazo de agua para llevar a cabo las diversas actividades humanas, es necesario evitar o disminuir los impactos sobre su disponibilidad y su calidad. Es preciso aplicar diversas medidas correctoras para ahorrar agua y para evitar su contaminación.

#### **Medidas para ahorrar agua**

- Racionalizar el consumo en el ámbito doméstico: cerrar el grifo mientras te cepillas los dientes; arreglar grifos que gotean o cisternas que no cierran bien; ducharse en vez de bañarse; poner un dosificador o una botella en la cisterna del inodoro.
- Utilizar sistemas de riego que aprovechen el agua de un modo más eficaz, como el riego por aspersión o el riego por goteo.
- Racionalizar el consumo en el ámbito industrial, como en el caso de las centrales hidroeléctricas en las que el agua puede volver a ser utilizada diversas veces.
- Mejorar la impermeabilización de las redes de distribución, ya que en ellas se producen abundantes pérdidas.

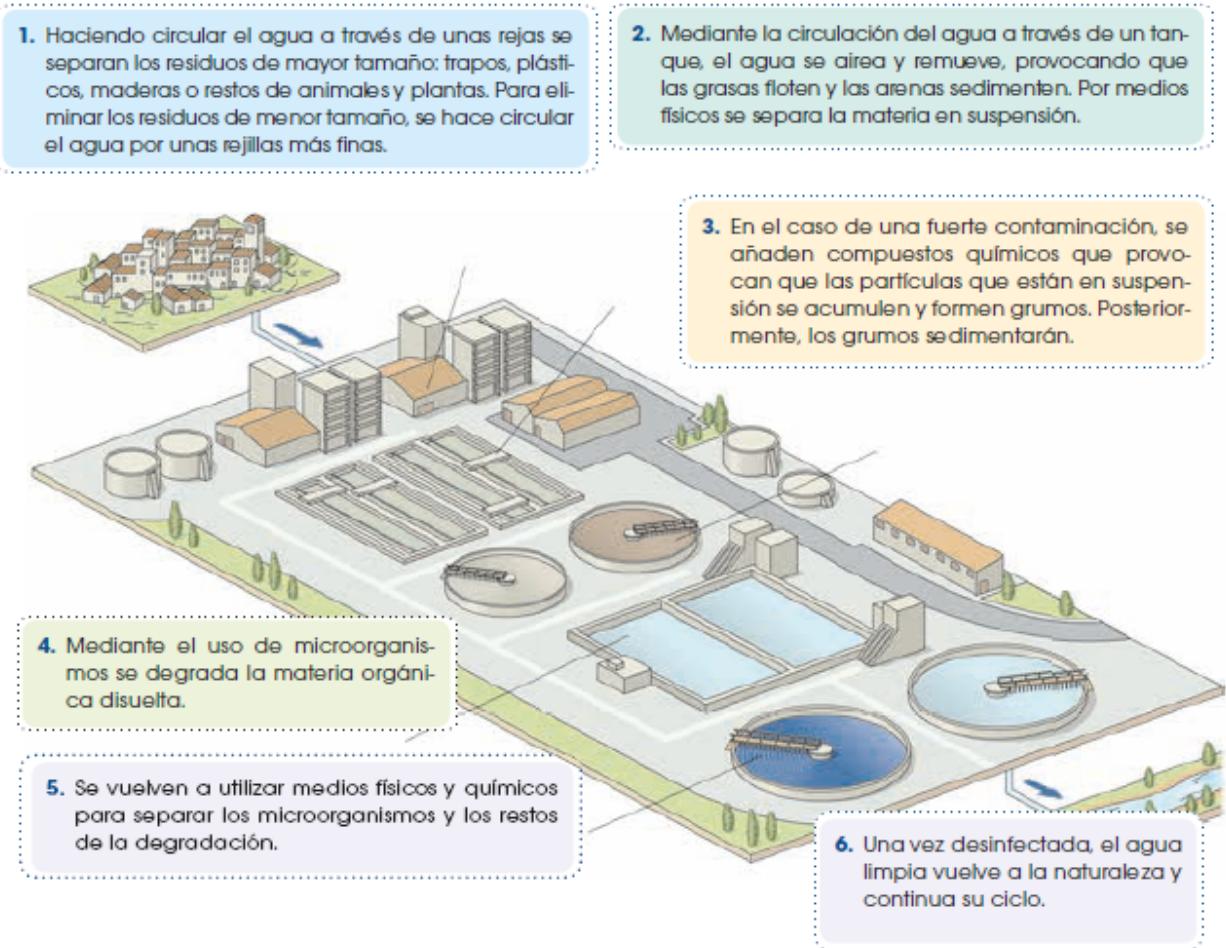
#### **Medidas para evitar o disminuir la contaminación**

- En el ámbito doméstico evitar arrojar al agua grasas, compuestos no biodegradables o sustancias tóxicas.
- Utilizar fertilizantes orgánicos, como el estiércol, en vez de fertilizantes químicos, ya que estos pueden acabar contaminando ríos y acuíferos.
- Dotar a las industrias con sus propias plantas depuradoras o responsabilizarse de gestionar la limpieza de las aguas residuales que generan.
- Tratar siempre las aguas residuales procedentes de cualquier uso, mediante un proceso de depuración, antes de ser devueltas a la naturaleza, para evitar que contengan contaminantes.

#### **La eutrofización del agua**

La eutrofización es un proceso de disminución de la calidad del agua debido a un aporte excesivo de fosfatos y nitratos procedentes de la contaminación por materia orgánica o por detergentes.

Como consecuencia, proliferan organismos vegetales que se alimentan de fosfatos y nitratos. Esta proliferación causa la pérdida de transparencia de las aguas, la disminución del oxígeno y, por tanto, la desaparición de otros organismos.



1. Haciendo circular el agua a través de unas rejas se separan los residuos de mayor tamaño: trapos, plásticos, maderas o restos de animales y plantas. Para eliminar los residuos de menor tamaño, se hace circular el agua por unas rejillas más finas.
2. Mediante la circulación del agua a través de un tanque, el agua se aísla y remueve, provocando que las grasas floten y las arenas sedimenten. Por medios físicos se separa la materia en suspensión.
3. En el caso de una fuerte contaminación, se añaden compuestos químicos que provocan que las partículas que están en suspensión se acumulen y formen grumos. Posteriormente, los grumos sedimentarán.
4. Mediante el uso de microorganismos se degrada la materia orgánica disuelta.
5. Se vuelven a utilizar medios físicos y químicos para separar los microorganismos y los restos de la degradación.
6. Una vez desinfectada, el agua limpia vuelve a la naturaleza y continua su ciclo.

Durante el proceso de depuración se obtienen fangos o lodos que se procesan en plantas de tratamiento de lodos. Después de ser tratados, se pueden utilizar como fertilizantes agrícolas o de jardinería, y el resto se lleva a un vertedero.

### **Simulación de la depuración del agua**

Vamos a realizar un montaje muy sencillo para simular la depuración del agua. Para ello necesitas: agua del grifo, arena, hojas secas y un huevo batido; tres garrafas cortadas a media altura; 1 colador y alum (sulfato de aluminio y potasio hidratado).

- En la garrafa 1 pon 1 l de agua del grifo, la arena, las hojas secas y el huevo batido.
- Recoge con el colador las hojas secas.
- Remueve la mezcla y déjala reposar para que la arena sedimente. Decanta la mezcla en la garrafa 2 procurando que no caiga la arena.
- Añade alum en la garrafa 2 y mézclalo. Déjalo reposar para que se formen grumos y sedimenten.
- Decanta el agua en la garrafa 3, procurando no verter los grumos.

En este proceso, el colador equivale a las rejas del proceso de depuración descrito; cuando removemos la mezcla equivale a la circulación del agua a través de un tanque. El alum es uno de los compuestos químicos que se utilizan en las estaciones depuradoras para que se formen grumos, sedimenten y así puedan eliminarse fácilmente.

En esta simulación no se incluye la eliminación de la materia orgánica mediante el uso de microorganismos.

### **18.1.3. Los minerales y las rocas**

El ser humano explota la riqueza de la corteza terrestre desde hace miles de años. Sin embargo, en los últimos 200 años se han incrementado muchísimo la variedad y la cantidad de minerales y rocas que utilizamos, así como el ritmo de explotación.

Estos recursos no se distribuyen uniformemente por el planeta, las concentraciones de determinados minerales y rocas dependen de los procesos geológicos externos e internos que han tenido lugar en cada zona.

#### **Usos de los minerales y las rocas**

Según su utilidad, hablamos de minerales y rocas energéticos o de minerales y rocas no energéticos.

#### **Minerales y rocas energéticos**

Son los que se utilizan para obtener energía a partir de su combustión o la de sus derivados.

El carbón y el petróleo son combustibles fósiles, es decir, se originaron a partir de la descomposición de microorganismos, plantas o animales que quedaron enterrados hace millones de años. La combustión de ambos proporciona un elevado poder calorífico.

Los minerales de uranio contienen elementos químicos que se utilizan para obtener energía nuclear a partir de reacciones de fisión.

### **Minerales y rocas no energéticos**

Se utilizan para la fabricación de objetos y útiles diversos o como materiales de construcción.

El aluminio y el hierro son minerales metálicos que se utilizan en las industrias metalúrgicas como materia prima para la fabricación de numerosos objetos.

El yeso es un mineral utilizado en la industria de la construcción como revestimiento, el Minerales y rocas energéticos Minerales y rocas no energéticos mármol y el granito son rocas que también se utilizan en la construcción, ya sea de edificios o como pavimentos de las vías de comunicación.

### **Impactos del uso de minerales y rocas**

Los principales impactos derivados del consumo y extracción de minerales y rocas son la contaminación atmosférica, la destrucción del suelo y la contaminación del agua de los océanos.

- La contaminación atmosférica está provocada principalmente por la emisión de gases procedentes de la combustión de los minerales y rocas energéticos.

Como consecuencia de esta emisión de gases se producen otros impactos muy graves: la lluvia ácida, la destrucción de la capa de ozono y la intensificación del efecto invernadero.

### **La lluvia ácida**

La lluvia ácida son precipitaciones que arrastran compuestos altamente tóxicos que se encuentran en la atmósfera, como el ácido sulfúrico y el ácido nítrico. Estos compuestos son el resultado de la combinación del vapor de agua y del oxígeno de la atmósfera con óxidos de azufre y de nitrógeno procedentes de la combustión del carbón y del petróleo.

En la actualidad la lluvia ácida está causando la degradación de numerosos ecosistemas acuáticos y terrestres.

### **La destrucción de la capa de ozono**

La destrucción de la capa de ozono de la atmósfera se debe a la combinación del ozono con los clorofluorocarburos (CFC), unos gases procedentes de diversos procesos industriales y domésticos.

Como ya sabes, el ozono actúa como filtro de las radiaciones ultravioleta. Su destrucción, por tanto, permite que esta radiación atraviese libremente la atmósfera y que pueda afectar gravemente a los seres vivos, ya que produce alteraciones del ADN celular.

### **La intensificación del efecto invernadero**

La intensificación del efecto invernadero natural consiste en un aumento de la capacidad de retención de calor de la atmósfera. Esto se debe al incremento de la concentración de vapor de agua y dióxido de carbono, gases procedentes de diversas actividades humanas.

Estos gases impiden que la radiación infrarroja escape al espacio y causan un recalentamiento del planeta. Por tanto, el aumento de su concentración contribuye al cambio climático.

- La destrucción del suelo se debe a las excavaciones que se realizan en las explotaciones mineras. Como consecuencia de la pérdida de suelo, se modifica el biotopo y, con él, las especies de plantas y animales que viven en la zona de explotación. La pérdida de vegetación favorece los procesos erosivos.
- La contaminación del agua se produce por las operaciones de lavado de los minerales. Estos procesos alteran la calidad de las aguas superficiales y la de los acuíferos, debido a las filtraciones por la lluvia.

### **Medidas preventivas y correctoras**

- Favorecer métodos de explotación menos agresivos con el entorno y regenerar el suelo y la vegetación de la zona de explotación, una vez las minas o canteras han dejado de ser productivas.
- Utilizar sistemas de reducción de la emisión de gases contaminantes en las infraestructuras y en la maquinaria. Por ejemplo, utilizando filtros, modificando el funcionamiento de motores, etc.
- Fomentar el ahorro del consumo de estos recursos entre la población y promover el reciclaje de los productos derivados de estos recursos.
- Investigar acerca de nuevos materiales que pueden sustituir algunos minerales o rocas.
- Incrementar la utilización de fuentes de energía renovables y fomentar su investigación y desarrollo.

#### **18.1.4. El suelo y los seres vivos**

El suelo es el sustrato en el que se desarrolla gran parte de los seres vivos. Contiene agua y nutrientes que posibilitan el crecimiento de las plantas y hace posible el desarrollo de los ecosistemas. A su vez, en el proceso de formación del suelo intervienen los seres vivos.

En nuestro planeta, existen distintos tipos de suelo según el clima de la zona, las rocas a partir de las cuales se ha originado y los seres vivos que habitan en él.

Respecto a los seres vivos, existe una gran diversidad de especies. Hasta la actualidad se han descrito aproximadamente 1,8 millones de especies y su distribución en el planeta es heterogénea. Las zonas con una mayor biodiversidad son las selvas tropicales y los arrecifes de coral.

##### **Usos del suelo y de los seres vivos**

El suelo y los seres vivos se explotan a partir de actividades como la agricultura, la ganadería y la pesca para la obtención de alimentos, principalmente, y para la obtención de otros tipos de productos.

- Agricultura, ganadería y pesca: Como ya sabes, estas actividades en los países desarrollados se llevan a cabo de forma intensiva y para ello requieren grandes extensiones de terreno, la utilización de pesticidas y fertilizantes, la utilización de piensos como alimento para los animales, etc. Parte de la ganadería se alimenta con pastos, que en muchos casos proceden de bosques talados.
- Otros usos de los seres vivos: Los bosques nos proporcionan madera, resina, caucho, etc. y algunas sustancias procedentes de animales y plantas se utilizan para la obtención de medicamentos.

##### **Impactos del uso del suelo y los seres vivos**

Los principales impactos derivados de los usos del suelo y los seres vivos son los siguientes: contaminación del suelo, erosión, desertización, y pérdida de la biodiversidad.

- La contaminación del suelo se origina por el abuso de fertilizantes, abonos, pesticidas, etc. en la agricultura. También por el vertido de diversos residuos como los lodos de las depuradoras, el aporte por precipitación y deposición de contaminantes atmosféricos, el riego con aguas contaminadas, etc.
- La erosión del suelo es la pérdida gradual del material que lo constituye, y se agrava si el suelo no presenta vegetación que lo proteja. En ese caso, el agua y el viento arrastran fácilmente la materia orgánica de la capa más superficial, así como la materia inorgánica. Como consecuencia la productividad del suelo disminuye y puede llegar a perder la capacidad de sustentar la vida de los vegetales.

Muchas técnicas utilizadas por la agricultura, la ganadería o la explotación forestal destruyen la vegetación y dejan el suelo más vulnerable.

Cuando la erosión del suelo es tan grave que supone la conversión en desierto de una zona, hablamos de desertización y desertificación.

- La desertización es la pérdida de suelo por causas naturales, principalmente por las escasas precipitaciones en las zonas áridas y semiáridas del planeta. En este caso los procesos de erosión del suelo superan a los de formación. Este grave problema amenaza aproximadamente a una tercera parte de la superficie terrestre.

La desertificación es la desertización inducida por el ser humano. Algunas de las actividades que favorecen este proceso son, por ejemplo, la eliminación de la cubierta vegetal con el fin de utilizar el suelo para construcciones diversas, para pastoreo, etc.

### **La producción de alimentos**

Los pesticidas, los fertilizantes, las hormonas, etc, son aplicados de forma intensiva. Estos se añaden para incrementar la producción, sin embargo puede producir diversos trastornos.

Por este motivo, se utilizan cada vez más los métodos de control biológico. Este consiste en el uso de determinados organismos que controlen las poblaciones de aquellas especies que se han convertido en una plaga. Así estos insectos de numerosos cultivos se pueden controlar mediante la introducción en el medio de sus depredadores naturales.

- La pérdida de la biodiversidad es un impacto causado principalmente por la destrucción de los ecosistemas.

Esta destrucción se debe a varios factores, como la deforestación, que, implica la pérdida de las especies propias del bosque; la contaminación del agua, del aire o del suelo; y el comercio ilegal de animales vivos y plantas silvestres.

El comercio ilegal no tan solo implica la pérdida de biodiversidad, sino que además, supone un expolio para los países de origen de las especies animales y vegetales, porque se trata generalmente, de países pobres en los que la población realiza este tipo de comercio para subsistir.

El peligro de extinción de especies, tanto animales como vegetales, es uno de los problemas más graves que afectan al medio natural. Se considera que una especie está en peligro de extinción cuando quedan tan pocos individuos que es fácil que desaparezcan en un corto período de tiempo.

### **Medidas preventivas y correctoras**

Para reducir o eliminar los impactos, se tienen que plantear una serie de medidas sobre las técnicas agrícolas, ganaderas y de pesca, así como sobre la gestión del suelo y la protección de las especies en peligro de extinción.

- Estimular el policultivo, es decir, cultivar en una misma parcela diversas variedades de plantas que se siembran y recolectan en diferentes épocas del año, de manera que el suelo no queda nunca desprotegido.
- Repoblar el suelo con especies vegetales propias de la zona, de modo que no modifiquen y alteren las características propias del medio.
- Garantizar la conservación de los bosques y mantener la biodiversidad, para ello deben tomarse, entre otras medidas, las que eviten los incendios forestales.
- Practicar un pastoreo rotativo, es decir, disponer de diversos terrenos de pasto y utilizarlos alternativamente para no agotar este tipo de suelo, así como promover el uso de especies de ganado propias de la zona.
- Delimitar las zonas de explotación pesquera, teniendo en cuenta la necesidad de que las capturas no dañen la vida marina.
- Regular el comercio de las especies amenazadas y proteger las especies en peligro de extinción.
- Preservar los ecosistemas mediante la creación de espacios naturales protegidos.

## 18.2. La sostenibilidad o desarrollo sostenible

### 18.2.1. ¿Qué es la sostenibilidad o desarrollo sostenible?

Desde hace unos años se alerta de la necesidad de un cambio en las relaciones e interacciones entre el ser humano y el medioambiente. El nuevo planteamiento propuesto se basa en la sostenibilidad.

La sostenibilidad, o desarrollo sostenible, se interpreta como la necesidad de continuar explotando los recursos naturales, pero de manera que los impactos negativos se reduzcan y no se ponga en peligro el futuro de toda la biosfera.

Esta necesidad de cambio surge tras analizar diversos aspectos que se consideran consecuencia de nuestro actual modelo de desarrollo. Algunos de estos aspectos son los siguientes:

- El clima del planeta está alterándose por un incremento global de la temperatura.

- La biodiversidad está gravemente amenazada por la desaparición de ecosistemas y de especies.

- El ritmo de explotación de los recursos naturales está poniendo en peligro su utilización en un futuro próximo.

- La contaminación afecta a la salud de las personas. En la actualidad, sabemos que ciertos contaminantes están relacionados con el desarrollo de diversas enfermedades como las alergias, diferentes tipos de cáncer, trastornos del sistema nervioso, enfermedades del sistema respiratorio, etc.

Todos estos aspectos ponen en peligro la continuidad de nuestro sistema económico y de nuestra sociedad, ya que influyen en el futuro de la producción de alimentos, en la disponibilidad de los recursos naturales y también en nuestra propia salud.

Para corregir estos problemas es necesario implantar un nuevo modelo de desarrollo que pueda garantizar las necesidades de los seres humanos ahora y en el futuro. Este nuevo modelo de desarrollo debe tener entre sus objetivos el reparto equitativo de la riqueza para la reducción de la pobreza.

La pobreza es un gran problema estrechamente relacionado con el medioambiente, porque en muchos casos los países en vías de desarrollo deben explotar sin control sus recursos naturales para venderlos a los países desarrollados.

Se calcula que el 20 % de la humanidad dispone del 80 % de la riqueza del planeta, mientras que el 80 % de los seres humanos restante debe sobrevivir con el 20% de la riqueza.

Para paliar este problema es muy importante el establecimiento de relaciones comerciales directas con los productores de los países en vías de desarrollo, eliminando los intermediarios y originando el denominado comercio justo.

El comercio justo incentiva el desarrollo autónomo y permite salir de la pobreza a millones de personas de los países en vías de desarrollo.

Además de estos cambios que afectan al modelo de desarrollo de nuestra sociedad también es necesario aplicar una serie de medidas para paliar el deterioro ambiental del planeta. Algunas de las medidas más destacables son la gestión de los residuos y la creación de espacios naturales protegidos, que estudiaremos a continuación.

#### Gestión de los residuos

Los residuos constituyen un grave problema debido a la gran cantidad que se genera, a que se eliminan con gran dificultad y a que muchos de ellos no se descomponen de forma natural, de manera que se acumulan y contaminan el agua, el suelo, etc.

Por este motivo, en la actualidad se intentan separar los residuos en origen para reducir al máximo el volumen de residuos no aprovechables, es decir, se lleva a cabo una recogida selectiva. La recogida selectiva consiste en agrupar separadamente los diferentes tipos de residuos según el tratamiento que se aplique posteriormente.

Los tratamientos que pueden aplicarse son: la recuperación, la reutilización, el reciclaje y la regeneración.

Recuperación. Consiste en aprovechar las sustancias o los posibles recursos energéticos de los residuos. Por ejemplo, la combustión de residuos en las plantas incineradoras puede generar energía eléctrica.

Reciclaje. Consiste en aprovechar el residuo para la fabricación de nuevos productos, iguales o diferentes a los iniciales. Por ejemplo, el vidrio se recicla para obtener de nuevo vidrio.

Regeneración. Consiste en tratar los residuos para que recuperen sus cualidades iniciales. Por ejemplo, los aceites minerales que usan los automóviles son tratados para volver a utilizarse.

Reutilización. Consiste en utilizar de nuevo un residuo, ya sea para el mismo uso o para uno distinto. Por ejemplo, algunas botellas pueden ser reutilizadas varias veces.

Estos tratamientos se aplican normalmente a la materia inorgánica. A la materia orgánica se le puede aplicar otro tratamiento denominado compostaje, que transforma la materia orgánica en abono para las plantas.

A nivel doméstico, una buena manera de gestionar nuestros propios residuos es aplicar la estrategia de las R: reducir la producción de residuos, reutilizar los productos tantas veces como sea posible y reciclar los productos para un nuevo uso. La reducción, la reutilización y el reciclaje son necesarios para reducir el consumo y los gastos de materias primas y de energía que comportan los procesos productivos, así como el peligro de agotamiento de los recursos naturales.

## 18.3. Ecogestión

### 18.3.1. ¿Qué es la ecogestión?

Entendemos por gestión ambiental o ecogestión el conjunto de medidas y acciones racionales que engloban la organización, la responsabilidad, las prácticas, los procedimientos, los procesos y los recursos orientados a la aplicación de una política ambiental, ya sea del sector privado o de la Administración pública.

Los objetivos de la gestión ambiental comprenden procesos de defensa, protección y mejora del medioambiente. Estos objetivos son:

- Defender los sistemas ambientales evitando su degradación.
- Proteger y conservar los recursos naturales mediante su uso racional y sostenible.
- Mejorar o conservar la calidad de vida de manera que sea compatible con el respeto al medio ambiente. Para que esta gestión sea efectiva:

La población debe estar concienciada respecto a la problemática ambiental y actuar en consecuencia y de manera coherente.

- La gestión ambiental debe estar respaldada por estudios científicos que la avalen y delimiten su ámbito de aplicación.
- Deben plantearse soluciones alternativas y técnicamente viables a proyectos o planes responsables de futuros impactos ambientales.
- La Administración debe suministrar los medios e instrumentos necesarios: instrumentos legislativos, económicos, etc. para alcanzar los objetivos planteados en la gestión ambiental.

En unidades anteriores hemos estudiado el tipo de gestión que se realiza sobre cada uno de ellos: gestión del agua, gestión del bosque, gestión de los recursos energéticos, gestión de los residuos, etc. La gestión ambiental integra todos estos aspectos relacionados con el uso, la conservación y la planificación de los recursos naturales.

Para poder aplicar las acciones y medidas de que dispone la gestión ambiental hacen falta instrumentos o herramientas que permitan abordar la problemática ambiental.

Estos instrumentos de ecogestión se clasifican en medidas preventivas y medidas correctoras, según si la actuación se lleva a cabo antes o después de la acción o el proyecto susceptible de dañar el medioambiente.

En los siguientes apartados estudiaremos en qué consiste cada una de estas medidas.

## **18.4. Medidas preventivas para el cambio medioambiental**

Las medidas preventivas son aquellas que se desarrollan antes de la consecución de un determinado proyecto para evitar o reducir los daños que este pueda producir sobre el medioambiente.

Se consideran medidas preventivas: la educación ambiental, la evaluación del impacto ambiental, la investigación básica, la planificación del territorio y la protección de espacios de determinado interés.

### **18.4.1. Educación ambiental**

Es un proceso orientado a desarrollar la concienciación y el interés frente a las cuestiones ambientales y su problemática global.

La educación ambiental ha de integrar conocimientos, actitudes, técnicas, etc. para trabajar individual y colectivamente la solución a los problemas actuales y la prevención de los que puedan llegar.

La finalidad de la educación ambiental es conseguir que las personas desarrollen conductas correctas hacia su entorno de acuerdo con valores asumidos libre y responsablemente.

El éxito de la gestión ambiental depende en gran medida del apoyo popular a las cuestiones ambientales. El apoyo activo de la población impulsa la acción tanto de las autoridades locales como de las regionales o estatales.

La educación ambiental debe impartirse a personas de todas las edades, a todos los niveles, tanto desde las escuelas y las aulas de naturaleza, como por parte de los gobiernos de las naciones, las organizaciones no gubernamentales, etc.

Según el informe de la Conferencia de Tbilisi (Unesco1980), los objetivos principales de la educación ambiental son:

1. Que el ser humano comprenda la naturaleza compleja del medioambiente resultante de la interacción de sus aspectos biológicos, físicos, sociales y culturales.
2. Promover una utilización reflexiva y prudente de los recursos del universo para la satisfacción de las necesidades humanas.
3. Contribuir a que se perciba claramente la importancia del medioambiente en las actividades de desarrollo económico, social y cultural.
4. Favorecer en todos los niveles una participación responsable y eficaz de la población en la concepción y aplicación de las decisiones que ponen en juego la calidad del medio natural, social y cultural.
5. Difundir informaciones acerca de las modalidades de desarrollo que no repercutan negativamente en el medioambiente.
6. Mostrar con toda claridad las interdependencias económicas, políticas y ecológicas del mundo moderno por lo que respecta a las decisiones y los comportamientos de todos los países y regiones.
7. Desarrollar un sentido de la responsabilidad y la solidaridad entre los países y las regiones, cualquiera que sea su grado de desarrollo, como fundamento de un orden institucional que garantice la conservación y mejora del medio humano.
8. Facilitar al individuo y a las colectividades los medios de interpretar la interdependencia de los diversos elementos económicos, sociales, culturales, biológicos y físicos en el espacio y el tiempo.

## **18.4.2. Investigación científica y desarrollo tecnológico**

En el ámbito de la política ambiental de la Unión Europea se han desarrollado unos Programas Marco de I + D (investigación y desarrollo) encaminados a lograr un desarrollo equilibrado con la conservación de la naturaleza y la calidad de vida. Estos programas sostienen que es necesario avanzar en la búsqueda de nuevas tecnologías que no provoquen agresión y respeten el medioambiente.

El Programa Marco incentiva y apoya a empresas e instituciones para que lleven a cabo proyectos de investigación y desarrollo.

En materia de medioambiente, los objetivos científicos y técnicos son:

- Comprender los procesos de cambio global y su interacción con la dinámica de los ecosistemas: en esta línea se concretan estudios como los que se realizan sobre el cambio climático, depuración de efluentes...
- Fomentar la innovación tecnológica, priorizando las observaciones vía satélite, para la protección del medioambiente: desarrollo de tecnologías limpias y sistemas de protección y rehabilitación del medio.
- Integrar la economía en el estudio de las problemáticas ambientales.

## **18.4.3. Ordenación del territorio**

En nuestro país, y en el resto del mundo industrializado, se han producido desórdenes territoriales debidos a una actividad económica que no ha valorado los aspectos sociales, ecológicos y culturales. Las áreas montañosas con fuerte regresión demográfica y escasa inversión pública o la explotación inadecuada de los recursos naturales son ejemplos de desequilibrios en la gestión del territorio.

La ordenación del territorio tiene como objetivo conocer las características del medio, hacer una valoración de los recursos naturales y ordenar los posibles usos. Se apoya en dos conceptos clave:

- La aptitud del territorio: valoración de la capacidad de acogida que posee el territorio para las diversas actividades a que puede ser destinado. Para ello se elabora una matriz de acogida, donde se contrastan los elementos del territorio con sus posibles actividades.
- La evaluación del impacto ambiental (EIA): estudios que permiten estimar qué efectos provoca sobre el medioambiente la ejecución de un determinado proyecto.

El proceso de ordenación territorial se puede dividir en cuatro fases:

1. Definición de objetivos según las necesidades de la población, de la aptitud del terreno y sus recursos.
2. Inventario de los elementos del territorio relacionados con sus objetivos.
3. Valoración de los elementos del territorio por medio de programas de sistemas de información geográfica (SIG) que permiten superponer mapas temáticos, facilitando el uso de la información gráfica.
4. Determinación del futuro uso del suelo. Los usos que comporten aptitudes altas e impactos bajos serán los que se apliquen preferentemente.

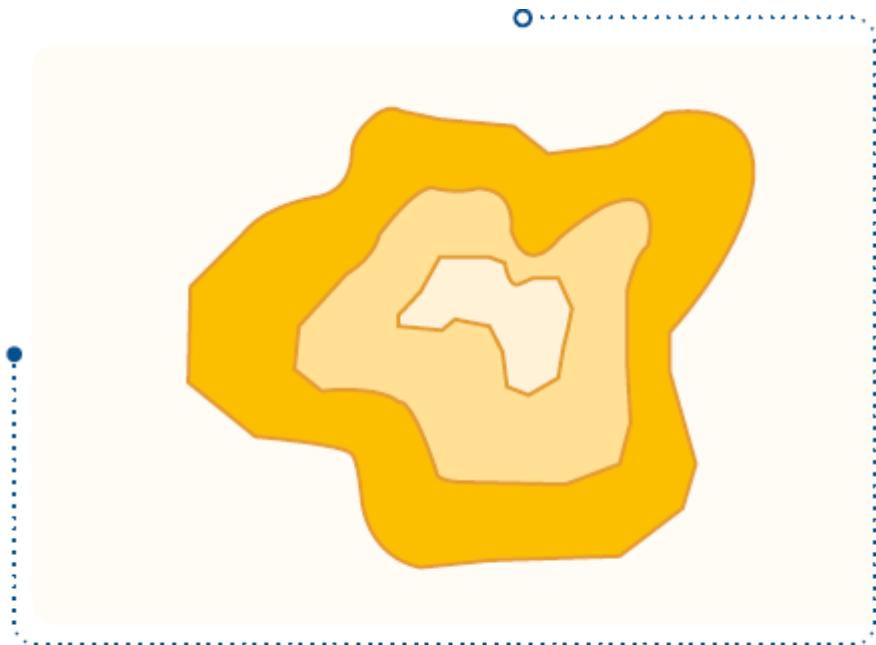
#### **18.4.4. Espacios protegidos**

Corresponden a unidades del territorio que por sus peculiaridades geológicas, biológicas o paisajísticas tienen una protección especial.

Según sea este grado de protección, se articulan diferentes figuras, por ejemplo, parques nacionales, parques naturales, etc. A continuación, analizaremos las reservas de la biosfera, que nacen de la necesidad de compatibilizar la preservación de los recursos naturales con su uso sostenible.

Las reservas de la biosfera son zonas de ecosistemas terrestres o costeros-marinos, o una combinación de estos, reconocidas en el plano internacional como tales en el marco del Programa sobre el Hombre y la Biosfera (MAB) de la Unesco (Marco Estatutario de la Red Mundial de Reservas de la Biosfera).

Estas zonas, las Reservas de la Biosfera, son lugares en los que se aplica el objetivo principal del programa MAB: obtener un equilibrio que integre las necesidades humanas, la conservación de la diversidad biológica, el impulso y desarrollo económico de la zona y la conservación del patrimonio y los valores culturales de dicho lugar.



- Las tres zonas de una reserva de la biosfera:  
1-zona núcleo. 2-zona tampón. 3-zona de transición.

**Figura 18.1.:** Las tres zonas de una reserva de la biosfera: 1-zona núcleo. 2-zona tampón. 3-zona de transición.

Este programa fue iniciado en 1971 por la Unesco y, a partir de 1974, dentro del mismo Programa, comenzó la creación de las reservas de la biosfera.

Las reservas de la biosfera son propuestas por los mismos gobiernos y, generalmente, se encuentran en espacios naturales ya protegidos. Sin embargo, deben cumplir ciertas funciones:

- Función de conservación: garantizar la protección y la conservación de los recursos naturales. Deben ser lugares representativos de los ecosistemas naturales de la zona.
- Función de desarrollo: realizar proyectos de investigación que permitan promover el desarrollo económico y social.
- Función de apoyo logístico: desarrollar actividades de educación ambiental, formación e investigación, dirigidas a los habitantes de la reserva y a sus visitantes, que permitan, a su vez, el intercambio de experiencias en el ámbito internacional.

Las reservas de la biosfera se estructuran de distinta manera atendiendo a las necesidades locales de cada una. Todas ellas deben contener uno o varios de estos tres elementos:

- Zona núcleo (1): Zona prioritaria de conservación y protección a largo plazo. Permanece prácticamente inalterada conforme a los objetivos de conservación de la reserva.

- Zona tampón (2): Zona circundante o limítrofe con las zonas núcleo. Alberga actividades compatibles con la protección y la conservación del medio.
- Zona de transición (3): En ella se dan diversas actividades y una mayor explotación de los recursos naturales, pero siempre dentro de los límites que permiten el desarrollo sostenible de la zona.

### **Reservas protegidas del Ecuador**

Las áreas protegidas son zonas geográficas dentro de un país donde existe un manejo gestionado acerca de los recursos que provee. El objetivo de estas áreas en Ecuador es conseguir una conservación correctamente gestionada a largo plazo de la naturaleza, de los servicios naturales y ecosistémicos que nos provee.

Dentro del espacio geográfico del Ecuador, las áreas protegidas no abarcan únicamente zonas de superficies de Tierra. También se incluyen zonas costeras y de mar, donde existe una enorme cantidad de recursos naturales y culturales.

Las áreas protegidas en Ecuador, según las últimas delimitaciones y establecimientos por el Ministerio del Ambiente (MAE), abarcan aproximadamente el 20% del territorio nacional y esta para su conservación está bajo el mando del MAE y el Sistema Nacional de Áreas Protegidas (SNAP).

El MAE, como la institución gubernamental con mayor peso sobre el medioambiente, establece las políticas y gestiones de manejo de estas áreas y con la ayuda del SNAP trabajan incansablemente en la generación de herramientas para tratar con los gobiernos autónomos descentralizados de cada provincia donde pertenece cada reserva, con las comunidades y los propietarios privados.

En la actualidad, ya están definidas cincuenta áreas protegidas. En el mapa de abajo se pueden apreciar todas las áreas pertenecientes a las cuatro regiones naturales del país.

## **18.5. Medidas correctoras para el cambio medioambiental**

Son aquellas medidas encaminadas a reparar o compensar las alteraciones que ha sufrido el entorno debido a la aplicación de un determinado proyecto. Estas medidas se desarrollan mientras se ejecuta el proyecto, o bien, a su finalización, una vez ya se ha producido el daño ambiental.

### **18.5.1. La restauración ecológica**

Es el proceso o conjunto de intervenciones sobre el medio encaminado a la mejora de un ecosistema degradado. Podemos diferenciar:

- Rehabilitación: El ecosistema degradado mejora sus condiciones, pero no llega a alcanzar las condiciones iniciales que tenía antes de su degradación.
- Reemplazamiento: El ecosistema mejora, pero se obtiene un ecosistema distinto al inicial.
- Restauración: La recuperación lleva al ecosistema a mimetizar el anterior, es decir, consigue llegar a las mismas condiciones que caracterizaban al ecosistema inicial.

Una buena restauración será aquella que consiga un ecosistema con el máximo parecido al original y que sea capaz de automantenerse y evolucionar por sí solo, sin la continua intervención del ser humano.

Existen diferentes técnicas para restaurar los ecosistemas degradados.

Sin embargo, la mejor restauración es aquella que no hace falta hacer, pues una restauración es siempre aproximada (la restauración exacta de los componentes de un sistema ecológico es difícil) y siempre tiene un coste.

### **18.5.2. Auditorías medioambientales**

Las actividades que desarrollan el sector industrial y una gran variedad de empresas tienen repercusión sobre el medio ambiente, alterando en muchos casos el equilibrio de los sistemas ambientales.

La creciente sensibilización social y la situación actual del medioambiente hacen necesaria la introducción de medidas de protección ambientales por parte de dichas empresas, pues se les atribuye responsabilidad directa sobre la gestión del medioambiente.

Las ecoauditorías o auditorías medioambientales son evaluaciones sistemáticas, documentadas, periódicas y voluntarias del grado de interacción de ciertas empresas con el medioambiente. Las evaluaciones son efectuadas por un técnico denominado auditor. Estas auditorías son de dominio público.

Las empresas se comprometen a modificar y corregir aquellas actuaciones que afecten negativamente al medio, introduciendo en los procesos de fabricación tecnologías compatibles con la protección del medio y el ahorro de los recursos naturales.

En este marco, la UE ha establecido un sistema comunitario de ecoauditorías. Este mecanismo permite informar a la sociedad y a las empresas sobre la incorporación de actuaciones ambientalmente correctas. Las soluciones más baratas en el ámbito empresarial proceden de los sistemas de gestión que permiten anticiparse a los problemas (inicio de la cadena).

Las soluciones más caras y menos satisfactorias se basan en la corrección de los errores una vez éstos ya han aparecido (final de la cadena). La auditoría medioambiental tiene por objeto:

- Facilitar el control, por parte de la dirección, de las prácticas que puedan tener efectos sobre el medioambiente.
- Evaluar su adecuación a las políticas medioambientales de la empresa.

La aplicación de sistemas de gestión y auditorías medioambientales permite a la empresa proteger el medioambiente sin disminuir el rendimiento ni su competitividad en el mercado. Además, el cumplimiento de estas auditorías permite a la empresa optar a sistemas de subvenciones que ofrecen los organismos públicos.

Paralelamente al sistema EMAS, existen las normas de gestión ambiental ISO 14 000. Estas normas, también voluntarias, proponen a las empresas una serie de procedimientos encaminados a la protección del medioambiente, y permiten garantizar a los clientes el comportamiento medioambiental correcto de la empresa.

Esta norma es de aplicación internacional y no se contrapone al sistema comunitario EMAS. Las normas ISO 14 000 pueden constituir un paso previo a la aplicación del sistema EMAS.

Cada vez existe un mayor número de empresas interesadas en adoptar las normas ISO 14 000. Estas normas reconocen el compromiso de las empresas con la protección del medioambiente; este reconocimiento es valorado positivamente por los clientes y otorga un valor añadido a los productos de dichas empresas.

### **18.5.3. Ecoetiquetas y análisis del ciclo de vida**

En general, la sociedad exige una información fiable acerca de los productos que consume y del impacto que estos ocasionan sobre el medio ambiente.

La implantación de las ecoetiquetas garantiza que el producto que posee esta etiqueta es una alternativa menos perjudicial para el medio ambiente que otros productos del mercado.

La Unión Europea establece mediante el Reglamento 880/1992 un sistema comunitario de concesión de una etiqueta ecológica con el objetivo de promocionar aquellos productos con repercusiones reducidas sobre el medioambiente durante la totalidad de su ciclo de vida.

De este modo se garantiza a los consumidores la información acerca de sus repercusiones ecológicas.

Cualquier producto puede producir durante su ciclo de vida impactos negativos sobre el medioambiente.

El análisis del ciclo de vida o ACV analiza la carga ambiental asociada a un material, un producto, un proceso o una actividad desde su origen hasta el final de su ciclo de vida.

Un análisis de este tipo requiere un amplio trabajo de investigación en el que debe tenerse en cuenta el máximo número de factores. Se elabora para ello una matriz de valoración de los diversos aspectos ambientales que influyen en la vida del producto.

En concreto, se suelen distinguir tres componentes básicos en todos los estudios de ACV:

- El inventario de un ciclo de vida: es una extensa base de datos sobre el tipo y la cantidad de materias primas y energía que se utilizan durante el ciclo de vida.

Se incluye también un estudio detallado de las emisiones y los vertidos que se producen sobre el medioambiente

- Evaluación del impacto del ciclo de vida: se puede plantear desde el punto de vista cualitativo o cuantitativo y tiene por objeto evaluar las cargas ambientales identificadas durante el inventario.

- Evaluación de las mejoras del ciclo de vida: es una valoración sistemática de las necesidades y las posibilidades de reducir las cargas ambientales que se producen a lo largo del ciclo de vida.

Estas mejoras pueden suponer modificaciones de diseño, de proceso de elaboración o gestión, o de cualquier otro aspecto asociado al ciclo de vida.

## 18.6. Salud ambiental y calidad de vida

La responsabilidad de proteger y promover la salud se extiende a todos los sectores de la sociedad que influyen en el medio, tanto físico como social: la sanidad, la docencia, la producción de bienes de consumo...

En la Declaración de Río de Janeiro se señala que ‘los seres humanos constituyen el centro de las preocupaciones relacionadas con el desarrollo sostenible. Tienen derecho a una vida sana y productiva en armonía con la naturaleza’. Por otro lado, está demostrado que un buen nivel de salud en la comunidad evita a la administración los elevados costes que supone hacer frente a diversas enfermedades, afecciones y problemas sociales. En general, las medidas preventivas son más eficaces y de menor coste que las medidas paliativas.

Es necesario, pues, promover acciones que tiendan a prevenir aquellos problemas de salud que están relacionados con el medioambiente. Un ejemplo de salud ambiental y su

relación con la calidad de vida es el nivel de ruido que nos rodea. Vamos a analizar la contaminación acústica y su influencia sobre la salud.

#### **Algunos ruidos y sus niveles:**

- Pájaros trinando: 10 db
- Claxon automóvil: 90 db
- Rumor de hojas de árboles: 20 db
- Claxon autobús: 100 db
- Zonas residenciales 40 db
- Interior discotecas: 110 db
- Conversación normal: 50 db
- Motocicletas sin silenciador: 115 db
- Ambiente oficina: 70 db
- Taladradores: 120 db
- Interior fábrica: 80 db
- Avión sobre la ciudad: 130 db
- Tráfico rodado: 85 db
- Umbral de dolor: 140 db

#### **18.6.1. Contaminación acústica y salud**

El ruido es una de las principales causas de preocupación entre la población de las ciudades, ya que incide en el nivel de calidad de vida y además puede provocar efectos nocivos sobre la salud. Más de 130 millones de personas conviven con un nivel sonoro superior a 65 db, el límite aceptado por la OMS. Otros 300 millones residen en zonas de incomodidad acústica, es decir, entre 55 db y 65 db.

Es necesario tener en cuenta que con sonidos de 85 db todos los seres humanos se sienten alterados, mientras que por debajo de 45 db no se perciben molestias.

- Las principales fuentes de contaminación acústica en nuestra sociedad provienen de los vehículos de motor en un 80%; el 10% corresponde a las industrias; el 6% a ferrocarriles y el 4% a bares, locales públicos, talleres industriales, etc.

- Algunos efectos directos del ruido sobre la salud son el aumento de las pulsaciones y la modificación del ritmo respiratorio, de la tensión muscular y de la presión arterial. Como efectos indirectos podemos destacar que el ruido induce la aparición de estrés y de actitudes agresivas, y que provoca dificultades en la concentración y el rendimiento.

La legislación europea marca como límite aceptable de ruido 65 db durante el día y 45 db durante la noche, ya que la capacidad auditiva se deteriora a partir de los 75 db. Más de 125 db provocan molestias importantes y dolor.

La mejor solución contra este modo de contaminación sería incorporar un estudio de niveles acústicos a la planificación urbanística, con el fin de crear ‘islas sonoras’ o insonorizar los edificios próximos a los ‘puntos negros’ de ruido. Todo ello conlleva un coste elevado.

Es más eficaz adoptar medidas preventivas, ya que económica y socialmente son más rentables.

### **18.6.2. Derecho ambiental**

Entendemos por derecho ambiental el conjunto de técnicas, reglas o instrumentos jurídicos cuya finalidad es regular o disciplinar aquellos comportamientos relacionados con el medioambiente.

Son normas que afectan a nuestro comportamiento cotidiano, regulan y condicionan acciones rutinarias como la manera de consumir, producir, fabricar, trabajar, etc., y están estrechamente relacionadas con nuestra salud, la calidad de vida y el equilibrio de los sistemas naturales.

Los grandes principios del derecho ambiental son los siguientes:

Principio de ubicuidad: Integrar la protección ambiental como un componente más de todas las políticas comunitarias, en lugar de adoptar una visión sectorial en la protección del medioambiente.

Principio de sostenibilidad: Aplicar el derecho ambiental para hacer compatible el desarrollo económico con la conservación de la naturaleza.

Principio de globalidad: La problemática ambiental constituye una problemática de carácter mundial y debe ser abordada globalmente.

Principio de subsidiariedad: Se trata de pensar globalmente y actuar localmente. Las medidas pertinentes para afrontar una problemática concreta deberán adoptarse lo más cerca posible de su origen.

**Principio de solidaridad:** El derecho debe responder equitativamente a las necesidades ambientales y de desarrollo de las generaciones presentes (solidaridad entre comunidades distintas) y futuras (solidaridad entre generaciones distintas).

La problemática ambiental constituye una problemática global que debería regularse a escala planetaria con la participación y el consenso de todos los Estados. El derecho internacional está fundamentado principalmente por tratados y pactos entre distintos Estados.

El derecho comunitario establece unos mínimos que cada Estado miembro deberá incorporar en su legislación nacional.

Uno de los instrumentos del derecho comunitario son las directivas, mediante las cuales los Estados deben incorporar en su derecho interno los objetivos que plantea.

## **Experimento**

### **Tema:**

Técnicas de análisis del agua.

### **Investigamos:**

Como ya sabemos, los contaminantes procedentes de las actividades humanas pueden encontrarse en el agua. Mediante técnicas sencillas podemos saber cualitativamente si el agua procedente de la lluvia, un río, embalse, etc. presenta algún contaminante.

### **Objetivo:**

Determinar las características tanto físicas como químicas del agua mediante análisis de impurezas, nitritos y nitratos.

Materiales:

- 3 botes de cristal
- papel indicador de pH, de nitratos y de nitritos
- 1 probeta
- 3 vasos de precipitados
- 1 cuentagotas; fenolftaleína; hidróxido de sodio ( $\text{NaOH}$ ) 0,1 M.

### **Proceso:**

Obtención de las muestras de agua

— Llenar tres botes de cristal, uno con agua del grifo, un segundo con agua de lluvia, y un tercero con agua de un río, embalse, quebrada cercano a nuestra localidad. Rotular cada bote con la procedencia del agua.

Características físicas del agua:

- Observar el color, el olor y la presencia de impurezas del agua de las tres muestras.
- Apuntar los resultados de la observación de las características físicas.

Características químicas del agua

- Medir el pH de los tres tipos de agua mediante el papel indicador.
- Medir la presencia de nitratos y nitritos mediante los correspondientes papeles indicadores.
- Para valorar el exceso o la falta de CO<sub>2</sub>, medir 100 ml de cada muestra de agua con una probeta y verterlos en un vaso de precipitados cada una.
  - Añadir 2 o 3 gotas de fenolftaleína con un cuentagotas.
  - Lavar el cuentagotas para añadir el hidróxido de sodio.
  - Añadir una gota de hidróxido de sodio a la primera muestra y observar el color rosado que adquiere la muestra.
  - Agitar suavemente el vaso hasta que desaparezca el color rosado.
  - Añadir una segunda gota de hidróxido de sodio, y así sucesivamente, hasta que al agitar el vaso no desaparezca el color rosado.
  - Recordar ir contando el número de gotas de hidróxido de sodio a medida que se añaden.

# Referencias

- Miescher, Johann Friedrich. 1871. *Ueber die chemische Zusammensetzung der Eiterzellen.*  
MINEDUC. 2021. *Biología 1. Texto del estudiante.* Primera edición. Av. Amazonas N34-451  
y Av. Atahualpa Quito-Ecuador. [www.educacion.gob.ec](http://www.educacion.gob.ec).

